



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

**“PROGRAMA DE MEJORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
DEL POZO DE AGUA DE SAN MARTIN”**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:

“ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE CALIDAD”

P R E S E N T A:

EMILIO RAMOS GARAY

ASESOR: M en I. ALBERTO FUENTES MAYA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
1. PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	
1.1 Antecedentes de la Empresa BECSA	3
1.1.1 Misión	4
1.1.2 Visión	4
1.2 Planteamiento de la Problemática	5
1.3 Metodología	5
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo General	8
1.4.2 Objetivos Particulares	8
1.5 Preguntas de Investigación	8
1.6 Justificación y Viabilidad	9
1.7 Hipótesis y Variables	9
1.8 Tipo de Investigación	9
1.9 Recolección y Procesamiento de la Información	10
1.10 Análisis de la Información	10
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Pozos Profundos de Agua	11
2.2 Trenes de Descarga	19
2.3 Tipo de Trenes de Descarga	20
2.4 Bombas de Pozo Profundo	21
2.4.1 Bombas Sumergibles	21
2.4.2 Bombas Tipo Turbina	24
2.5 Elementos que constituyen la Inst. Eléc. de un Pozo Profundo	25
2.5.1 Acometida	25
2.5.2 Equipo de Medición	26
2.5.3 Interruptores	27
2.5.4 Arrancadores	32
2.5.5 Transformador	33
2.5.6 Subestaciones	35
2.5.7 Tableros	35
2.5.8 Plantas de Emergencia	38
2.5.9 Sistema de Tierra	39
2.5.10 Clasificación NEMA de Gabinetes	40
2.6 Mantenimiento	41
2.7 Normas de CONAGUA	42
2.7.1 NOM 003 CONAGUA 1996	43
2.7.2 NOM 004 CONAGUA 1996	45
3. ANÁLISIS DEL POZO SAN MARTÍN	
3.1 Tren de Descarga del Pozo de San Martín	48
3.2 Tablero de Control	48
3.3 Mantenimientos Correctivos	49
3.4 Diagrama de Ishikawa	50
3.5 Análisis Jerárquico (software expert choice)	51
3.6 Confiabilidad Probabilística	53

4. DISEÑO DE TREN DE DESCARGA, INSTALACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS, CAPACITACIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO	
4.1 Diseño de Tren de Descarga	65
4.2 Instalación de Protecciones	67
4.3 Plan de Mantenimientos Preventivos	68
4.4 Capacitación	70
4.5 Evaluación	71
4.6 Recomendaciones	72
CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	
Anexo 1.	81
Anexo 2.	85
Anexo 3.	101
Anexo 4.	111

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrolla una propuesta para la optimización de operación de un pozo de agua perteneciente al pueblo de San Martín, comunidad rural ubicada en el Estado de México, el uso de agua de este pozo es público - urbano, su finalidad es abastecer de éste líquido a la población.

En general cualquier sistema que no cuente con un mantenimiento regular tendrá problemas en cuanto surjan situaciones por el uso cotidiano de éste. En el caso de un pozo es necesario contar con sistemas de medición y protección con la finalidad de controlar situaciones internas y externas que obstaculicen la operación del equipo de bombeo por periodos prolongados, otra causas que afectan el suministro de agua a la población, son la falta de refacciones, protección eléctrica y económicas.

En virtud de lo anterior se planteo como objetivo general “Diseñar el tren de descarga para el pozo del pueblo de San Martín acorde a la normatividad de la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) NOM 003 CNA 1996 Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de los acuíferos, acompañado de un programa de mantenimiento preventivo que cumpla con la NOM 004 CNA 1996 Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general y la instalación de protecciones eléctricas en el tablero de control”.

A partir de ello se establece la hipótesis “Optimizar la operación del pozo en el suministro de agua a la población de San Martín”, mediante la adecuación del tren de descarga con la normatividad establecida por CONAGUA, contar con la protecciones de instalación, así como la programación del mantenimiento.

El trabajo de investigación se desarrolla de la siguiente forma, en el capítulo 1 se presenta la problemática actual, los antecedentes de la empresa BECSA que es una empresa especializada en los pozos de agua, cárcamos y en general en los problemas de Ingeniería en materia de agua, la metodología con la cual se va a abordar el problema,

dejando claros los objetivos, la hipótesis, y todo aquello que justifica la realización del trabajo y la viabilidad para efectuarlo una vez demostrado.

El capítulo 2 corresponde al marco teórico, se estudian los pozos profundos de agua, los trenes de descarga, las bombas utilizadas en los pozos, los elementos eléctricos necesarios en la instalación eléctrica de un pozo, el mantenimiento, así como la normatividad inherente a los pozos de agua de acuerdo a la CONAGUA.

En el capítulo 3 se analiza el tren de descarga que carece de un diseño adecuado que repercute en la operación del pozo, el impacto generado por la falta de protecciones eléctricas y la carencia de un método de implementación.

En el capítulo 4 se diseña el tren de descarga, la instalación de las protecciones eléctricas y el plan de mantenimiento preventivo acorde a lo que sugiere el fabricante de equipo de bombeo, además se evalúa el impacto que tiene la realización de estas acciones y finalmente las recomendaciones para que las mejoras se sigan llevando a cabo de forma continua.

En los anexos se incluye el manual de un fabricante de equipo de bombeo con relación al montaje, servicio y mantenimiento, la NOM 003 CNA 1996 y la NOM 004 CNA 1996 que sirven de base para la resolución de una parte de la problemática.

CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

*“Tus clientes no esperan que seas perfecto.
Lo que si esperan es que les resuelvas
un problema cuando algo sale mal”
Donald Porter*

Actualmente existen pozos en el país que fueron construidos antes de los años 90's en esos años no existía una normatividad como la que tenemos hoy en día, es por eso que estos pozos están fuera de las normas que establece la CONAGUA, principalmente en lo que respecta a la parte del tren de descarga, parte importante para la correcta operación, otro aspecto presente en esta problemática radica en la falta de una programación de mantenimiento preventivo, desafortunadamente el mantenimiento que se realiza generalmente es de forma correctiva, esto es, hasta que el equipo de bombeo ó el pozo mismo sufre un daño mayor es cuando se efectúa el mantenimiento, este problema se ve agravado aún más ya que la operación de los pozos por parte del personal del concesionario del pozo es deficiente debido a que carece del conocimiento y/ó capacitación técnica para la operación del equipo, así mismo no cuentan con instrumentos de medición en el tren de descarga y en el tablero de control. En la búsqueda de solucionar la problemática que presenta el pozo de San Martín por parte del Comité, la comunidad contrató los servicios de la empresa BECSA.

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA BECSA

La empresa BECSA fue creada en el año 1989, en Cuautitlán, Estado de México, dedicándose a brindar servicios de Ingeniería en materia de agua en forma integral como son perforación y equipamiento de pozos, aforos y desarrollos de pozos, mantenimiento de pozos y de equipos de bombeo, construcción equipamiento y mantenimiento de cárcamos de agua potable y aguas negras, comercialización de bombas de agua, medidores de flujo y material electromecánico, ésta empresa cuenta con clientes tanto en el sector público como en el sector privado, en cuanto al sector público se trabaja a municipios los cuales a través de sus organismos o direcciones brindan el vital líquido a sus comunidades, también se realizan servicios para los comités locales encargados de la

administración y mantenimiento del sistema de agua potable de alguna colonia ó barrio los cuales se rigen en la mayoría de los casos por usos y costumbres y en otros casos se constituyen como asociaciones civiles; en el sector privado se brindan los productos y servicios a diferentes empresas dedicadas a la producción de diversos productos donde los pozos de agua representan una parte critica dentro de sus procesos.

BECSA siempre se adapta al tipo de organización para la cual trabaja y busca en todo momento soluciones que superen las expectativas de sus clientes. Se cuenta con instalaciones propias, maquinaria, equipo y herramienta que permiten dar los servicios de manera oportuna y en un tiempo razonablemente corto, como se presenta en las figuras 1 y 2.

1.1.1 MISIÓN

“Satisfacer a nuestros clientes ofreciendo soluciones integrales y específicas en sus proyectos y necesidades de agua mediante los productos y servicios que brindamos en materia de Agua, logrando así superar ampliamente sus expectativas”.¹

1.1.2 VISIÓN

“Continuar siendo la mejor opción para nuestros actuales y futuros clientes brindándoles soluciones que se traduzcan en una satisfacción total en sus proyectos y/o necesidades”.²



Figura No. 1 “Grúa No. 1 BECSA”



Figura. No. 2 “Grúa No. 2 BECSA”

¹ Bombas y Equipos de Cuautitlán, S.A. de C.V., <http://www.grupobecsa.com.mx> , 07 de Junio de 2012

² Ibidem , 07 de Junio de 2012

1.2 PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

El pueblo de San Martín ubicado en el municipio de Jilotepec, Estado de México cuenta con un pozo para atender las necesidades del vital líquido que requieren los habitantes de la comunidad, con una visita de obra efectuada se constató que el pozo se encuentra fuera de norma, en virtud de que no cumple las características constructivas que dicta la CONAGUA en su norma, en este caso específico se refiere al tren de descarga que de acuerdo a la NOM 003 CNA 1996 se está incumpliendo. Es importante hacer mención que además de carecer de equipo de medición como voltímetro y amperímetro, se detectaron otras anomalías como la variación de voltaje situación que complica la operación y provoca daños al equipo del pozo. El pueblo de San Martín no realiza un programa de mantenimiento preventivo en su pozo, por lo tanto los mantenimientos que se efectúan son correctivos que se traducen en un mayor costo económico y social, en estos mantenimientos no se toma en cuenta la NOM 004 CNA 1996 que establece los requisitos que se deben de cubrir durante la realización del mismo. Ante esta situación el comité que administra el pozo solicitó asesoría para la mejora del servicio. En respuesta a ello se desarrollara una propuesta de mejora en la operación y mantenimiento del pozo de agua con base en la normatividad establecida por la CONAGUA.

1.3 METODOLOGÍA

De acuerdo con Fuentes Zenón en su libro “Enfoques en la planeación”, describe lo planteado con anterioridad como una problemática de tipo operacional, como se muestra en la figura 3.

Los problemas del tipo operacional corresponden a aquella clase de situaciones en las que se busca corregir las fallas o mejorar el desempeño que tiene la organización, ya sea en un nivel general o en cualquiera de los procesos o partes.³

El proceso de solución tiene como tarea fundamental indagar la razón de las fallas detectadas o identificar los posibles puntos de mejora, para sobre esta base definir los ajustes que es necesario introducir.

³ Fuentes Zenón, Arturo, Enfoques de Planeación: Un Sistema de Metodologías, México, UNAM, 2001, pág. 87

Por tanto, se puede afirmar que en los problemas operacionales se tiene como propósito mover un indicador de un estado actual hacia un estándar que se considera aceptable o deseable, o simplemente llevarlo tan alto como sea posible.

De manera que propiamente no aparece en el análisis de estos problemas el diseño de unos nuevos objetivos, como tampoco se plantea un cambio de rumbo, afrontar retos futuros, etc.⁴

Las líneas de enfoque para tratar esta clase de problemas, de acuerdo con Fuentes Zenón, son las siguientes: procesos de mejora, métodos causales y métodos funcionales.

La línea de enfoque que mejor se adecua a ésta problemáticas es la de procesos de mejora, para la cual, el autor recomienda cuidar los siguientes puntos:

Primero, es necesario crear una cultura de mejora que atraiga una genuina atención de las personas, a la vez que lleve a reconocer que aún los problemas pequeños son importantes y que siempre hay espacio para la mejora.

- Esto se pretende conseguir a través de la demostración al comité de agua potable que al verificar los parámetros de los instrumentos de medición se logrará que el equipo se mantenga operando en óptimas condiciones.

Segundo, instaurar un procedimiento de análisis amigable que favorezca la participación, con un lenguaje simple y pasos claros que todos capten de inmediato.

- A partir de la bitácora de operación con la que cuenta el comité elaborar un plan de mantenimiento preventivo.

Tercero, estructurar un sistema que reúna y dé respuesta rápida a las propuestas de cambio, para su pronta puesta en marcha.⁵

⁴ Ibidem, pág. 87

⁵ Ibidem, pág. 89

- Esta se desarrollará mediante la propuesta de mejora del pozo que incluye el tren de descarga, la instalación de protecciones eléctricas y el plan de mantenimiento.

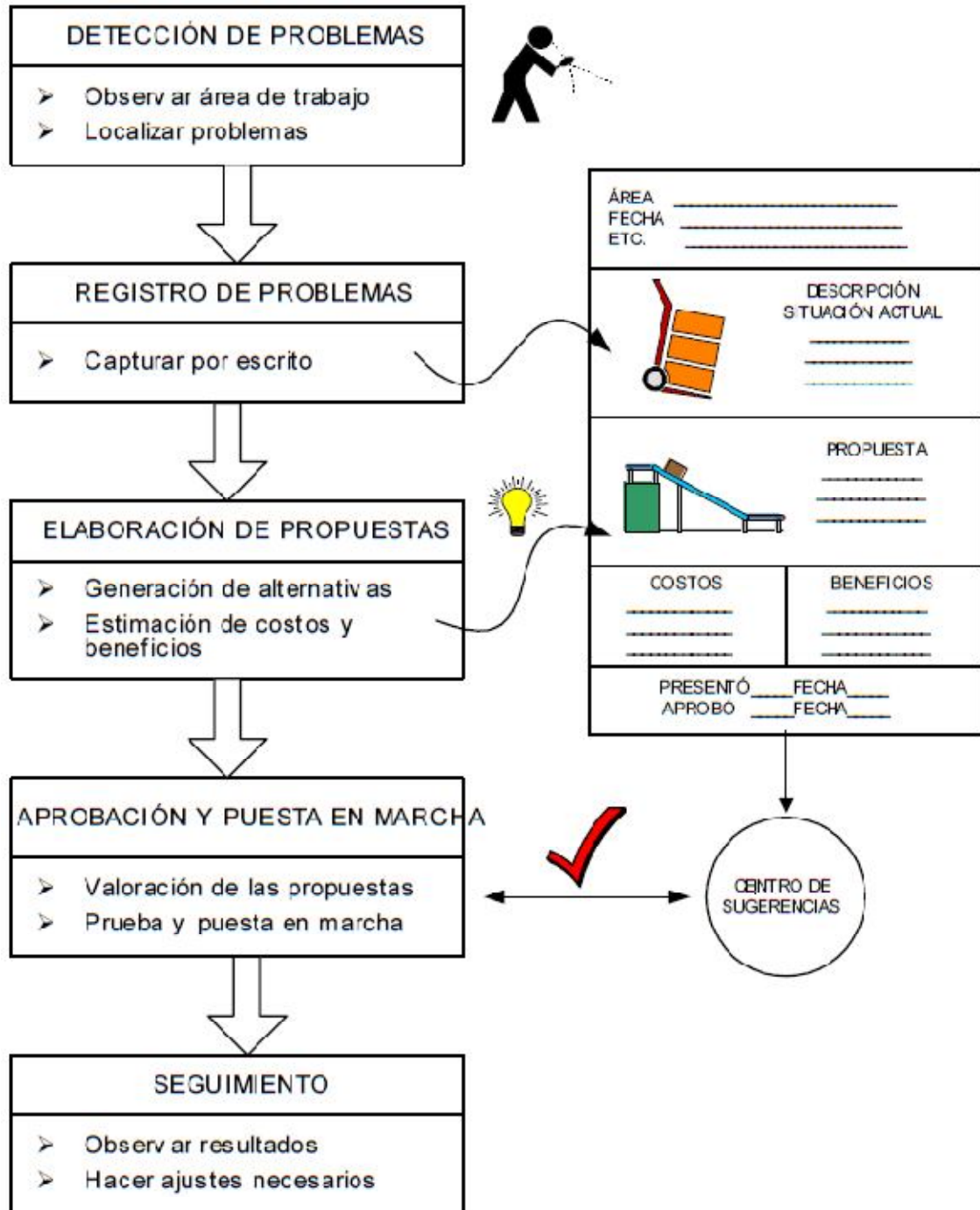


Figura No. 3 “Guía para los Procesos de Mejora”
 Fuente: Fuentes Zenón, Arturo, Enfoques de Planeación: Un Sistema de Metodologías.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar el tren de descarga para el pozo del pueblo de San Martín acorde a la normatividad de la CONAGUA NOM 003 CNA 1996, acompañado de un programa de mantenimiento preventivo que cumpla con la NOM 004 CNA 1996 y la instalación de protecciones eléctricas en el tablero de control.

1.4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Describir el funcionamiento del pozo de San Martín con relación al suministro del agua.
- Explicar la función del tren de descarga y el papel que desempeña para el suministro de agua.
- Aplicar la norma NOM 003 CNA 1996 para el diseño de las características constructivas del pozo y la NOM 004 CNA 1996 con relación al mantenimiento del pozo de agua.
- Analizar las causas que generan la falta de suministro de agua del pozo de San Martín.

1.5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Qué ventajas tiene el contar con un tren de descarga con todos sus componentes?
- ¿Cuál es la importancia de contar con protecciones eléctricas?
- ¿Qué ventajas tiene el contar con un plan de mantenimiento preventivo?

1.6 JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD

La propuesta de mejora al tren de descarga, al equipo de control y la realización de mantenimiento preventivo que se desarrollará en el pozo profundo no solo servirá para incrementar la productividad en esta fuente de abastecimiento de agua potable, sino también para aumentar la vida útil del equipo de bombeo y el equipo electromecánico con el cual se trabaja y de esta manera tener una mayor producción con calidad.

Por otro lado, esto impactará en el beneficio del cliente y de la población al dejar de recibir el suministro de agua por un periodo de tiempo más corto y programado les permite tomar previsiones a todos los involucrados y evita presiones (sociales, políticas, etc.) que este tipo de problemas implica.

1.7 HIPÓTESIS Y VARIABLES

“Optimizar la operación del pozo en el suministro de agua a la población de San Martín”, mediante la adecuación del tren de descarga con la normatividad establecida por CONAGUA, contar con las protecciones de instalación, así como la programación del mantenimiento.

Variable dependiente:	Pozo de Agua de San Martín
Variable independiente:	Diseño del tren de descarga instalación de protecciones eléctricas Plan de mantenimiento preventivo

1.8 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto inicia como una investigación descriptiva al explicar cómo ante la falta de los componentes adecuados en un pozo se genera un suministro de agua potable con deficiencias y se torna correlacional al vincular el diseño y funcionamiento del tren de descarga y del tablero de control, el mantenimiento que se requiere para un suministro eficiente del agua.

1.9 RECOLECCIÓN Y PROCESO DE LA INFORMACIÓN

Con base en la metodología empleada en esta investigación, se requiere recopilar documentos en donde podamos obtener información completa sobre las fallas que ha presentado el equipo del pozo (tanto externas como internas) y los dictámenes que se han hecho para concluir a quien son imputables dichas fallas ó descomposturas, se complementara con visitas a las instalaciones del pozo (observación directa) para obtener la información del funcionamiento del Pozo.

Se revisó la bitácora del Pozo y pudimos observar las anotaciones que ahí se hacen sobre el arranque y paro del equipo de bombeo, esto último tanto cuando lo hacen en forma programada los operadores como cuando sucede de manera repentina, ya que así lo marcan en el apartado de sus observaciones.

Dicha información se utilizó para poder enlistar las principales causas para poder atacarlas y dar solución al problema.

1.10 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se realizará un diagrama de Ishikawa para determinar las causas que impactan en el funcionamiento del Pozo. Posteriormente, dichas causas se ponderarán con base en criterios, para finalmente establecer una programación de actividades evaluadas por Calidad y Costos. En esta etapa se utilizará el Proceso de Análisis Jerárquico empleando el software expert choice y la curva de confiabilidad que nos permitirá determinar de acuerdo a las condiciones actuales de operación el tiempo en el que es necesario dar mantenimiento preventivo al pozo antes de que ocurra la falla, permitiéndonos tomar las previsiones necesarias.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

*“Bien hecho es mejor que bien dicho”
Benjamín Franklin*

En el presente capítulo se describe el funcionamiento de los pozos de agua, trenes de descarga y de los elementos electromecánicos comúnmente encontrados en una instalación de un pozo, incluyendo su mantenimiento. La intención es explicar la terminología y los conceptos importantes en el tema de los pozos que se utilizarán para esta tesis.

Dicha descripción incluye tanto las funciones y las características más importantes de los elementos de los pozos. No se pretende detallar casos particulares ni cubrir todas las posibles combinaciones o arreglos de estos.

2.1 POZOS PROFUNDOS DE AGUA

De acuerdo a su origen, los suministros de agua se clasifican en tres categorías: aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas meteorológicas.

- a) Las aguas superficiales como su nombre lo indica son las que se encuentran en la superficie de la tierra, éstas comprenden los ríos, océanos, lagos y aguas embalsadas.

Se consideran aguas subterráneas aquellas que se encuentren bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con ésta o con el subsuelo (parte profunda del terreno por debajo de la capa laborable).

Se trata de un recurso de elevada cuantía con respecto a las aguas superficiales, que está sufriendo procesos acusados de contaminación procedente de distintos orígenes.

- b) En cuanto a las aguas meteorológicas se encuentra el agua de lluvia, ésta es de mayor pureza física y química que las aguas superficiales o subterráneas.

En la presente investigación sólo se consideran las aguas subterráneas, debido a que la fuente de abastecimiento de donde se extrae el vital líquido es de un pozo profundo.⁶ En la tabla 1 se presentan los principales usos del agua de pozo.

USO	DESCRIPCIÓN DE USO
AGRICOLA	La utilización de agua nacional destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.
AGROINDUSTRIAL	La utilización de agua nacional para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas y pecuarios.
DOMÉSTICO	Utilización del agua nacional destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de sus árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de sus animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa
ACUACULTURA	La utilización de agua nacional destinada al cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas.
INDUSTRIAL	La utilización de agua nacional en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como la que se utiliza en parques industriales, en calderas, en dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aún en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación.
PECUARIO	La utilización de agua nacional para la actividad consistente en la cría y engorda de ganado, aves de corral y animales, y su preparación para la primera

⁶ Comisión Nacional del Agua, <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/11DisenoDePlantasPotabilizadorasTipoDeTecnologiaSimplificada.pdf> , 07 de Junio de 2012

	enajenación, siempre que no comprendan la transformación industrial
PUBLICO URBANO	La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, a través de la red municipal.
SERVICIOS	La utilización de agua nacional para servicios distintos a los señalados en los otros usos.
USOS MULTIPLES	La utilización de agua nacional aprovechada en más de uno de los usos definidos en párrafos anteriores, salvo el uso para conservación ecológica, el cual está implícito en todos los aprovechamientos.

Tabla No. 1. Usos de agua de pozo

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, México, 2004, pág. 125

La imperiosa necesidad de dotar de agua potable a las poblaciones e industrias, acompañada de la escasez cada vez más notable de fuentes de superficie, ha impulsado la explotación de mantos acuíferos subterráneos mediante la perforación de pozos profundos que como se sabe son orificios labrados en la tierra que tienen un diámetro pequeño con relación a su gran profundidad.

Un pozo no es un simple hoyo ó hueco perforado en el suelo, es una estructura que sólo cumple con requisitos de índole técnico, sanitario, económico, entre otros aspectos. Por lo tanto debe permitir obtener un caudal, necesario al menor costo posible, ser durable, eficiente, entregando agua de buena calidad.⁷

Pozo perforado: la excavación se hace por medio de maquinaria de percusión o rotación. El material cortado se extrae del hueco con un achicador, mediante presión hidráulica, o con alguna herramienta hueca de perforar.⁸

Un buen pozo profundo es aquel que reúne las características naturales y técnicas que demanda la geo hidrología y la mecánica, un acuífero será mejor si tiene mayor número de espacios abiertos para almacenar agua como: mantos de grava, de arena medianas, de rocas fracturadas como de basalto. Es dominio del geólogo determinar el ciclo hidrológico regional para calcular la cantidad de agua que se infiltra en el subsuelo dentro

⁷Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/i119-04Fabricacion.pdf>, 10 de Junio de 2012

⁸ Ibidem, 10 de Junio de 2012

de las capas permeables y poder recomendar la construcción de un pozo profundo, así como que el técnico que dará las características de gasto abatimiento del pozo para la correcta selección del equipo de bombeo.

La perforación de un pozo profundo se hace en dos etapas, la primera es el sondeo, que es una perforación de pozo diámetro y en la que se hace un muestreo litológico y se corre el registro eléctrico, datos con los que se determina las zonas de los acuíferos como los de baja permeabilidad.

Si es costeable la exploración del pozo se procede a la segunda etapa, consistente en definir el diámetro correcto. Acto seguido se instala la tubería del ademe del pozo la que se fabrica de acero, pudiendo ser: tubería de acero con costura, sin costura y con costura horizontal. Las tuberías de ademe de los pozos profundos pueden estar sujetas a los siguientes esfuerzos:

- Cargas radiales de afuera hacia adentro ocasionadas por derrames o por la compresión de masas plásticas arcillosas.
- Flexión, en el tubo al perder su verticalidad.
- Compresión, por el peso de los mismos tubos.
- Tensión producida por el peso de los tubos suspendidos durante el proceso de entubado.
- Esfuerzo proveniente de movimientos telúricos.

De estos esfuerzos el de mayor importancia es el esfuerzo de tensión que se presente en la parte superior del tubo de ademe en el momento de bajar el tramo completo.

El tubo del ademe lleva una zona ranurada la que debe corresponder a la zona de los acuíferos. Las ranuraciones se dimensionan de acuerdo a la capacidad del acuífero, granulometría media de los acuíferos, velocidad de infiltración y desde el punto de vista de resistencia de materiales, el área mínima del acero en la zona ranurada para soportar los esfuerzos de tensión sin deformación permanente que harían variar incluso las dimensiones de las ranuraciones.

Si la tubería de ademe no se asienta sobre terreno rocoso firme es fundamental colocar un tapón o enrejado con varilla en la parte inferior de la tubería para que este no se encaje.

Después de que se ha instalado la tubería de ademe se llena de grava seleccionada el espacio que queda siempre entre el tubo de ademe y la perforación propiamente dicha y se inicia el bombeo de lavado, desarrollo y finalmente aforo del pozo.

Estos últimos pasos con la bomba de aforo, si se hacen a las velocidades y con los gastos adecuados, llegarán a determinar valores de extracción de agua y niveles dinámicos de operación correctos y en consecuencia un muy buen pozo de abastecimiento de agua potable como se observa en la figura 4.

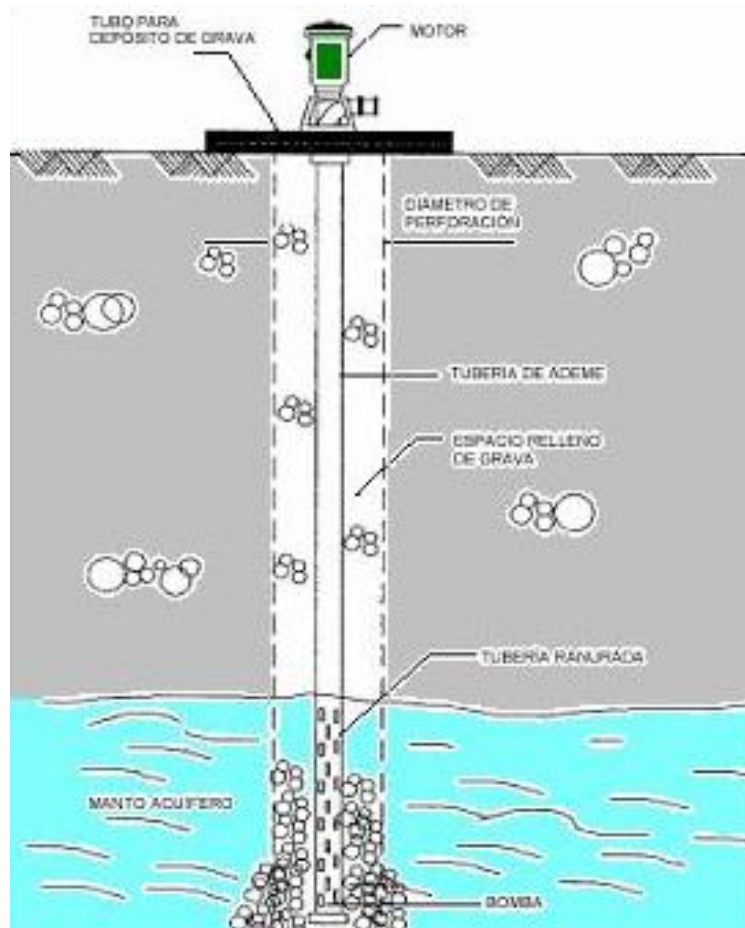


Figura No. 4 “Pozo Profundo de Agua”

El pozo estará operando correctamente si el agua que se extrae tiene un mínimo de residuos arcillosos y prácticamente nada de arenas, si el análisis químico no muestra impurezas en el agua que la haga no potable.

En el transcurso de la operación de un pozo profundo equipado (véase figura 5), se pueden presentar problemas de decrecimiento del rendimiento de un pozo (incluso localizado dentro de un grupo de pozos de excelente calidad).

Las razones que podemos considerar básicas, que provocan un decrecimiento en el rendimiento de un pozo, son:

- Agotamiento prematuro del manto o que el acuífero reconozca capas permeables mas profundos. Bombeo defectuoso que provoca desgaste de la parte que se ensucia y tapa la tubería ranurada del ademe.
- Productos corrosivos e incrustaciones de escamas sobre la tubería ranurada del ademe y de las formaciones anexos al pozo profundo.
- Bombeo defectuoso que provoca desgaste de parte que se ensucia y tapa la tubería ranurada del ademe.
- Que la tubería ranurada del ademe y las formaciones anexas al pozo se ensucien con la arena y cieno o fango. Los elementos que frecuentemente ocasionan que se tape el ademe de un pozo en la zona de su tubería ranurada que es la zona del acuífero son las siguientes: barro, arcilla, oxido, etc.

Los elementos que con más frecuencia ocasionan que se tape el ademe de un pozo en la zona de su tubería ranurada que es la zona del acuífero son las siguientes:

Barro, arcilla.-

Este depósito es causado por una rápida caída de presión que se origina en las paredes de la tubería de ademe. Es probablemente el tipo con mayor prevalencia y responde al tratamiento acido cuando se presenta como incrustaciones en el ranurado de la tubería de ademe o en la grava.

La acción del ácido es disolver y remover la cal y también aflojar y desunir cualquier cieno o arena fina.

Tratamiento ácido.- en caso de ser necesario aplicar este tratamiento en un pozo se hará una vez por año y durante un lapso de tiempo de 10 días. El tratamiento consiste en una dosis de detergentes con cenizas sódicas, preparación que se agita y se seca, repitiéndose el tratamiento durante cinco días consecutivos y después de esperar uno a dos días se realiza otra serie de operaciones durante otros cinco días más.

Fierro.-

Este depósito se encuentra frecuentemente acompañado de cal y en forma particular cuando el nivel de bombeo está cerca o debajo del extremo superior del tubo ranurado del ademe, el óxido de fierro puede también ser disuelto por el tratamiento ácido.

Lodo o fango (una acumulación de microorganismos o de bacterias vivas formando depósitos gomosos o gelatinosos.-

Las acumulaciones ocurren en aguas que contienen amoníaco o fierro, aun en bajas concentraciones prevalecen más en presencia de aire particularmente donde el nivel de bombeo actúa de arriba y abajo del extremo superior de la tubería granulado del ademe, de la parte superior de la formación colindante con el paso o por las caídas de agua desde una determinada altura que se desliza por las paredes de la tubería de ademe hasta el nivel de bombeo.

El tratamiento químico o con el ácido no disuelve estos lodos para remover es necesario raspar la pared de la tubería. Otro método es dejar secar la acumulación de lodos e incluso con el tratamiento ácido sólo en casos en que el ácido pueda desunir algunos de los lodos por que tengan fierro disuelto en ellos.

Un tratamiento periódico con cloro ha demostrado en algunos casos buenos resultados. Los resultados de estos tratamientos no son permanentes y la frecuencia y número de veces que se apliquen están limitados a lo que el paso puede resistirlos antes de

debilitarlos. El uso de vapor particularmente con lejía o sosa caustica puede ser una solución.

Arena fina.-

El que se tape el ademe de pozo en su zona ranurada por cieno o arena puede deberse a varias causas: por las características de la formación del pozo por sobre bombeo o provoca movimientos laterales de la arena movimientos que son causados por la misma agua o bien por arcillas que cercan la pared.

Un tratamiento mecánico o una nueva tubería de ademe pueden ser la única solución para este tipo de problema.

Con el transcurso del tiempo pueden hacerse necesario un engravado del pozo debido a que el bombeo, las vibraciones y la misma formación provocan esa necesidad.

Para hacer cómoda esa maniobra, se recomienda dejar acceso con orificios de 4" a 6" desde la base de la bomba hasta la separación ranural entre el ademe y el contraademe. A través de estos orificios se introducen tubos que sirven como guías y se pueden introducir la grava seleccionada.

Base de la bomba.- es muy importante la forma y construcción de la base de la bomba. Esta debe ser capaz de soportar la carga de la bomba con su columna de descarga llena de agua su cabezal y su motor o medio motriz sin sufrir rotura, su área de apoyo de descargar el no hundimiento del conjunto que puede deberse a la resistencia normal del terreno en el momento de la instalación.

Sin embargo y debido al propio bombeo con tiempo la zona donde se encuentra instalada la bomba va sufriendo hundimiento general debido a acomodamientos en el terreno. Como la tubería de ademe se encuentra apoyada por sus paredes en una área relativamente mayor y sobre zona relativamente compactada, esta tubería de ademe no se hunde en la misma proporción que en la base de la bomba lo que provoca que la base se acerque e incluso se apoye en la tubería de ademe pudiendo esto cortar dicha tubería conforme vaya saliendo de su nivel original.

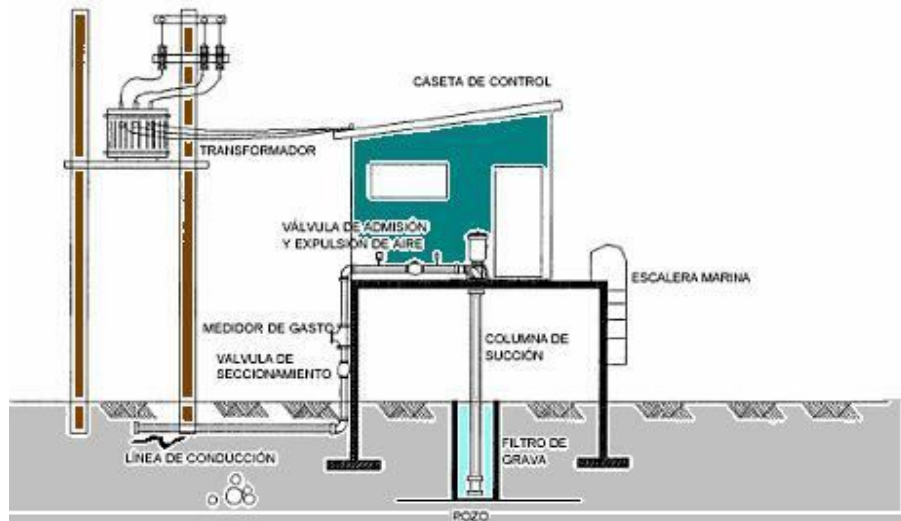


Figura No. 5 “Equipamiento de pozo de agua”

2.2 TRENES DE DESCARGA

El tren de descarga es un conjunto que está formado por válvulas, carretes y demás accesorios, para conectar adecuadamente el equipo de bombeo con la tubería, ofreciendo a los mismos control y protección (véase figura 6).

Para que un pozo funcione correctamente es necesario colocar un equipo de bombeo calculado correctamente y debe adecuarse al tipo de pozo esto es usar bombas sumergibles ó bombas turbina vertical que son las encargadas de extraer el agua de la profundidad del pozo.

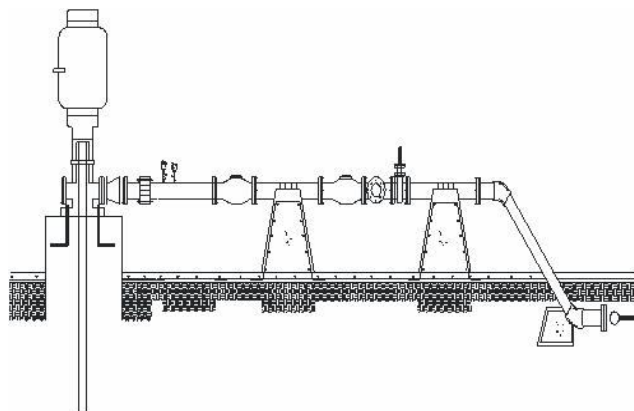


Figura No. 6 “Tren de Descarga”

2.3 TIPOS DE TRENES DE DESCARGA

En la descarga de equipo de bombeo, (después del codo de descarga de la bomba y antes de la válvula de retención) se prevé el uso de una válvula de admisión y expulsión de aire con el propósito de eliminar el aire entrampado en la columna de descarga al arrancar la unidad de bombeo.

Después de esta válvula se propone una junta dresser para facilitar el desmontaje del equipo en caso de requerir mantenimiento.

Posteriormente se coloca un carrete de acero para instalar un manómetro. Después de esta pieza se propone la colocación del medidor de flujo el cual queda separado de otras piezas hacia ambos lados de carretes de acero con la finalidad de evitar en la medida de lo posible las turbulencias que alteren la medición del caudal.

Después de este medidor, se coloca la válvula check o de retención la cual impide el regreso del agua hacia la bomba cuando se suspende el bombeo. A continuación y a través de una te de fierro fundido se coloca la válvula aliviadora de presión para atenuar los efectos del golpe de ariete.

Por último se coloca la válvula de seccionamiento tipo compuerta la cual permite la regulación del gasto de descarga cuando se requieren efectuar las pruebas del equipo de bombeo.

Puede existir variación en estas piezas dependiendo si el tren de descarga va a ser tipo descarga libre ó de tipo descarga presurizada de acuerdo a los diagramas emitidos por la CONAGUA.

2.4 BOMBA PARA POZO PROFUNDO

2.4.1 BOMBAS SUMERGIBLES

Bomba y motor forman una sola unidad (ver figura 7), sólidamente acoplados por el cuerpo de succión, La sección de entrada de agua está protegida por un colador de acero inoxidable para evitar el paso de partículas gruesas.

Los extremos de la flecha del rotor y de la bomba están conectados mediante un cople rígido de acero inoxidable. La torsión se da por medio de una cuña.

La bomba centrífuga opera normalmente en posición vertical, pudiendo también operar en forma horizontal. Una válvula check con rosca, instalada en la parte superior de la bomba, forma parte integral de la unidad.

Para capacidades de flujo pequeñas las bombas tienen impulsores radiales en material noryl, para flujos de mayor capacidad llevan impulsores semiaxiales fabricados en bronce.

Las chumaceras radiales en todos los motores son de acero inoxidable (AISI431) en los bujes del rotor y casquillos de carbón en los cuerpos.

Los motores sumergibles son de tipo asíncrono de corriente alterna y rotor en cortocircuito. La circulación del agua dentro del motor funciona como agente refrigerante y como lubricante en las chumaceras. Este sistema asegura una transferencia intensiva del calor del motor al medio que le rodea. Todos los motores están protegidos con sellos mecánicos de carburo de silicio para evitar la entrada de arena en el motor. La carga axial es absorbida por una chumacera de tipo "Mitchell" instalada en la parte inferior de la unidad.

El disco axial (disco de rangua) posee un recubrimiento especial en la superficie. Esta parte transmite la carga axial a seis segmentos de bronce, cada uno de los cuales está asentado sobre una bola de acero inoxidable para asegurar una posición idónea de recepción de carga axial.

Los motores trifásicos de corriente alterna se fabrican para distintos voltajes y rangos de frecuencia. El arranque del motor puede efectuarse directamente desde la línea eléctrica, dependiendo de la capacidad de la red de distribución.

El cable de conexión de las bombas es de tipo submarino, plano y flexible para facilitar su manejo. Lleva tres conductores aislados de distintos colores estandarizados para la identificación de las fases.

La cubierta exterior del conjunto es de PVC, lo cual garantiza una excelente protección contra agua y daños mecánicos.

Las bombas pueden operar en cualquier punto de su curva característica sin sobrecargar sus respectivos motores.

Los motores son diseñados para trabajar con una temperatura de agua de hasta 30 C.⁹

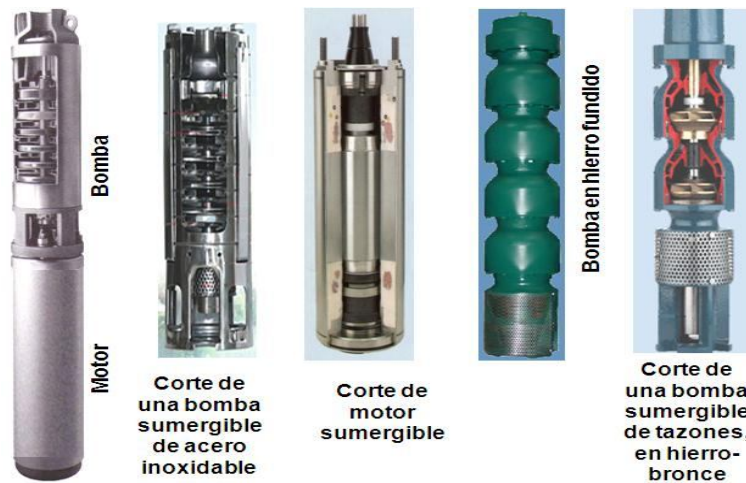


Figura No. 7 “Bombas Sumergibles para Pozo Profundo”

Es conveniente agregar cable sumergible especial y una conexión hermética para la unión del cable del motor al cable sumergible.

⁹ Bombas Centrifugas Alemanas, S.A. de C.V., http://www.bocasa.com.mx/caracteristicas_neumann.html , 09 de Junio de 2012.

Hoy día todavía se cuelgan bombas centrífugas caseras en pozos, ya sea por desconocimiento o con la intención de ahorrar en la compra, sin embargo el tiempo de vida de estas bombas se reduce drásticamente al estar trabajando en un ambiente no adecuado.

Es cierto que la bomba sumergible tiene un mayor costo de adquisición, pero sus características son especiales para trabajar sumergida y tener una larga vida, además de que a igual número de caballaje, su rendimiento es mayor y trabaja de forma totalmente silenciosa en condiciones normales, siendo a largo plazo la mejor opción.

Los tamaños de los equipos más comunes son en 4", 6", 8", 10" y 12" de Ø.

Para calcular una bomba se requiere de ciertos datos que se presentan en la figura los cuales se explican a continuación, el primer rubro importante será la carga dinámica total a vencer expresada en metros y se calcula considerando la profundidad a la que se instala la bomba que debe quedar 20 m por debajo del nivel dinámico hasta el punto final donde se requiere que llegue el agua, se considera cuál es el caudal requerido en el punto final de bombeo así como cual es el voltaje disponible en el sitio del pozo.

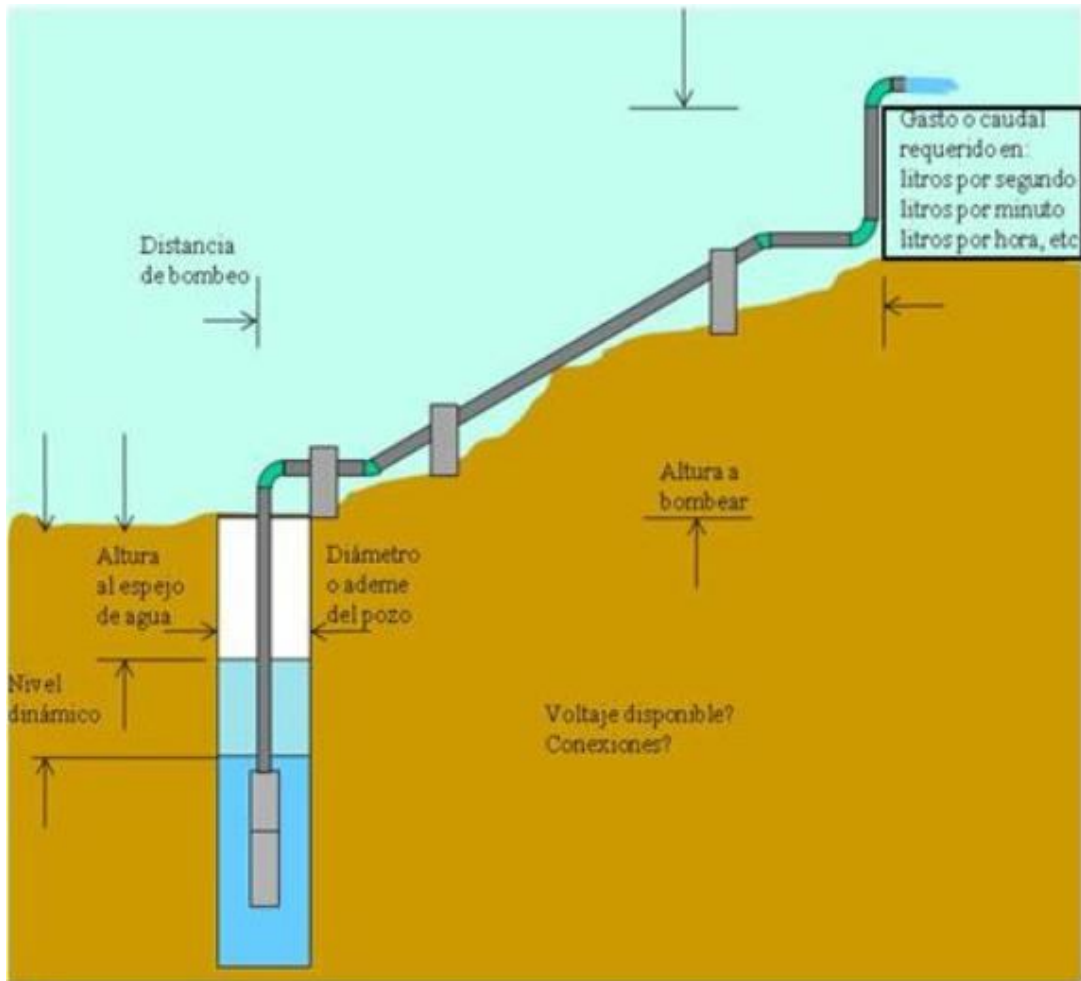


Figura No. 8 “Elementos necesarios para el cálculo del equipo de bombeo”

2.4.2 BOMBAS TIPO TURBINA

Este tipo de bomba aunque su uso en los pozos profundos ha disminuido es una excelente opción para pozos desviados, pozos arenosos ó para pozos que requieran grandes caudales, lleva el motor en la superficie y se acopla al cuerpo de la bomba con un tubo dentro del cual se aloja la flecha de tracción de los impulsores, puede lubricarse con el líquido para bombear o por un lubricante aislado como el aceite.¹⁰

La gran ventaja de estos equipos sobre las bombas sumergibles es la facilidad para dar mantenimiento al motor, o bien el remplazo de éste.

¹⁰ Tríptico Informativo, Bombas Verticales BNJ, S.A. de C.V., México, 2004

Los elementos de la bomba son hasta cierto punto muy similares a los de las bombas sumergibles contando con tazones, difusores, impulsores, etc.

Existe una gran variedad de configuraciones las cuales son ajustables de acuerdo a la mejor relación costo-beneficio:

- a) De barril o enlatada
- b) Cárcamo húmedo, columna corta o acoplada (véase figura 9)
- c) De pozo profundo
- d) Descarga montada sobre y bajo la superficie
- e) Accionado por flecha hueca/ o sólida
- f) Impulsor semi-abierto / cerrado
- g) Flecha o eje de línea abierto / cerrado
- h) Tipo de flujo en el impulsor (radial, axial o mixto)

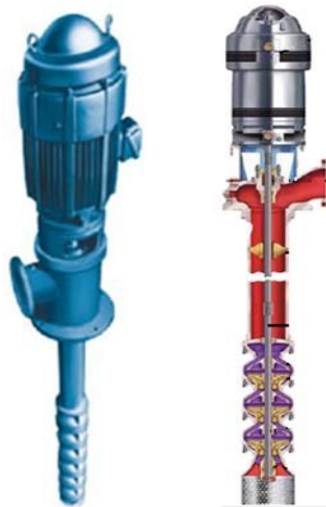


Figura No. 9 “Bomba tipo Turbina”

2.5 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN POZO PROFUNDO

2.5.1 ACOMETIDA.

Por acometida se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora y el alimentador que abastece al usuario. La acometida

también puede entenderse como la línea (aérea o subterránea) que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición.¹¹

TIPOS DE ACOMETIDAS:

Atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, las acometidas podrán ser como sigue:

TIPO	SISTEMA DE INSTALACION
AEREAS	Posada sobre fachada
SUBTERRANEAS	Tensada sobre poste Con entrada y salida
MIXTA	Aero-subterráneas

2.5.2 EQUIPO DE MEDICIÓN

Por equipo de medición se entiende aquél, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida de cualquier usuario con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compra venta. Este equipo está sellado y debe estar protegido contra agentes externos, y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.¹²

El equipo de medición puede conectarse a través de un juego de cuchillas que permitan que la compañía suministradora verifique su funcionamiento y, en caso necesario, haga la calibración correspondiente sin interrumpir el servicio al usuario.

Los instrumentos de medición se identifican fácilmente por símbolos y preferentemente por indicar los rangos de sus escalas. A continuación, en la figura 10 se muestra un ejemplo de los símbolos usados.

¹¹ Enríquez Harper, Gilberto, Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas: Basada en las normas técnicas para instalaciones eléctricas, México, LIMUSA, 1994, pág. 359

¹² Triptico Informativo, Luz y Fuerza del Centro, México, 1987

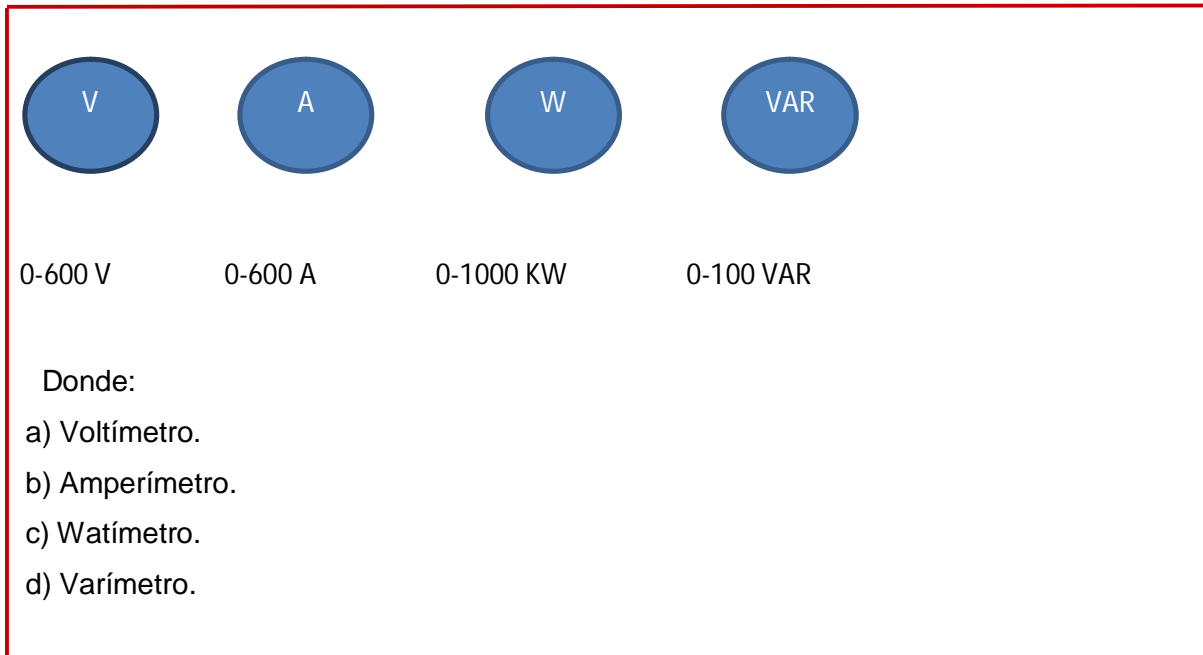


Figura No. 10 Símbolos de los instrumentos de medición

2.5.3 INTERRUPTORES

Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente. Puede utilizarse como medio de desconexión y, si está provisto de los dispositivos necesarios, también puede cubrir la función de protección contra sobrecarga y/o cortocircuitos.

La capacidad de corriente nominal o continua. Es la máxima corriente que la bobina de disparo del interruptor puede conducir bajo condiciones normales sin que se produzca un disparo. La capacidad de interrupción es el nivel de potencia que el interruptor debe ser capaz de interrumpir sin sufrir daño.

El tamaño de marco para interruptores de menos de 600 Volts, se relaciona con el tamaño del marco físico y son dimensiones generales, esto permite que interruptores de distintos fabricantes puedan ser intercambiados en los tableros al tener dimensiones físicas normalizadas. El tamaño de los marcos se expresa por lo general en amperes y corresponde a la capacidad más grande disponible dentro de un grupo.

Los interruptores se dividen en varios tipos y por lo tanto también tienen distintas capacidades, cada símbolo usa ciertas notaciones que aparecen en el diagrama unifilar. La clasificación de esta notación se da a continuación:

Fusibles

Los fusibles se denotan, por lo general por su capacidad continua de conducción de corriente, así como el “tipo” de fusible que debe ser usado. Esta clase de información se proporciona para las capacidades normal (continua) y anormal (de interrupción) del fusible. En el caso de los interruptores, La capacidad interruptora misma muestra su capacidad de interrupción. Para los fusibles, su tipo cubre con frecuencia el requerimiento anterior. A continuación se dan algunos tipos de fusibles, de acuerdo a su capacidad de interrupción:

- Fusibles fijos: son aquellos que tienen una capacidad continua de 30 A. de tipo estándar (Std), su capacidad interruptora puede ser hasta de 10 000 A, pudiendo ser en algunos tipos hasta de 50000 A.
- Fusible de 100 A del tipo tiempo retrasado (T.D.): en estos fusibles la capacidad interruptora puede ser hasta de 100 000 A.
- Fusible con switch desconectador: se usa por lo general en instalaciones con tensiones superiores a 600 V, y son fusibles delimitadores de corriente (C.L.), su capacidad interruptora puede llegar a ser hasta 200 000 A.
- Fusible de alta tensión: montando en un porta fusible fijo y directamente a un switch desconectador. La capacidad de conducción continua se indica con un número, por ejemplo 100 E el cual nos indica 100 A.

Interruptor General

Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación, éste permite desconectar del sistema de suministro, a toda la instalación servida.¹³

Este interruptor debe ser de fácil acceso y operación, de tal forma que en caso de emergencia permita desenergizar la instalación rápidamente; adecuado para la tensión de suministro y de capacidad suficiente para desconectar la carga máxima que posea el propio servicio.

Dependiendo del tipo de instalación, el interruptor general o principal puede ser de caja con cuchillas y fusibles o termomagnético.

Este interruptor aprovecha la alta capacidad interruptiva que tienen los fusibles. Se utiliza como medio de desconexión y protección en el primario de transformadores de instalaciones de media tensión. (4160 V hasta 34 kV).

Esta compuesto por unas cuchillas desconectadoras operadas en grupo que están en serie con unos fusibles que son los que protegen contra cortocircuito. Las cuchillas tienen un sistema de resorte que se acciona manualmente o con un motor eléctrico. La energía alimentada cierra o abre las cuchillas en forma segura y rápida.

El disparo o cierre se controla a través de una o dos bobinas y puede instalarse un mecanismo que provoca la apertura de las tres fases en caso de que uno de los fusibles opere. También dispone de las cuchillas auxiliares de desgaste que cierran un poco antes y abren al último para evitar el desgaste de los contactos principales en maniobras de conexión y desconexión.

¹³ Enríquez Harper, Gilberto, Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión, México, LIMUSA, 1986, pág. 29

Interruptor Derivado

Los interruptores eléctricos llamados derivados son aquellos que están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros, este aparato es similar al interruptor con fusibles; se utiliza en baja tensión hasta 480 Volts y para corrientes de hasta 200 Amperes.

Se fabrican para 2 ó 3 fases y su operación es en grupo a través de una palanca. Su empleo típico es como medio de desconexión y de protección después de los medidores para las instalaciones con acometida de baja tensión. Por lo general se coloca dentro de una caja metálica y se usa en interiores.

Se utiliza frecuentemente en instalaciones residenciales: el interruptor derivado (también llamado de navajas) de 30 Amperes alimenta un tablero con interruptores termomagnéticos de menor corriente nominal (15 ó 20 Amperes). En algunas ocasiones de falla provoca la operación del fusible aunque esté más lejos de ella que los termomagnéticos. Esto se debe a las diferencias entre las curvas de disparo. Es normal que al ocurrir un cortocircuito opere el fusible, pero en caso de sobrecarga debe operar el termomagnético.

Interruptor Termomagnético

Uno de los interruptores más utilizados y que sirve para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos es el termomagnético. Se fabrica en gran variedad de tamaños, por lo que su aplicación puede ser como interruptor general o derivado. Su diseño le permite soportar un gran número de operaciones de conexión y desconexión lo que lo hace muy útil en el control manual de una instalación. Tiene un elemento electrodinámico que responde rápidamente ante la presencia de un cortocircuito. Para la protección contra sobrecarga se vale de un elemento bimetálico.

Resulta conveniente mencionar aquí que este elemento bimetálico no puede proteger los motores asíncronos de tipo jaula de ardilla, debido a que su constante de tiempo no es suficientemente grande para permitir la corriente de arranque, ya que su calibración es

poco precisa. Por esta razón la conexión y protección de estos motores se lleva a cabo mediante arrancadores.

El interruptor termomagnético se utiliza con mucha frecuencia debido a que es un dispositivo de construcción compacta que realiza funciones de conexión o desconexión, protección contra cortocircuito y contra sobrecarga en instalaciones de baja tensión (hasta 600 V).

Está constituido por una caja moldeada con terminales y una palanca para su acondicionamiento. En el interior están los contactos (uno fijo y otro móvil) que tiene una cámara para la extinción del arco. El sistema de disparo trabaja a base de energía almacenada: al operar la palanca para cerrar los contactos, se oprime un resorte donde se almacena la energía; al operar los dispositivos de protección se libera la energía y la fuerza del resorte separa los contactos.

La protección contra sobrecarga está constituida por una barra bimetálica que, dependiendo del valor que tenga la corriente así como del tiempo que se mantenga, provoca el disparo que abre los contactos. Esta misma barra esta colocada a cierta distancia de una pieza ferrometálica. Cuando la corriente se eleva a valores muy altos (cortocircuito) se crean fuerzas electromagnéticas de atracción capaces de provocar que los contactos se abran en un tiempo muy corto. De esta manera se logra la protección contra cortocircuito. Estos interruptores tiene una calibración que sólo el fabricante puede modificar.

La capacidad interruptiva a la potencia máxima de cortocircuito que puede soportar un termomagnético está limitado por:

- a) La separación de los contactos en posición abierta.
- b) El tiempo que tardan en abrirse los contactos y llegar a la separación máxima.
- c) Este lapso a su vez depende de las masas en movimiento; de la fricción y de la energía que se almacena en el resorte.
- d) La capacidad de la cámara de extinción para enfriar los gases del arco.

Si la capacidad de cortocircuito se especifica en amperes se entiende que la tensión de restablecimiento es la tensión nominal. Si la corriente de cortocircuito sobrepasa la

capacidad interruptiva, las paredes de la cámara de extinción no son capaces de enfriar los gases ionizados y la corriente sigue fluyendo. Entonces la energía disipada por el arco por efecto Joule, debido a la resistencia del arco ($R I^2 t$) aumenta súbitamente y en fracciones de segundo los gases aumentan de volumen produciendo una explosión.

Lo mismo sucede si la corriente es menor que la corriente máxima de cortocircuito pero la tensión de restablecimiento (tensión que aparece en los contactos abiertos después de la falla) es mayor que su tensión nominal, ya que esta tensión restablece la corriente después de cada paso por cero y el arco se mantiene.

A pesar de la garantía del fabricante de que sus aparatos cumplen con las especificaciones, se requiere que cada interruptor tenga un respaldo (que debe calibrarse para que dispare fracciones de segundo más tarde) opera y detiene el desarrollo de la energía en el arco del elemento que no pudo interrumpir. Cuando actúa una protección de respaldo debe revisarse la instalación así como el estado físico del aparato que no operó. Entonces resulta muy importante la calibración relativa (magnitudes nominales) entre los elementos de protección en la misma rama. Si el rango de calibración entre ambos es muy amplio, el respaldo puede considerarse pequeña a una falla capaz de destruir el elemento de protección que no la interrumpió.

El interruptor termomagnético no se utiliza como medio de protección de sobrecarga en motores de inducción jaula de ardilla debido a que la constante térmica de su elemento es relativamente pequeña y puede dispararse con la corriente de arranque de un motor; además la calibración de los interruptores termomagnéticos no cubre toda la escala de corrientes de los diferentes tamaños de motores.

2.5.4 ARRANCADOR

Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un contactor electromagnético y un relevador bimetálico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de hierro que cierra o abre un juego de contactos al energizar o des energizar la bobina.

Para protección contra sobrecarga se utilizan relevadores con elementos bimetálicos que actúan sobre el circuito de la bobina y abren el contactor. Estos bimetálicos tienen

constantes térmicas grandes que permiten sobrecargas instantáneas (arranque de motores), y se fabrican en capacidades o calibraciones específicas para motores de tamaños comerciales.

Los arrancadores deben tener una capacidad en kW o en H.P., no menor que la potencia nominal del motor que controlen.¹⁴

2.5.5 TRANSFORMADOR

El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar la tensión de suministro a la tensión requerida. En instalaciones grandes (o complejas) pueden necesitarse varios niveles de tensión, lo que se logra instalando varios transformadores (normalmente agrupados en subestaciones). Por otra parte existen instalaciones cuya tensión sea la misma que tiene la acometida y por lo tanto no requieren de transformador (como es el caso de las instalaciones de tipo residencial y casas habitación sin incluir conjuntos habitacionales o condominios).¹⁵

Dimensionado de los transformadores

La determinación de las características del transformador principal de la subestación, además de las tensiones apropiadas, considera la capacidad o potencia, por lo que el cálculo de la capacidad de un transformador para alimentar a un cierto número y tipo de cargas se hace sobre ciertos conceptos, de manera tal que el transformador no opere con capacidad ociosa (poca carga), o bien, se sature rápidamente por insuficiencia.

La capacidad nominal de un transformador está definida como los KVA que su devanado secundario es capaz de operar por un cierto tiempo, en condiciones de tensión y frecuencia de diseño (valores nominales), sin que a una temperatura ambiente promedio de 30 °C y máxima de 40 °C, la temperatura promedio en su devanado exceda a 65 °C.

Se deben considerar, desde luego, las características de la carga por alimentar, sumando todos los valores de la corriente de carga; considerando si éstas son monofásicas o trifásicas.

¹⁴ Triptico Informativo, SIEMENS, México, 1991

¹⁵ Enríquez Harper, Gilberto, Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión, México, LIMUSA, 1986, pág. 14

Los transformadores se dimensionan y seleccionan con base al tipo de carga que van a alimentar y los criterios de protección contra sobre corrientes se basa en la selección de los dispositivos para este fin, estableciendo diferencias, ya sea que se trate de transformadores de 600 Volts o menos, o mayores de 600 Volts y considerando si el tipo de cargas por alimentar es monofásica o trifásica.

Un criterio básico muy simple establece que cuando se trata de cargas monofásicas se dimensionan basados sobre los volts-amperes totales que una instalación (un edificio por ejemplo) requiere para alimentar a todas las cargas usadas.

Datos del transformador de potencia

El transformador de potencia incluye los siguientes datos. El número de transformadores, su potencia en KVA o MVA, las tensiones del primario y secundario, si el transformador es trifásico o monofásico y el valor de la impedancia en por ciento, las conexiones de los devanados primario y secundarios y su tipo de enfriamiento.

Carga de Transformadores

El transformador, cuyo objetivo es cambiar los niveles de tensión, es uno de los equipos más comunes en las instalaciones eléctricas. Generalmente el transformador constituye una parte importante del costo total de la instalación eléctrica.

La eficiencia del transformador está en función de la carga que tiene conectado (Curva característica de eficiencia). Por lo general la eficiencia máxima de un transformador se obtiene cuando la carga esta entre el 75 y 100% por lo que debe procurarse que el transformador se utilice en regímenes de carga cercanos al 100%. Sin embargo al momento de especificar un transformador se requiere proveer cierta holgura para reservas futuras.

La carga que se considera para la selección del transformador es la carga total instalada afectada por el factor de demanda correspondiente.

2.5.6 TABLEROS

Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura, confiable y ordenada.

Tablero general

El tablero general es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. Los arrancadores normalmente se conectan al interruptor utilizando barras de cobre, lo que permite lograr un arreglo limpio en el interior del tablero; y tiene por objeto alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica dentro del área, donde se genere o utilice.

Los componentes de un tablero son:

- a) Gabinetes. Son cajas metálicas o blindaje que tienen por objeto montar el equipo eléctrico de conexión, desconexión, medición y control.
- b) Barras. Son elementos de conexión entre el interruptor principal o general y los derivados.
- c) Interruptores. Hay un apartado especial de este tema.

Las ventajas que ofrece el uso de tableros son las siguientes:

- Construcciones modulares con dimensiones normalizadas.
- Los aparatos por usuario o por circuito se instalan de manera tal que quedan independientes.
- Las barras conductoras se protegen de manera tal que no sean accesibles.

2.5.7 SUBESTACIONES

En el empleo de energía eléctrica ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial interviene una gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico. Una parte importante de este equipo eléctrico es sin duda alguna, las subestaciones.

Definición de Subestación: Una subestación eléctrica se puede definir como un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, etc.), tipo de corriente alterna o corriente continua, o bien conservarla dentro de ciertas características.¹⁶

Relación Entre las Subestaciones Eléctricas, Líneas de Transmisión y Centrales Generadoras.

Las tensiones de generación en las Centrales Generadoras por razones técnicas (aislamiento, enfriamiento, etc.) son relativamente bajas con relación a las tensiones de transmisión, por lo que si la energía eléctrica se va a transportar a grandes distancia estas tensiones de generación resultarían antieconómicos debido a la gran carga de tensión que se tendría, de aquí se presenta la necesidad de transmitir la energía eléctrica a tensiones elevadas que resulten más económicas. Por ejemplo se va a transmitir energía eléctrica de una central generadora de consumo que está situada a 1000 Km., de distancia será necesario elevar la tensión de generación que supondremos de 13.8 KV a otra de transmisión más conveniente que supondremos de 110 KV.

Clasificación de las subestaciones eléctricas:

Es difícil hacer una clasificación precisa de las subestaciones, en términos generales se considera la siguiente:

a) Por su operación:

- 1.- De corriente alterna
- 2.- De corriente continua

b) Por su servicio:

1. Primarias: (elevadoras, receptoras, reductoras, etc.).
2. Secundarias: (receptores, reductoras, elevadoras, etc.).

c) Por su constitución:

¹⁶ Ibidem. p.p. 11 – 13

- 1.- Tipo intemperie
- 2.- Tipo interior
- 3.- Tipo blindado

Elementos que constituyen una subestación: Los elementos que constituyen una subestación se pueden clasificar en elementos principales y elementos secundarios.

Elementos principales

1. Transformador
2. Interruptor de Potencia
3. Restaurador
4. Cuchillas fusibles
5. Cuchillas desconectoras y cuchillas de prueba
6. Apartarayos
7. Tableros
8. Condensadores
9. Transformadores de instrumento

Elementos secundarios

1. Cables de Potencia
2. Cables de Control
3. Alumbrado
4. Estructura
5. Herrajes
6. Equipo contra incendio
7. Equipo de filtrado de aceite
8. Sistema de tierras

2.5.8 PLANTAS DE EMERGENCIA

Existen gran cantidad de instalaciones eléctricas que cuentan con una planta de emergencia para protegerse contra posibles fallas en el suministro de energía eléctrica. Normalmente en todos aquellos lugares de uso público, se requiere de una fuente de energía eléctrica que funcione mientras la red suministradora tenga caídas de tensión importantes, fallas en alguna fase o interrupciones del servicio.

Las plantas de emergencia constan de un motor de combustión interna acoplada a un generador de corriente alterna. El cálculo de la capacidad de una planta eléctrica se hace en función de las cargas que deben operar permanentemente. Estas cargas deberán quedar en un circuito alimentador y canalizaciones independientes.¹⁷

La conexión y desconexión del sistema de emergencia se hace por medio de interruptores de doble tiro (manuales o automáticos) que transfieren la carga del suministro normal a la planta de emergencia. Las plantas automáticas tienen sensores de tensión (o caídas más abajo de cierto límite) y envían una señal para que arranque el motor de combustión interna.

Una planta de emergencia está diseñada para operar durante períodos relativamente cortos, ya que se supone que el suministro general de energía eléctrica, se hace cargo de la demanda normal y solamente, al fallar ésta, se requiere un sustituto para algunas cargas, y por consiguiente, en lugares con buen suministro eléctrico, una planta de emergencia llega a operar sólo unas cuantas horas por año, aun sumándole los tiempos de ejecución semanal que se aconsejan.

Una vez analizado el valor en kW totales y la secuencia de arranque de los motores más grandes, se verá cuál es la potencia requerida en el generador y la que comercialmente se fabrica.

¹⁷ Enríquez Harper, Gilberto, El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales, México, LIMUSA, 2009, pág.516

2.5.9 SISTEMA DE TIERRA

El uso de la electricidad somete a ciertos riesgos y peligros que deben ser conocidos y evaluados, aparatos e instalaciones se deben hacer de manera de reducir estas condiciones a límites aceptables. La energía eléctrica somete a las personas, animales y cosas a ciertos riesgos ligados a su uso, y que se aceptan a cambio del beneficio que otorga el suministro.

La puesta a tierra de protección, difundida y necesaria para brindar seguridad en casos de descargas en los aparatos que crean condiciones circunstanciales de peligro, exige el estudio de los dispersores, y de la relación entre ellos.

Puesta a tierra del neutro, tiene influencias en los valores de las sobre tensiones y corrientes de falla, distintos criterios que condicionan la elección de la puesta a tierra funcional.

Tierra.- Desde el punto de vista eléctrico, se considera que el globo terráqueo tiene un potencial de cero (o neutro); se utiliza como referencia y como sumidero de corrientes indeseables. Sin embargo, puede suceder que por causas naturales (presencia cercana de nubes y descargas atmosféricas) o artificiales (falla eléctrica en una instalación) una zona terrestre tenga en forma temporal una carga eléctrica negativa o positiva con respecto a otra zona (no necesariamente lejana). Por esta razón pueden aparecer corrientes en conductores cuyos extremos estén en contacto con zonas de potenciales distintos.

Resistencia a Tierra.- Este término se utiliza para referirse a la resistencia eléctrica que presenta el suelo (tierra) de cierto lugar. El valor a la resistencia a tierra debe estar dentro de ciertos límites dependiendo del tipo de instalación.

Toma de Tierra.- Se entiende que un electrodo en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor es una toma de tierra. Este electrodo puede ser una barra o tubo de cobre, una varilla o tubo de fierro y en general cualquier estructura que esté en contacto con la tierra y que tenga una resistencia a tierra dentro de ciertos límites.

Sistema de Tierra.- Se llama sistema de tierra a la red de conductores eléctricos unidos a una o más tomas de tierra y provistos de una o varias terminales a las que pueden conectarse puntos de la instalación. El sistema de tierra de una instalación se diseña en función de: el nivel de tensión, la corriente de corto circuito, la superficie que ocupa la instalación, la probabilidad de explosión y/o incendio, la resistencia a tierra, la humedad y la temperatura del suelo.¹⁸

Conexión a Tierra.- La unión entre un conductor y el sistema de tierra es una conexión a tierra.

2.5.10 CLASIFICACIÓN NEMA DE GABINETES

Gabinete es el recinto o recipiente que rodea o aloja un equipo eléctrico con el fin de protegerlo contra las condiciones externas y con objeto de prevenir a las personas de contacto accidental con partes vivas (partes energizadas).

Los elementos que constituyen una instalación eléctrica se pueden clasificar de acuerdo a los gabinetes que los contienen, según las designaciones de la Norma Oficial Mexicana en los siguientes tipos:¹⁹

Tipo 1. Usos generales. Diseño para uso en interiores en áreas donde no existen condiciones especiales de servicio. Evita el contacto accidental con el aparato que encierra.

Tipo 2. A prueba de goteo. Para uso en interiores, protege al equipo contra goteo de líquidos no corrosivos y contra salpicaduras de lodo.

Tipo 3. Para servicio intemperie. Para uso en exteriores, protege al equipo que encierra contra polvo y aire húmedo.

Tipo 3R. Para uso en exteriores. Protege al equipo que encierran contra la lluvia.

¹⁸ Ibidem. p. 209

¹⁹ Ibidem. p.p. 350 y 356

Tipo 4. Aprueba de agua. Para equipo expuesto directamente a severas condensaciones externas, salpicaduras de agua o chorro de manguera.

Tipo 5. A prueba de polvo. Diseño para impedir la entrada de polvo a su interior.

Tipo 6. Sumergible. Permite su uso en caso de inmersión ocasional, caída de chorros directos de agua, polvos o pelusas.

Tipo 7. A prueba de gases explosivos. Diseñado para uso en atmósferas peligrosas y pueden soportar una explosión interna sin causar peligros externos. La interrupción de los circuitos se hace en aire.

Tipo 8. A prueba de gases explosivos. Diseñado para el mismo fin que el tipo 7 pero su equipo trabaja sumergido en aceite.

Tipo 9. A prueba de polvos explosivos. Diseñado para uso en atmósferas peligrosas donde existen cantidades considerables de polvos combustibles que originen mezclas explosivas.

Tipo 10. Para uso en minas. Diseñado especialmente para este fin.

Tipo 11. Resistente a la corrosión. Para proteger al equipo contra líquidos, humos y gases corrosivos. El equipo se encuentra encerrado en aceite.

Tipo 12. Para uso industrial. Diseñado para proteger al equipo contra aceites, líquidos refrigerantes y polvos.

La clasificación anterior es equivalente a la clasificación NEMA de la National Electric Manufactures Asociation de los Estados Unidos. Tipo 1 = NEMA 1, Tipo 2 = NEMA 2, etc.

2.6 MANTENIMIENTO

La nueva filosofía del mantenimiento determina que solo hay dos clases de mantenimiento²⁰:

²⁰ Dounce Villanueva, Enrique, La Productividad en el Mantenimiento Industrial, México, 1989, pág. 21

- A. Mantenimiento Correctivo: la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones cuando a consecuencia de alguna falla han dejado de prestar la calidad de servicio esperada.
- B. Mantenimiento preventivo: la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones, con el fin de garantizar que la calidad del servicio que estos proporcionan continúen dentro de los límites determinados.

Dentro del concepto de mantenimiento preventivo, deben considerarse todos los tipos de mantenimiento que de una u otra forma tengan la misión de conservar la calidad del servicio, ya sea predictivo, analítico, técnico. etc.

Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos.

Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de Conservación, Confiabilidad, Mantenibilidad y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento.

El mantenimiento preventivo se refiere a las acciones, tales como; remplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., hechas en períodos de tiempos por calendario o uso de los equipos (Tiempos dirigidos).

2.7 NORMAS DE CONAGUA

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Comisión Nacional de Agua estable la normatividad respecto al uso, manejo y clasificación del agua.

2.7.1 NOM 003 CONAGUA 1996

Los pozos construidos antes del año 1996 no se encuentran regulados bajo esta norma por lo tanto esta propuesta lo que trata es que todos los pozos que no están dentro de esta norma de alguna manera queden dentro o los organismos tengan conocimiento pleno de la existencia de esta norma, en lo referente al tren de descarga para facilitar la operación y funcionalidad del pozo.

El objetivo de esta norma es proteger la calidad del agua en los acuíferos durante los trabajos de mantenimiento, rehabilitación y cierre de pozos, sea en forma temporal o definitiva, en la presente investigación el interés recae en la parte de mantenimiento.

6. Especificaciones

6.1 Mantenimiento de pozos para extracción de agua

6.1.1 Desinfección periódica

Para los pozos destinados al uso público urbano, así como para aquellos destinados a usos agroindustrial e industrial que procesen alimentos, será obligatoria la desinfección del pozo, como se indica a continuación:

Después de que haya sido instalado el equipo permanente del pozo (bomba y motor) y entre en operación, éste debe desinfectarse como mínimo cada tres años. Para ello, se aplica proporcionalmente al volumen de agua contenido en el pozo el desinfectante necesario para que el cloro activo sea de 200 mg/L como mínimo.

El agua en el pozo deberá tratarse con cloro, tabletas de hipoclorito de calcio, solución de hipoclorito de sodio o cualquier otro desinfectante de efecto similar, con la concentración apropiada y aprobada por la Secretaría de Salud.

Después de que el desinfectante haya sido aplicado, se agitará y se recirculará el agua del pozo para lograr una buena mezcla e inducir el contacto de dicha mezcla con las paredes del ademe, rejilla, filtro granular y formación del acuífero. Posteriormente se dejará reposar la mezcla agua-desinfectante en el interior del pozo durante al menos 12 horas, pero no más de 24 horas.

6.2 Rehabilitación de pozos para extracción de agua

Antes de iniciar los trabajos de rehabilitación, si la bomba desinstalada estuvo lubricada con aceite, es necesario remover el aceite acumulado en la superficie del agua del interior del pozo.

Todo pozo para extracción de agua que sea sometido a trabajos de rehabilitación deberá someterse a un tratamiento de desinfección de acuerdo con el inciso 6.3 de la norma NOM-003-CNA- 1996.

En el caso de que simplemente se retire y se vuelva a instalar su equipo de bombeo, éste deberá desinfectarse antes de su instalación.

Asimismo, independientemente de lo anterior, el equipo de bombeo cumplirá con los requisitos estipulados en la norma NOM-006-ENER-1995.

6.2.1 Trabajos de actualización durante la rehabilitación del pozo

Con el objeto de reducir al mínimo los riesgos de contaminación superficial del pozo y de contar con un medio que permita cuantificar los caudales de agua extraídos, se deben seguir las mismas disposiciones indicadas en las secciones 6.5.3.2, 6.5.4, 6.7.2, 6.7.3, y 6.8 incisos d), e), f) y g) de protección superficial de la estructura del pozo, del dispositivo de medición y de registros requeridos, correspondientes a la norma NOM-003-CNA-1996.

7. Verificación

7.1 Mantenimiento y rehabilitación de pozos de agua

Para su verificación, se considerarán todos los pozos en operación en el país destinados a los usos indicados en los incisos 4.26 a 4.35.

La Comisión, por sí misma o a través de unidades de verificación acreditadas, verificará el cumplimiento de las especificaciones de desinfección y rehabilitación de pozos indicadas en los incisos 6.1 y 6.2.

El incumplimiento de alguna de las especificaciones indicadas será motivo de suspensión de la operación del pozo, y su reanudación sólo la aprobará la Comisión, después de cumplir con las especificaciones de la presente Norma.

7.1.2 Dimensiones, dispositivo de medición y registros (especificaciones del inciso 6.2.1)

La verificación de las dimensiones será realizada con los instrumentos de medición pertinentes y una tolerancia de $\pm 10\%$. La verificación del dispositivo de medición se hará visualmente y la de los registros mediante la lectura de la bitácora de obra.

2.7.2 NOM 004 CONAGUA 1996

En lo referente a esta norma se ocupa del mantenimiento que se realiza en un pozo, lo cual debe hacerse sin afectar al acuífero ya que forman parte del patrimonio nacional. Conviene aclarar que esto no significa que los pozos hasta antes de la norma no hayan tenido un mantenimiento preventivo y/o correctivo.

El objetivo de esta Norma Oficial Mexicana consiste en establecer los requisitos mínimos de construcción que se deben cumplir durante la perforación de pozos para la extracción de aguas nacionales y trabajos asociados, con objeto de evitar la contaminación de los acuíferos, aquí es donde entrara nuestra modificación al tren de descarga.

6.1 Materiales usados en la construcción de pozos

Las piezas y sustancias utilizadas en la construcción de pozos deben ser de calidad comercial.

6.5.3.1 Tipo y dimensiones del brocal

Cuando el diseño del pozo sea como se presenta en la figura 1 del capítulo 2, la forma exterior del brocal será la de un prisma cuadrangular, cuyos lados tendrán una longitud igual al diámetro total superficial de la perforación, con una altura de 0.50 m a partir del

nivel del terreno natural o sobreelevado. En el momento de la construcción del brocal, se deben colocar dos tubos para la colocación del filtro granular.

Cuando el diseño del pozo sea como el presentado en la figura 2 del capítulo 2, el contraademe debe tener la misma altura que el ademe, sin que sea necesario poner tubos engravadores, ya que el espacio anular sólo lleva una tapa removible.

En ambos casos, la plantilla y la parte superficial de la cementación del contraademe, deben formar estructuralmente un solo cuerpo.

Cuando el pozo esté emplazado en unidades de material consolidado, el ademe debe estar ahogado en el brocal. Cuando el pozo esté perforado en material no consolidado, se debe dejar un espacio anular mínimo de 0.0063 m entre el brocal y el ademe.

Cuando el concesionario o asignatario, y sólo por razones técnicas, considere otro diseño de brocal, deberá presentarlo a la Comisión para su aprobación.

2 (Primera Sección) DIARIO OFICIAL Lunes 3 de febrero de 1997

6.7 Dispositivos de medición y monitoreo

6.7.1 Medidor de volúmenes

Con el objeto de disponer de un medio seguro para conocer los caudales de extracción del pozo, es indispensable la instalación de un dispositivo de medición compatible con los volúmenes proyectados de extracción. Para uso público urbano, el medidor debe cumplir con los requisitos estipulados en la Norma Oficial Mexicana de medidores de agua NOM-012-SCFI o usar dispositivos similares que cumplan con las normas vigentes.

6.7.2 Toma lateral

Se requiere instalar un dispositivo lateral en la tubería principal de descarga para el muestreo del agua.

6.7.3 Medición de niveles

También se requiere la instalación de un dispositivo que permita medir la profundidad del nivel del agua en el pozo.

CAPITULO 3 ANÁLISIS DEL POZO SAN MARTÍN

*“Uno de los mejores secretos de la vida
es que todo lo que vale la pena hacer,
es lo que hacemos por los demás”*
Lewis Carol

3.1 TREN DE DESCARGA DEL POZO DE SAN MARTÍN

Como se mencionó en los capítulos precedentes es importante contar con un tren de descarga que cuente con todas sus piezas como establece la normativa de CONAGUA, en este sentido, el Comité administrativo del pozo de San Martín no le ha dado la importancia debida a este rubro, en consecuencia el tren de descarga está mal diseñado y después del codo de descarga sólo tiene carretes sin medidas bien definidas carece de un medidor de flujo el cual es necesario para corroborar que la bomba sumergible proporcione el gasto para la cual fue calculada previamente, tampoco cuenta con un medidor de presión mejor conocido como manómetro que se requiere para medir la presión acumulada en la línea, además de permitir sumar la carga registrada en el mismo a la profundidad a la que se encuentra sumergida la bomba para constatar que la misma trabaje en la CDT (carga dinámica total) que se requiere, también son necesarias válvulas de compuerta que ayudarán a regular el flujo hacia distintos puntos de la línea de conducción se deberá tener cuidado en la manipulación de las válvulas ya que si no se abren primero y contario a eso se cierran se generará una sobrepresión en la línea provocando daños en la tubería, en la bomba ó en cualquier otro elemento. Se utiliza válvula de retención (check) que juega un papel importantísimo ya que no permite que el flujo de agua regrese hacia el interior del pozo y no menos importante una válvula de admisión y expulsión de aire que auxilie a expulsar el aire acumulado en la línea antes de arrancar el equipo de bombeo (Se anexa diagrama actual del pozo al final de este capítulo).

3.2 EQUIPO DE CONTROL

El equipo de control para el equipo de bombeo con el que se cuenta en el Pozo es un arrancador a tensión reducida (ATR) tipo autotransformador el cual no cuenta con las protecciones adecuadas como un relevador térmico de sobrecarga que sea del rango adecuado para que pueda actuar ante una sobrecorriente de no ser así, éste no será

capaz de censar en el rango de operación del equipo (corriente), el voltímetro y el amperímetro no funcionaran por consiguiente no es posible determinar los parámetros de corriente y voltaje que están registrándose durante la operación de la bomba sumergible. Éstos dos instrumentos son los ojos del operario del pozo en el tablero y le permitirán tomar decisiones cuando deba detener la operación del equipo del pozo y evitar daños mayores a dicho equipo, además hacen falta de protecciones adicionales adecuadas para las fluctuaciones de voltaje que se tienen como sería un protector de voltaje que detendría el equipo cuando el voltaje de operación estuviera por debajo ó por encima de lo que es adecuado para que el equipo opere y no permitirá que el operador arranque en forma manual el equipo hasta que el voltaje se haya regulado.

3.3 MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS

Ante la falta de programación adecuada de un mantenimiento preventivo todo el mantenimiento que se ha venido realizando en este pozo en sus diferentes componentes ha sido correctivo, que como es sabido es aquel que corrige los defectos observados en los equipos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos cuando ya sucedieron, se traduce en mayores costos y en gasto de recursos que se podrían utilizar en la actualización de equipo de bombeo ó inversión en los rubros mencionados en capítulos anteriores.

Lo anterior, se pudo cotejar en la bitácora de operación presentada por el Comité, en la cual se pudo determinar las horas que trabaja el equipo de bombeo y se constata que los equipos de bombeo no reciben un mantenimiento preventivo cada 2 años ó 9000 hrs de bombeo como lo sugieren los fabricantes de equipo de bombeo ó a los equipos de control cada 6 meses como la experiencia de Grupo Becsa lo sugiere, en general las instalaciones están descuidadas y esto consideramos se debe a que el mantenimiento que se realiza es correctivo en cada elemento que compone al Pozo.

3.4 DIAGRAMA DE ISHIKAWA FUNCIONAMIENTO DEL POZO SAN MARTIN

El diagnóstico se realizó mediante una técnica causa-efecto o de Ishikawa, para identificar las causas que pueden afectar el funcionamiento del pozo, y se complementó con la herramienta de las 6M's, que consiste en agrupar las causas principales en seis ramas: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente.

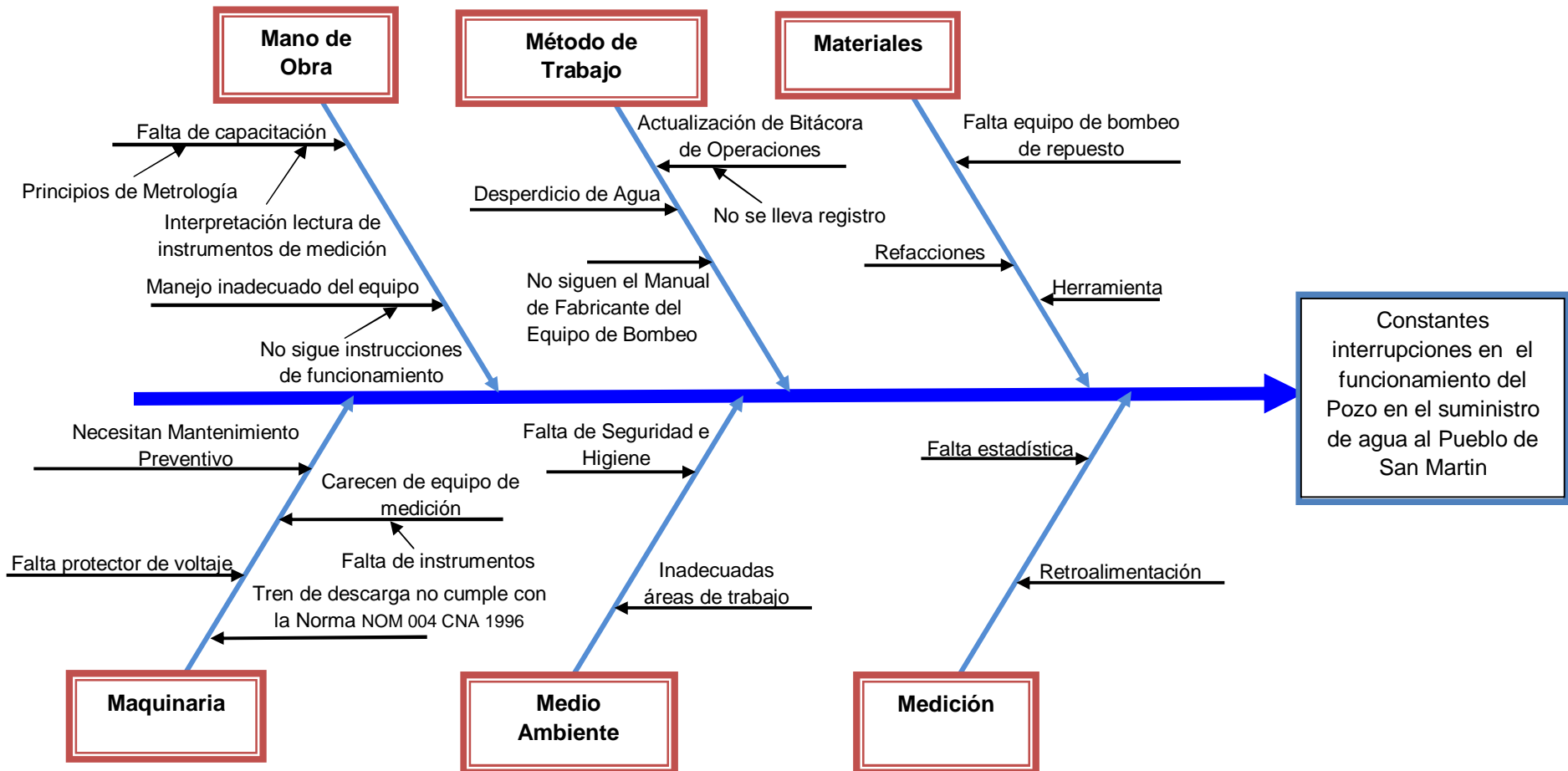


Figura No. 11 Diagrama de Ishikawa

Del diagrama de Ishikawa (Figura No. 11) se concluye que las variables (alternativas) que más afectan para optimizar el funcionamiento del pozo son las siguientes: A) Capacitación, B) Mantenimiento Preventivo, C) Tren de descarga cumpla NOM 004 CNA 1996, D) Manual de Fabricante de equipo de bombeo, E) Llevar estadísticas, F) Retroalimentación, G) Bitácora, H) Equipo de bombeo de repuesto, I) Equipo de medición, J) Protector de voltaje, K) Refacciones y herramienta y L) establecer comisión de seguridad e higiene, mediante estas alternativas se puede diseñar un árbol de decisiones utilizando dos criterios principales la calidad y el costo, de esta forma se jerarquizan las alternativas utilizando el método de Saaty (referencia) y así optimizar la estrategia a seguir.

3.5 ANÁLISIS JERÁRQUICO (SOFTWARE EXPERT CHOICE)

Se plantean las matrices tanto de Costo como de Calidad en el programa Expert choice. Utilizando el árbol de comparación de la figura 12, se dan valores en el programa computacional Expert Choice, a cada uno de los niveles, considerando la escala propuesta por Saaty (ver en el anexo), obteniéndose los resultados que se muestran en la figura 3.

De los resultados obtenidos mediante el programa Expert Choice, podemos ver que al enfocarse en las cinco primeras causas que son J) Protector de voltaje, I) Equipo de medición, A) Capacitación, B) Mantenimiento Preventivo y C) Tren de descarga que cumpla con NOM 004 CNA 1996, se optimizará el funcionamiento del pozo, como se observa en la figura 13.

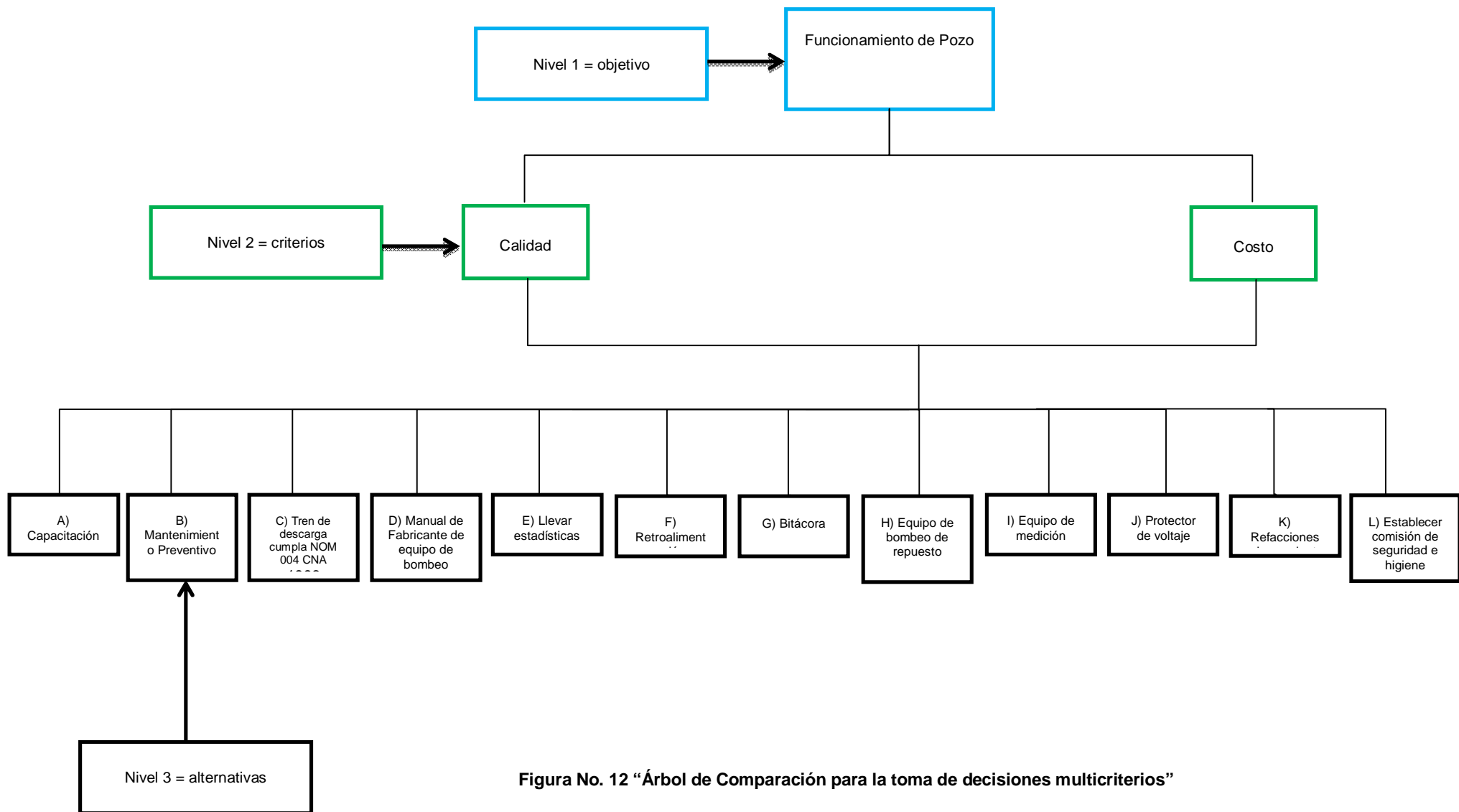


Figura No. 12 “Árbol de Comparación para la toma de decisiones multicriterios”

Synthesis with respect to: Goal: Mantenimiento de pozo

Overall Inconsistency = .09

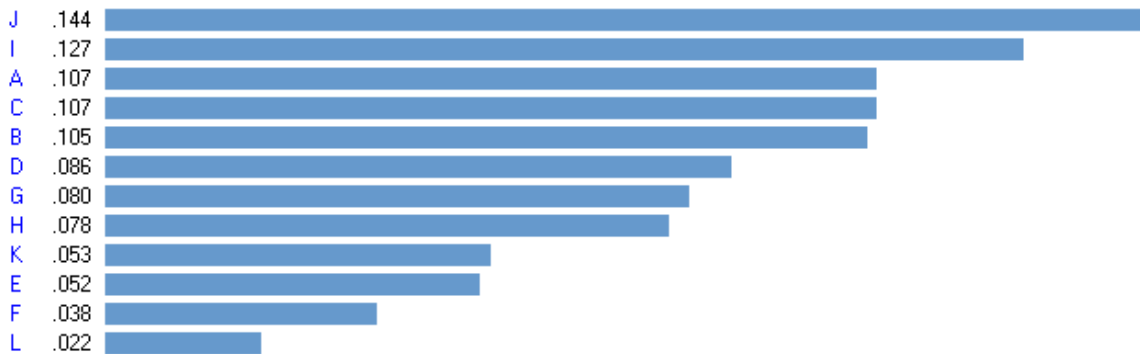


Figura No. 13 “Síntesis de la influencia de las alternativas (nivel 3) respecto al Objetivo (nivel1) cuando costos es igual que la calidad”.

3.6 CONFIABILIDAD PROBABILISTICA

A continuación se utiliza una herramienta estadística denominada confiabilidad que proporciona la probabilidad de que un componente ó sistema se desempeñe satisfactoriamente, la función para la que fue creado durante un periodo establecido y bajo condiciones de operación especiales, por lo tanto es factible estudiar la vida de un producto medida en unidades de tiempo (minutos, horas, días), con la finalidad de determinar probabilísticamente los periodos de tiempo en que puede ocurrir una falla en el equipo, y con esta información programar los mantenimientos preventivos antes de que ocurra la falla. El cálculo de confiabilidad, se simulará en el pozo, el tiempo que se estima es en días (el equipo del pozo opera un promedio de 10 horas diarias), recordando que este procedimiento se aplicará a los equipos clasificados como importantes y vitales.

Mediante la recopilación de información que se tenga en la bitácora sobre la operación y los paros de equipo por mantenimientos efectuados, obtenemos los tiempos (días) que se le dio mantenimiento y el tiempo que permaneció operando en forma normal como se observa en la figura 14.

Días funcionando (horas promedio de operación 10)	Días inactivo por corrección de falla
15	
	2
25	
	3
19	
	8
31	
	15
28	
	2
54	
	10
66	
	1
53	
	5
40	
	4
12	
	1
5	
	1
3	
	2
8	
	1
32	
	4
90	
	3
25	
	3
36	
	2
32	
	1
89	

Figura No. 14 “Datos de bitácora para el cálculo de confiabilidad probabilística”

En seguida se presenta el procedimiento para el cálculo de confiabilidad, basado en lo que señala Humberto Gutiérrez Pulido²¹.

Cálculo de Confiabilidad

Se inicia con los datos que se tienen de los mantenimientos proporcionados al pozo (ver figura 14), posteriormente, se ordenan de menor a mayor, como se muestra en la fig. 15.

²¹ Gutiérrez Pulido, Humberto. “Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Madrid. editorial Román de la Vara Salazar, 2004

No. de datos	En forma ascendente (tiempo en días)
i	d
1	3
2	5
3	8
4	12
5	15
6	19
7	25
8	25
9	28
10	31
11	32
12	32
13	36
14	40
15	53
16	54
17	66
18	89
19	90

Figura No. 15 “Datos ordenados del tiempo que permanece operando sin mantenimiento”

Con la finalidad de elaborar una gráfica de relación, se calcula la **posición de graficación** de los datos ordenados de la figura 5, como se muestra en la figura 16.

Posición de graficación = $RM = (i-0.3) / (n+0.4)$

i = dato (d), n=numero total de datos= 19

No. de datos	Datos en forma ascendente	Posición de graficación
i	D	RM
1	3	0.03608247
2	5	0.08762887
3	8	0.13917526
4	12	0.19072165
5	15	0.24226804
6	19	0.29381443
7	25	0.34536082
8	25	0.39690722
9	28	0.44845361
10	31	0.5
11	32	0.55154639
12	32	0.60309278
13	36	0.65463918
14	40	0.70618557
15	53	0.75773196
16	54	0.80927835
17	66	0.86082474
18	89	0.91237113
19	90	0.96391753

Figura No. 16 "Cálculo de la posición de graficación"

Se realizan los cambios de variable para linealizar **d** y **RM**, como se muestra en la figura 7, con las siguientes formulas.

$\text{LN}(\text{LN}(1/(1-\text{RM})))$, RM Posición Graficación

$\text{LN}(d)$ D datos de tiempo

No. de datos	Organizado en forma ascendente	Posición de graficación $RM=(i-0.3)/(n+0.4)$	$(\ln(1/((1-RM))))$	$\ln(d)$
i	D	RM	$\ln(\ln(1/(1-RM)))$	$\ln(d)$
1	3	0.03608247	-3.30362951	1.098612289
2	5	0.08762887	-2.389141012	1.609437912
3	8	0.13917526	-1.89802475	2.079441542
4	12	0.19072165	-1.552999198	2.48490665
5	15	0.24226804	-1.28220259	2.708050201
6	19	0.29381443	-1.05590564	2.944438979
7	25	0.34536082	-0.858797897	3.218875825
8	25	0.39690722	-0.681842867	3.218875825
9	28	0.44845361	-0.51914459	3.33220451
10	31	0.5	-0.366512921	3.433987204
11	32	0.55154639	-0.220708967	3.465735903
12	32	0.60309278	-0.078986134	3.465735903
13	36	0.65463918	0.061250816	3.583518938
14	40	0.70618557	0.202783192	3.688879454
15	53	0.75773196	0.349043287	3.970291914
16	54	0.80927835	0.504972676	3.988984047
17	66	0.86082474	0.679059054	4.189654742
18	89	0.91237113	0.889800879	4.48863637
19	90	0.96391753	1.200551361	4.49980967

Figura No. 17 "Cambios de variable para linealizar d y RM"

Con los datos de la Figura 17, se realiza una gráfica de dispersión, y se obtiene la función lineal, como se muestra en la Figura 18.

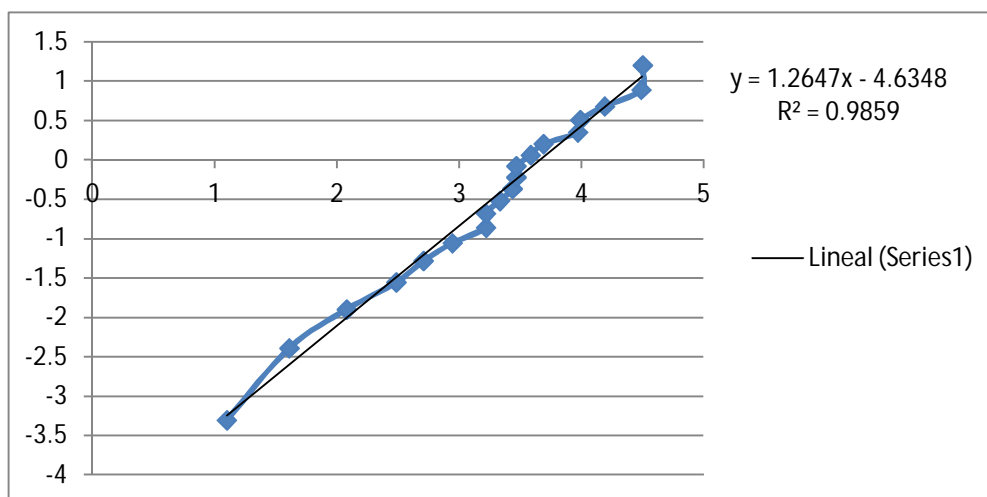


Figura No. 18 "Gráfica de Dispersión"

De la gráfica anterior se obtiene lo siguiente:

Pendiente = 1.264 Ordenada al Origen = - 4.634 Ecuación de la Recta = $y = 1.264x - 4.634$
 $R^2 = 0.985$

Con éstos se calculan los parámetros de la formula de confiabilidad, como se muestra en la Figura 19. Sus significados se presentan en la figura 20.

Parámetro por calcular	Formula	Resultado
Coeficiente de escala θ	Se calcula con Excel =EXP-(Intersección/pendiente) =EXP-(-4.634/1.264)	39.1006558
Coeficiente de relación Pearson.	Se calcula con Excel =PEARSON(VALORES Y, VALORES X)	0.992909906

Figura No. 19 "Parámetros necesarios para el cálculo de confiabilidad"

Se tienen hasta ahora los siguientes **parámetros de confiabilidad**:

Parámetro	Resultado	Significado
Parámetro de forma, que es la pendiente β	1.2640	Determina la forma ó perfil de la distribución.
Parámetro de escala θ	39.1006558	Determina la escala del tiempo de vida, es decir que tan aguda ó plana es la distribución.
Coeficiente de relación Pearson	0.992909906	Indica que hay una excelente relación de dependencia de los datos ya que su valor esta muy próximo a 1.
Coeficiente de determinación R^2	0.9850	Indica que el 98.5% de los datos están relacionados linealmente.

Figura. 20 "Parámetros de confiabilidad"

Parámetros de confiabilidad

Con la información de los parámetros de confiabilidad, se calcula y gráfica:

$F(t)$ = la probabilidad de fallar antes del tiempo t .

$$F(t) = \exp(-(t)/(\theta))$$

$$C(T) = 1 - F(t)$$

Donde t = tiempo esperado en que ocurra la falla (días), β = Parámetro de forma, θ = parámetro de escala.

Para la construcción de la gráfica de confiabilidad, se estiman los datos del tiempo (t) y se calcula $F(t)$, como se muestra en la figura 21.

Tiempo esperado(en Días)	F(t)	C(t)
3	0.961794211	0.038205789
5	0.928394938	0.071605062
8	0.874081706	0.125918294
12	0.798771764	0.201228236
15	0.742381572	0.257618428
19	0.66922969	0.33077031
25	0.566563341	0.433436659
25	0.566563341	0.433436659
28	0.519092734	0.480907266
31	0.474405027	0.525594973
32	0.46013868	0.53986132
32	0.46013868	0.53986132
36	0.40622991	0.59377009
40	0.357306716	0.642693284
53	0.230200466	0.769799534
54	0.222256933	0.777743067
66	0.143972926	0.856027074
89	0.059119857	0.940880143
90	0.056788896	0.943211104

Figura No. 21 "Parámetros para la construcción de la gráfica de confiabilidad"

La gráfica de confiabilidad con los valores de t, F(t) y 1-(F(t)), se muestra en la figura 12.

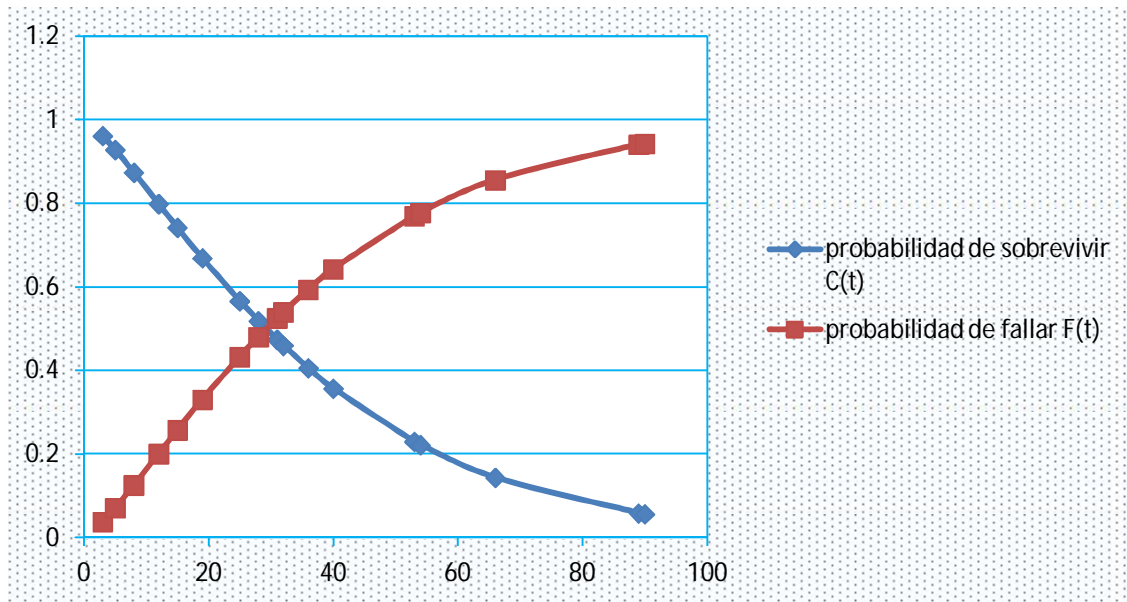


Figura No. 22 "Gráfica de Confiabilidad"

28	0.519092734	0.480907266
29	0.503883591	0.496116409
30	0.488987048	0.511012952

Con la construcción de graficas de confiabilidad de la figura 22, es posible determinar el comportamiento del equipo del pozo a través del tiempo, ésta información la podrá emplear el comité y la comunidad de San Martín para programar de manera oportuna el mantenimiento preventivo del equipo vital e importante y de las instalaciones del pozo y con ello determinar en qué momento pedir a el ó los proveedores las acciones pertinentes.

Como se observa en la figura 22 existe un cruce entre las dos curvas F(t) y C(t), éste se considera como el tiempo promedio en que el equipo permanecerá sin fallas, dicho tiempo se puede obtener directamente de la gráfica en el eje t (tiempo esperado), que correspondería aproximadamente a 29 días, ó bien se puede calcular, con la formula de

tiempo esperado sin fallas²², donde el resultado es muy cercano a 29, como se muestra a continuación.

$$t \text{ de Intersección} = \theta(-\text{LN}(1/2))^{1/\beta} = 29.25868596$$

Con los resultados obtenidos se estima que a los **29 días se debe programar el mantenimiento preventivo en el pozo** (incluyendo las modificaciones al tren de descarga ver figura 23) y el requerimiento deberá ser enviado al proveedor antes de los 29 días, con el fin de haga una inspección en sitio y determine el área donde realizarán el mantenimiento. Si lo anterior se lleva a cabo se estará en condiciones de proporcionar mantenimiento preventivo en forma oportuna, al pozo que es vital e importante para la comunidad, evitando que quede fuera de servicio y deje de prestar su servicio.

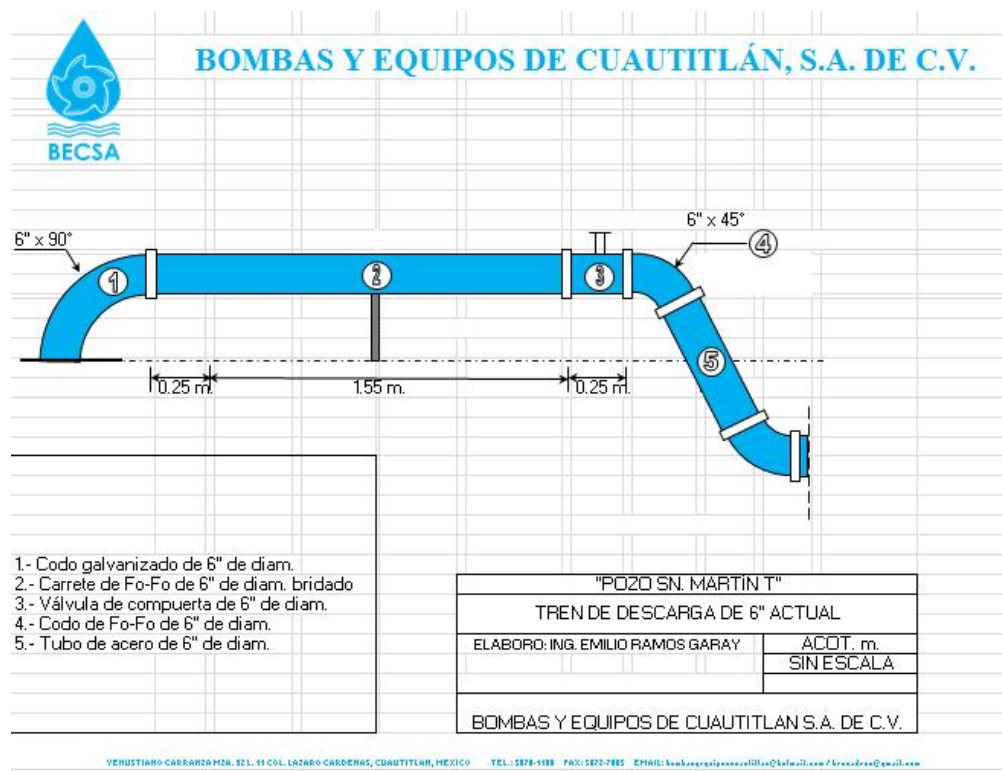


Figura No. 23 "Tren de Descarga de 6" Actual"

²² Pulido, Op.Cit. p455

En la figura 24 se presenta el diagrama de flujo del proceso, el cual inicia con el arranque de la bomba sumergible y tiene como última actividad verificar válvula de la compuerta.

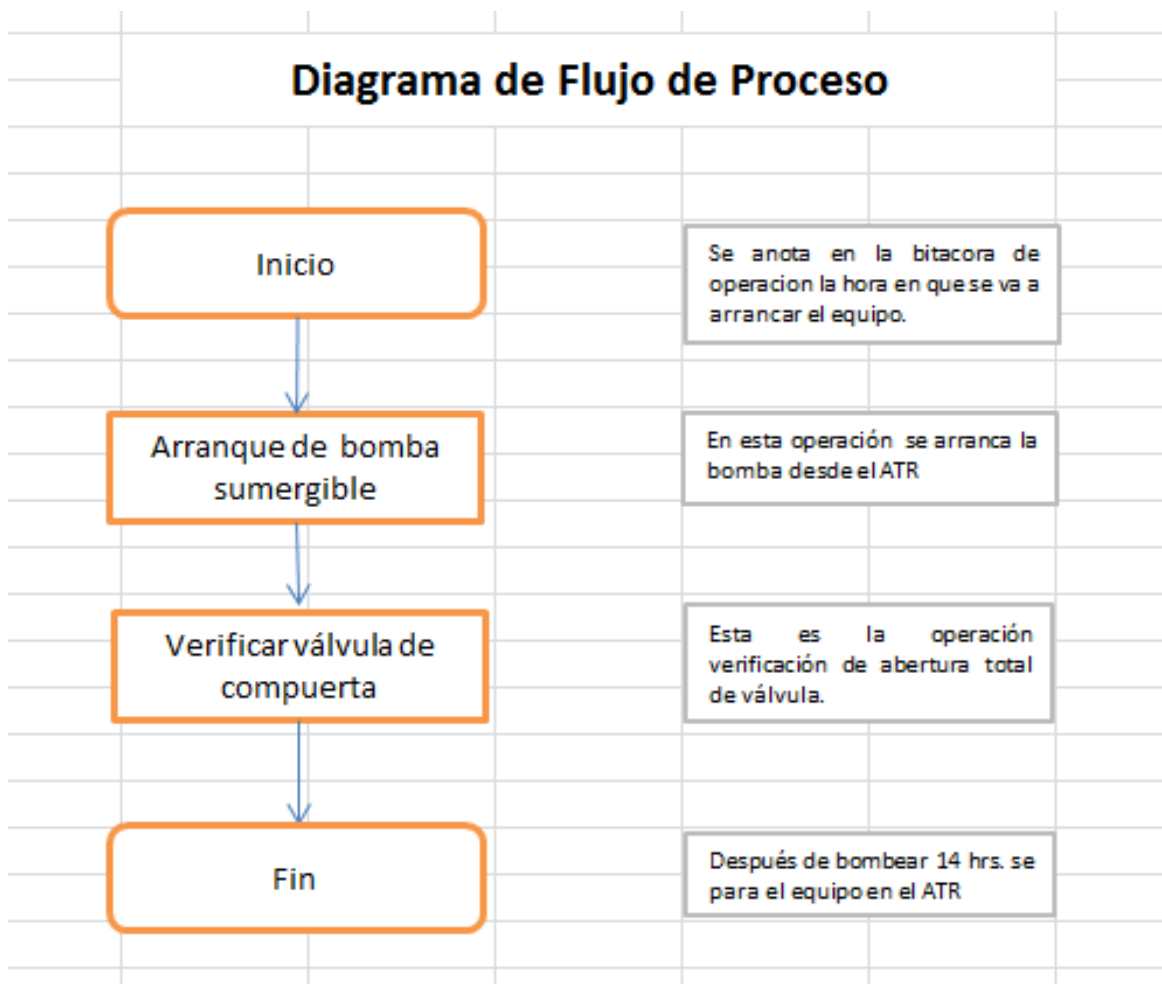


Figura No. 24 "Diagrama de Flujo de Proceso"

**BITACORA ACTUAL DE OPERACIÓN DE POZO
COMITÉ DE AGUA POTABLE DE SAN MARTÍN**

HORA DE INICIO	HORA DE PARO	OBSERVACIONES

CAPITULO 4 DISEÑO DE TREN DE DESCARGA, INSTALACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS, CAPACITACIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO

*"La calidad nunca es un accidente;
siempre es el resultado de un esfuerzo de la inteligencia"*
John Ruskin

A partir de los resultados obtenidos durante el análisis, se proponen lo siguientes acciones.

Considerando que el equipo de bombeo instalado en el pozo de San Martin corresponde a una bomba tipo sumergible marca Goulds Pumps – Neumann de 75 H.P. 220 Volts que fue calculado para dar un gasto de 17 L.P.S. contra una carga de 269 m.c.a., al colocar el medidor de flujo tipo propela de 4" de Ø el cual es para medición de gasto instantáneo y totalizador de volumen se obtiene la lectura directa de 17 L.P.S. esto permite comprobar que el equipo esta trabajando para los condiciones que fue previamente calculada, después se colocará como siguiente elemento de medición un manómetro de presión de glicerina con rango de 0 a 21 Kg/cm² el cual debe de mantenerse midiendo un máximo de 15 Kg/cm² Si se rebasa esta presión se debe parar de inmediato el equipo y verificar válvulas, como tercer y cuarto elementos es necesario colocar un voltímetro y un amperímetro en el arrancador a tensión reducida para que el operario pueda visualizar que no exista un voltaje de +- 10% abajo ó arriba de los 220 Volts que es el voltaje para el que fue fabricado el motor, por último en el rubro de la medición se agrega en el arrancador un relevador térmico de sobrecarga adecuado para la potencia del motor, es decir uno de rango de 55 a 255 amperes dejando éste calibrado en 205 amperes ya que la corriente nominal del motor debe de ser de 194 amperes pudiendo estar un 5% arriba sin que cause avería en el motor o el equipo de control, el otro elemento importante será un protector de voltaje que protegerá el equipo contra bajo voltaje, alto voltaje, desbalanceo de voltaje, falla de fase y secuencia invertida por lo que quedará protegido contra estas situaciones y se parara automáticamente el equipo si alguna de estas fallas ocurriera, no permitiendo que arranque el equipo hasta que no se normalicen las condiciones en el suministro de energía.

4.1 DISEÑO DE TREN DE DESCARGA

El diseño del tren de descarga se ajusta a la normativa de la CONAGUA y será de una medida 6" de Ø y tipo descarga presurizada, el cual se debe armar en campo como se muestra en la figura 25, se construirán las bases con un f'c de 250 Kg/cm², en seguida del codo de descarga, se instalará un carrete roscado en un extremo y bridado en el otro dividido, ó dos extremidades unidas por una junta gibault para permitir el mantenimiento al pozo sin mayor contratiempo, a continuación se instalará un carrete largo de acero donde se colocará una válvula de admisión y expulsión de aire así como el manómetro de presión (como el que se muestra en figura 26) que permitirá al operador vigilar si la presión de trabajo a la que normalmente trabaja el equipo se sale de las condiciones optimas de operación; acoplado al carrete largo se instalará el medidor de flujo propuesto (ver figura No. 27), el cual además de que ser totalizador de volumen será con medición de gasto instantáneo para que el operador este posibilitado para corroborar además de la presión de trabajo el gasto que esta suministrando el equipo de bombeo y en casi de ser inferior pueda para el equipo; posteriormente se colocará un carrete corto y en seguida la válvula check para evitar el retorno del flujo en sentido contrario, en seguida se instalara una tee en ambas salidas quedara una válvula de compuerta la que va hacia la línea de conducción ésta regulará el flujo, en tanto la otra permitirá hacer las pruebas cuando se realicen después de efectuado el mantenimiento, finalmente se colocara una codo que facilitará la unión hacia la línea de conducción, de esta forma se dará cumplimiento al objetivo trazado de dar adaptar este rubro a la NOM 004 CNA 1996, una de las consecuencias consistirá en disminuir las fallas en la magnitud que se venían presentado. Con estas acciones se apoyará al operador al brindarle instrumentos en el tren de descarga con los cuales podrá controlar y operar adecuadamente el equipo de bombeo del pozo, y estará preparado para actuar cuando las condiciones de operación no sean las adecuadas, logrando con esto beneficios en torno a la reducción de las fallas detectadas en este rubro, contará adicionalmente con la bitácora a través de la cual constatará la mejora en la operación del pozo, (las medidas se especifican en el diagrama del tren de descarga propuesto que se encuentra al final de este capítulo).



Figura No. 25 “Armado en campo de tren de descarga”



Figura No. 26 “Manómetro de presión de glicerina”



Figura No. 27 “Medidor de flujo tipo propela con totalizador de volumen y medición de gasto instantáneo”

4.2 INSTALACIÓN DE PROTECCIONES

La primera protección que se instalará será el relevador de sobrecarga por ser el corazón de la protección del motor, como el que muestra a continuación en la figura 28. El relevador de sobrecarga consiste en una unidad sensible a la corriente, conectada en la línea al motor, sirve para directa o indirectamente interrumpir el circuito. Como su nombre lo indica, en los relevadores de sobrecarga térmicos la operación depende de la elevación de temperatura causada por la corriente de sobrecarga la cual se genera por un esfuerzo en la bomba o casado por una mayor presión en la línea de conducción originada por un mala operación efectuado por el personal operador, ante una situación como esta se hará operar el mecanismo de disparo.

El protector de voltaje (figura 29), se instalara dentro del arrancador de esta manera protegerá la bomba desconectando la bobina del contacto y apagando el motor cuando detecte una falla en los voltajes, esto lo realizará mediante un contacto interno que se abrirá o cerrara de acuerdo a las condiciones del voltaje. Este aparato tiene programado un retardo para no desconectar el motor por fallas de corta duración que no afectan al equipo, cuando el voltaje se normaliza puede tener un retardo al reconectar el cual es ajustable.

Por último pero no menos importante, se colocará el voltímetro y el amperímetro (ver figuras 30 y 31 respectivamente) en el arrancador para que el operador pueda visualizar el amperaje y el voltaje que sean los adecuados y pueda detener el equipo en caso de que las protecciones no actúen.

De las fallas que se venían presentando, éstas se verán minimizadas pues el daño ante una sobrecarga ó una variación el voltaje serán detectadas por las protecciones y detendrán la operación en el equipo en caso de que el operario del pozo (pocero) no actuara a tiempo, estos paros quedarán registrados en la bitácora de operación del pozo, con esto se estará en posibilidad de constatar el número de veces que esto ocurra, y así se evite el daño del embobinado del motor, el tablero de control ó algún otro componente mediante estas acciones se estará en condiciones de observar que indicador esta disminuyendo y que la mejora se ve reflejada.



Figura No. 28 “Relevador térmico de sobrecarga”

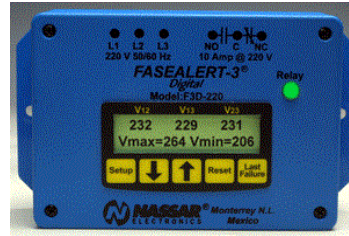


Figura No. 29 “Protector de Voltaje”



Figura No. 30 “Voltímetro para colocar en gabinete”



Figura No. 31 “Amperímetro para colocar en gabinete”

4.3 PLAN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS

Se propone tomar en consideración las anotaciones que se registran en la bitácora de operación del pozo, al respecto cabe señalar que actualmente el Comité cuenta con una bitácora, sin embargo su empleo no es el adecuado; por esta razón se consideró pertinente rediseñarla de tal forma que sea entendible para el personal del comité, con ello facilitar su uso y, en consecuencia queden plasmados los datos más importantes.

Con esta información se determinarán las horas de operación del equipo y la fecha en la que se desinstalo e instalo el equipo por última vez (realizando un mantenimiento preventivo como se muestra en las figuras 32 y 33), cumpliendo con la recomendación del fabricante que establece que se desinstale y revisen los equipos sumergibles cada 2 años o 9000 hrs. de operación continua para una revisión general en forma preventiva (ver figuras 34, 35, 36 y 37) de acuerdo a su manual de montaje y servicio²³.

²³ Bombas Centrifugas Alemanas, S.A. de C.V., MANUAL DE MONTAJE, SERVICIO Y MANTENIMIENTO.

Además se deberá dar mantenimiento preventivo al tablero de control cada 6 meses y al transformador cada año ó cada 2 años dependiendo de la operación a que sea sometido el equipo.



Figura No. 32 “Mantenimiento de Pozo (Maniobra de desinstalación e instalación de equipo de bombeo)”



Figura No. 33 “Instalación de equipo de bombeo de repuesto”



Figura No. 34 “Desarmado de motor sumergible dañado por sobrecarga”



Figura No. 35 “Embobinado de motor sumergible dañado por sobrecarga”



Figura No. 36 “Mantenimiento de bomba sumergible”



Figura No. 37 “Embobinado nuevo de motor sumergible”

4.4 CAPACITACIÓN

Otro factor importante para mejorar el funcionamiento del pozo consiste en actuar en la eficiencia del mantenimiento industrial, por lo que el comité deberá solicitar a su ó sus proveedores encargados de dar mantenimiento al pozo que capaciten a su personal operativo de forma básica en los principios que deben de seguir con relación a la metrología, en virtud de que en la operación del pozo se manejan términos importantes propios de los elementos del pozo como son voltaje, amperaje, kg/cm^2 , $\text{Its}/\text{seg.}$, además de conocer esta terminología deberá ser capaz de interpretar las lecturas que arrojen los instrumentos de medición por lo que deberá actuar con relación a cada uno ellos cuando no estén trabajando en los rangos de operación estipulados por los fabricantes y/o distribuidores.

Será obligación del comité estipular el perfil del personal que necesita integrar a su equipo de trabajo, una vez que se tenga el perfil que se necesita para los puestos operativos, deberá realizar una comparación respecto a las aptitudes y actitudes posee el personal y aquellas que será necesario desarrollar, esto con el fin de que se programe su capacitación oportunamente. Para realizar esta capacitación se recomienda contratar a una empresa especializada en la Ingeniería en materia de Agua y generar las

competencias que el puesto requiere de acuerdo a lo estipulado por la Secretaría de Educación Pública.²⁴

La capacitación podrá negociarse en algunos contratos de adquisición de equipos, esto ayudará a que se operen los equipos en forma correcta y se conserven dichos equipos en condiciones óptimas para ayudar a solicitar su garantía cuando sea conveniente.

Es necesario contar con personal capacitado para eficientar la operación y el mantenimiento que se proporcionará al equipo, ya que de esta capacitación dependerá la oportuna atención a fallas que se presenten, y se evitara tener mayores gastos en funciones de mantenimiento.

La capacitación es parte de las necesidades de motivación, por ser un medio para lograr el reconocimiento y superación profesional del personal, lo que permitirá tener un grupo operativo capaz de dar el mantenimiento básico al estar capacitado, motivado y eficiente.

4.5 EVALUACIÓN

Con el tren de descarga se reducirá la mala operación (ver en las figuras 38 y 39 un tren de descarga fuera de norma y él mismo llevado a norma respectivamente) por parte del personal operativo del Comité de Agua Potable de San Martín dado que se les brindaran instrumentos de medición que les darán certeza en la operación, al demostrarles como trabaja el equipo en condiciones normales de operación para las que fue calculado y, están preparados para decidir en caso de que ocurra alguna anomalía, si continúan operando la bomba ó detienen la operación del equipo, lo que se traducirá en menor daño a los equipos y se verá reflejado en un menor costo de mantenimiento.

Con las protecciones eléctricas se reducirá el impacto de fallas externas como variaciones de voltaje, el daño sobre el equipo de bombeo y el tablero control se disminuirá ya que un posible daño recaerá en primera instancia sobre las protecciones antes que en el equipo de bombeo.

²⁴ Programa CONOCER. Secretaría de Educación Pública.

Con el plan de mantenimiento se permitirá al comité tomar decisiones en torno a las fechas en que no se suministrará agua a la población permitiendo que tanto el comité como la población tomen previsiones, con esta medida el comité reducirá en un porcentaje considerable el número de fallas de operación por falta de un adecuado mantenimiento.

Lo anterior se reforzará al dar una eficiente capacitación al personal operativo y a los miembros del comité sobre los instrumentos de medición, su funcionamiento y la importancia de que éstos se encuentren operando para salvaguardar la integridad de las instalaciones y de ellos mismos, así mismo se les hará hincapié en la importancia de la toma lectura de los instrumentos y se les dejará claro cual es el rango de operación para cada parámetro que marcan los distintos instrumentos de medición colocados en el tren de descarga y en el tablero de control.

Es de gran importancia convencer al comité, pero sobre todo al personal operativo la impacto positivo que tiene el uso de la bitácora de operación del pozo y que anoten cada detalle que detecten y la acción llevada a cabo durante la operación ó paro del equipo, que vean a la bitácora como su aliado ya que les será de ayudar para continuar con la mejora, medir si las acciones a implementarse dan resultados y determinar las posibles áreas de oportunidad.

Al realizar lo anterior se reducirán las fallas que se venían presentando tanto las ocasionadas por la operación, la falta de mantenimiento o las causas externas lo que deberá verse traducido en menores costos económicos al permitirle al comité tomar decisiones previsoras que ayuden a la continuidad o a una reducción significativa en el tiempo que se deja de prestar el suministro del servicio de agua a la población.

4.6 RECOMENDACIONES

Buscando la mejora en el proceso operativo en el suministro de agua en San Martin es necesario continuar renovando el equipo con tecnologías que permitan una operación que garantice la conservación del equipo en optimas condiciones por un periodo de tiempo mas largo; un equipo idóneo es un variador de frecuencia ya que es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna, que corresponde al del

equipo de bombeo por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Estos variadores e frecuencia también son conocidos como drivers de frecuencia ajustable o inversores.

Estas recomendaciones ayudaran a controlar el flujo que se obtiene de la bomba y la velocidad a la que trabaja desgastando menos al equipo y prolongando más su vida útil.

Siendo un poco duros una recomendación severa sería construir un pozo desde “0” obviamente es difícil tomar esta ruta si se considera la condición económica de la población de San Martín y el costo que tiene realizar una obra de esta envergadura, para efectuar esto se recomienda que seguir a detalle lo explicado en el punto 2.1.



Figura No. 38 “Tren de Descarga fuera de norma”



Figura No. 39 “Tren de Descarga de acuerdo a norma de CONAGUA”

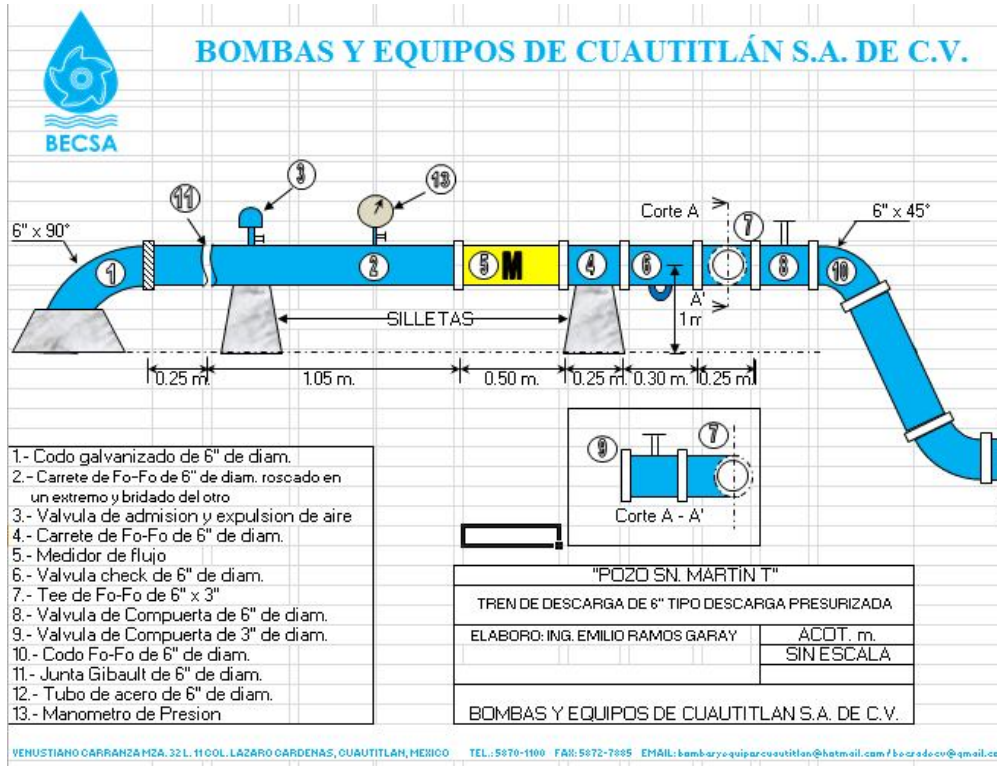


Figura No. 40 "Tren de Descarga de 6" Tipo Descarga Presurizada"

En la figura 41 se presenta el diagrama de flujo del proceso propuesto, el cual inicia con la verificación de válvulas, una vez checado el punto se procede al arranque de la bomba sumergible, verificaremos que las lecturas de operación sean correctas si es así verificamos el protector de voltaje (si no paramos equipo y regresamos al inicio) y como última actividad el paro del equipo de bombeo cuando haya trabajado durante el tiempo programado.

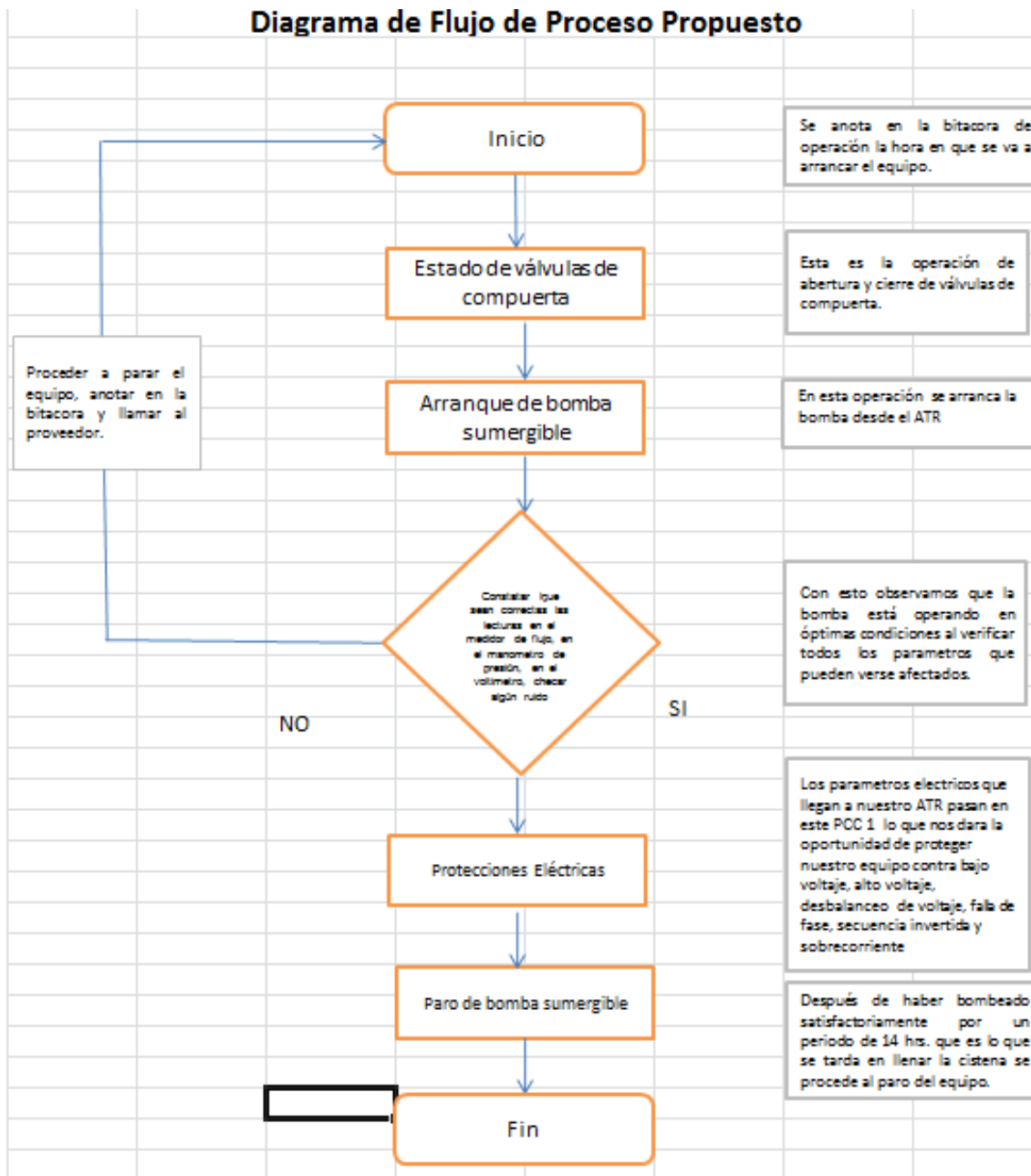


Figura No. 41 “Diagrama de Flujo de Proceso Propuesto”

**BITACORA MEJORADA DE OPERACIÓN DE POZO
COMITÉ DE AGUA POTABLE DE SAN MARTÍN**

MODELO DE BOMBA: 7WALC10			POTENCIA MOTOR: 75 H.P.			VOLTAJE DE PLACA: 220 V.			CORRIENTE DE PLACA: 194 AMPERES		
RANGO DE OPERACIÓN DE											
VOLTAJE: 200 A 240 VOLTS			MÁX CORRIENTE: 205 AMPERES			GASTO: 17 L.P.S.			PRESIÓN: 15 Kg/cm2		
FECHA	INICIO DE OPERACIÓN					PARO DE OPERACIÓN					OBSERVACIONES
	HORA	CORRIENTE	VOLTAJE	GASTO	PRESIÓN	HORA	CORRIENTE	VOLTAJE	GASTO	PRESIÓN	

Diseño propio de bitácora en base a nuestra experiencia sobre los datos más influyentes durante la operación de un pozo

CONCLUSIONES

Después de evaluar las alternativas de acción planteadas en el trabajo de investigación se optimiza la operación del pozo en el suministro de agua a la población de San Martín, mediante la adecuación del tren de descarga con la normatividad establecida por CONAGUA, contar con las protecciones de instalación, así como la programación del mantenimiento, en virtud de lo cual la hipótesis planteada se cumple.

En el desarrollo de la investigación se constata que mediante la utilización de los instrumentos de medición que se deben localizar en el tren de descarga y en el tablero de control, se permite al operario del equipo mantener un control del proceso de operación que debe efectuar para el suministro de agua a la población.

La actividad desarrollada por el operario permite efectuar mediciones que permiten contar con parámetros para evaluar y determinar con mayor facilidad en donde radica alguna falla y de manera rápida dar solución.

Las mediciones realizadas por el operario se anotan en la bitácora de operación del pozo propuesta y permitirán realizar un análisis estadístico de su funcionamiento.

Contar con un protector de voltaje reducirá los costos de reparación y permitiendo destinar los recursos a otros fines.

Cumplir con la norma en lo que se refiere a las características constructivas de los pozos profundos por parte de CONAGUA permite que los pozos estén homologados a determinadas características que son un complemento para la correcta operación del mismo.

Se da cumplimiento a la norma referente a los requisitos que se deben cubrir durante el mantenimiento del pozo.

Se demostró que es necesario mantener un control adecuado de la operación del equipo mediante la bitácora de operación y mantener un control sobre los mantenimientos

realizados a los equipos del pozo para programar el mantenimiento preventivo que permita reducir costos y el tiempo que se deja de prestar el servicio a la comunidad con un mantenimiento correctivo.

Será importante después de que se implementen estas acciones volver a evaluar con la confiabilidad probabilística la seguridad del equipo en el pozo con el fin de programar oportunamente el mantenimiento preventivo y, constatar la mejora en la operación del pozo, será necesario que el proceso quede documentado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone, Eugene A., Baumeister III, Theodore, MARKS "MANUAL DEL INGENIERO MECANICO" TOMO II, México, Mc. Graw Hill, 1997, 885 PP
2. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/i119-04Fabricacion.pdf> , 10 de Junio de 2012
3. Bombas Alemanas, S.A. de C.V., Carpeta Técnica, México, 1999, 75 PP
4. Bombas Centrifugas Alemanas, S.A. de C.V.,
5. Bombas Centrifugas Alemanas, S.A. de C.V., Catalogo Versión No. 9, México, 2009, 60 PP
6. Comisión Nacional del Agua, <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/PRINCIPAL.PDF>, 25 de Mayo de 2012.
7. Dounce Villanueva, Enrique, La Productividad en el Mantenimiento Industrial, México, CECSA, 1989.
8. Enríquez Harper, Gilberto, El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales, México, LIMUSA, 2009, 580 PP
9. Enríquez Harper, Gilberto, Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión, México, LIMUSA, 1986, 245 PP
10. Enríquez Harper, Gilberto, Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión, México, LIMUSA, 1986, 245 PP
11. Enríquez Harper, Gilberto, Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas: Basada en las normas técnicas para instalaciones eléctricas, México, LIMUSA, 1994, 471 PP

12. Fuentes Zenón, Arturo, Enfoques de Planeación: Un Sistema de Metodologías, México, Facultad de Ingeniería UNAM, 2001, 143 PP.
13. Gutiérrez Pulido, Humberto, De la Vara Salazar, Román, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, McGraw-Hill, 2004.
14. Kume, Hitoshi, Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de Calidad, Colombia, Grupo Editorial Norma, 2002, 243 PP.
15. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, México, CONAGUA, 2004, 206 PP.
16. Mataix, Claudio, Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, México, Oxford University Press, 1982, 688 PP
17. Müller de la Lama, Enrique, Cultura de Calidad de Servicio, México, Trillas, 1999, 118 PP
18. NOM-004-CNA-1996, Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.
19. NORMA Oficial Mexicana NOM-003-CONAGUA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.
20. Página de Bocasa http://www.bocasa.com.mx/caracteristicas_neumann.html , 09 de Junio de 2012.
21. Pedrollo S.P.A., Catalogo General, México, 2012, 352 PP
22. Tríptico Informativo, Bombas Verticales BNJ, S.A. de C.V., México, 2004
23. Tríptico Informativo, Luz y Fuerza del Centro, México, 1987
24. Tríptico Informativo, SIEMENS, México, 1991



MANUAL DE MONTAJE, SERVICIO Y MANTENIMIENTO

El presente manual tiene la finalidad de auxiliarlo con la revisión física del equipo así como de tomar en cuenta los puntos básicos para la instalación y puesta en marcha del equipo, los cuales se definen en los siguientes puntos:

9.1 MONTAJE

9.1.1 Verifique si el equipo no sufrió daños durante el transporte. En caso de que el equipo haya sufrido daños o el motor muestre tener fugas de agua al llenarlo, no lo instale sino de parte a la fábrica o al distribuidor.

9.1.2 Verifique que el voltaje y la frecuencia de su línea eléctrica corresponda a los datos de placa del equipo, pero no lo haga funcionar de ninguna manera fuera del pozo.

9.1.3 Quite la rejilla de la entrada de agua a la bomba y gire la flecha insertando un destornillador o una varilla corta en el primer impelente, para cerciorarse de que la misma gira libremente.

9.1.4 Quite los tapones de entrada de agua (tapón ciego) y de la salida de aire (tapón con filtro) situados en la parte intermedia del equipo y revise que el tapón de la salida del agua al pie del equipo se encuentre apretado, y apriete por si se encontrara flojo.

9.1.5 Manteniendo el equipo en posición vertical llenar con agua limpia el motor hasta que salga por la salida de aire. No utilice agua sucia ni agua destilada.

9.1.6 Siempre manteniendo el equipo en posición vertical espere por lo menos treinta minutos, haciendo girar la flecha de la bomba de vez en cuando como se indica en el punto No. 1.3.

9.1.7 Después de los treinta minutos complete el llenado de agua, enrosqué y apriete perfectamente los dos tapones y ponga la rejilla en la succión de la bomba.

9.1.8 Sin mover el equipo de la posición vertical instalarlo en el pozo de inmediato cuidando que quede un espacio de por lo menos cinco metros entre la base del equipo y el fondo del pozo. Apoyando el motor en el fondo del pozo la disipación del calor resulta deficiente. Ya que el motor eléctrico tiene chumaceras lubricadas por agua, que a su vez esta sirve para el enfriamiento del embobinado.

9.1.9 Es de vital importancia esperar por lo menos 30 minutos entre el primer llenado y el llenado adicional, ya que el aire aprisionado entre los alambres del embobinado no tiene oportunidad de escapar, formando posteriormente un cojín de aire en la parte superior del motor el cual no permite una lubricación perfecta de la chumacera superior asimismo evita el enfriamiento correcto del embobinado y la conexión con el cable sumergible lo que en poco tiempo conduce a daños y desperfectos costosos del motor.

9.1.10 Al instalar el equipo en el pozo, evite cuidadosamente que el cable submarino sea aplastado o cortado su aislamiento, que se jale que se golpee el equipo contra el ademe. Por lo que cada 3 metros debe amarrarse el cable contra la columna.

9.1.11 Las bombas de hasta 20 l/s de capacidad deben colgar con el borde superior de la válvula check por lo menos tres metros por debajo del nivel más bajo del agua, de 20 a 40 l/s, seis metros de 40 a 70 l/s diez metros y de 70 a 120 l/s 15 metros.

9.2 CONEXIÓN AL LA LÍNEA ELÉCTRICA

9.2.1 Antes de proceder a la conexión del cable sumergible al arrancador verificar por medio de un Megger (Megohmetro) que no haya cortocircuito en el cable sumergible o contacto a tierra. En caso de que haya cortocircuito, es decir, que el cable se haya dañado al instalar el equipo, este no debe conectarse antes de que se haya revisado y eliminado el desperfecto.

9.2.2 Verificar que el arrancador este en perfectas condiciones de funcionamiento, que el relevador bimetálico o de sobrecarga tenga la graduación correcta y adecuada a la

corriente que demandara el motor (no la que está marcada en la placa del equipo). Asegurase del buen funcionamiento de los elementos bimetálicos. Checa si el interruptor termo magnético es el adecuado para las condiciones de trabajo y que todos los demás componentes del tablero de control estén en orden. Recomendamos arrancadores a tensión reducida tipo auto transformador o arrancadores de estado sólido con protección de sobrecarga en las 3 fases.

9.2.3 Todas las conexiones entre el cable y el arrancador, el arrancador y el interruptor de seguridad y entre el interruptor y la línea deben efectuarse con mucho esmero, con los calibres de los cables adecuados a la corriente que se va a manejar sin reducir el calibre de los mismos al quitar el aislamiento, ajustando fuertemente los contactos en los bornes.

9.3 ARRANQUE

9.3.1 Al arrancarse el equipo debe comprobarse de inmediato el sentido de giro correcto, lo que se consigue por el siguiente procedimiento: Se arranca el equipo. Ya en marcha se verifica la cantidad de agua que sale de la tubería. Se para el equipo. Se intercambian las conexiones de dos fases del cable sumergible en los bornes del arrancador. Se arranca nuevamente y se vuelve a verificar la cantidad de agua que sale de la tubería. El sentido de giro de la bomba es el correcto y con esto la conexión del cable que de mayor caudal de agua.

Importante: No debe revisarse visualmente el sentido de giro estando el equipo fuera del agua, ya que de girar la bomba en sentido contrario, se dañara la chumacera axial del motor y el equipo fallara en poco tiempo.

9.3.2 Ya con el sentido de giro correcto comprobar si el equipo está tomando el amperaje correcto. En caso contrario debe pararse de inmediato, buscar la posible falla o fuga de corriente o ponerse en contacto con la fábrica o el distribuidor.

9.3.3 Una vez en operación el equipo y verificado el amperaje de servicio, se debe reajustar la graduación del relevador de sobrecarga o en su defecto sustituirlo por otro más adecuado al rango de operación del motor con la finalidad de que este ajustado exactamente a la corriente de trabajo y no a la nominal. Ya que por medio de este

reajuste se consigue que el equipo se desconecte automáticamente en caso de que aparezca alguna anomalía en la instalación dando así una señal de alarma y oportunidad para verificar el origen del desperfecto antes de que aparezcan daños serios. Los motores sumergibles tienen un factor de servicio de 1.15, por lo que debe tomarse en cuenta este punto al escoger el relevador de sobrecarga y apegarse a las indicaciones respectivas del catálogo del fabricante de los elementos de protección.

9.4 RECOMENDACIONES ESPECIALES

9.4.1 En caso de que el pozo tenga arena, aunque haya sido desazolado después de perforarse y así mismo, cuando no haya trabajado durante algún tiempo, recomendamos colocar una válvula de compuerta a la salida del brocal, trabajar la bomba con la válvula poco abierta hasta que esté el caudal reducido y salga totalmente limpio e ir abriendo la válvula paulatinamente mas y mas a medida que el agua vaya apareciendo más limpia, hasta obtener agua clara. Por medio de este procedimiento se evita que al comienzo entre mucha arena a la bomba y que esta se dañe o se atasque. Para pozos que tienen abrasivos, como arena, recomendamos nuestra ejecución especial en bronce con chumaceras de carburo de silicio y sello mecánico de carburo de silicio en el motor.

9.4.2 El equipo sumergible en si no requiere mantenimiento alguno, pero si los elementos de control como son arrancador, interruptor de seguridad y periféricos los cuales debe cuidarse que estén en perfecto estado y con la capacidad suficiente para soportar la demanda de amperaje del motor, el cual viene marcado en la placa del equipo. El arrancador no debe tener contactos flameados. Debe revisarse el amperaje del motor periódicamente para comprobar la marcha correcta. Asimismo debe cuidarse que el equipo tenga la sumergencia adecuada de acuerdo al punto 9.1.11.

9.4.3 En caso de que se quiera almacenar un equipo sumergible, debe avisarse a la fábrica para prepararlo adecuadamente.

9.4.4 Recomendamos desinstalar y revisar nuestros equipos sumergibles cada 2 años o 9000 hrs. de operación continua para una revisión general en forma preventiva.

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA

NORMA Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.- Comisión Nacional del Agua.

GUILLERMO GUERRERO VILLALOBOS, Director General de la Comisión Nacional del Agua, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones I, II, III, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 2o. fracción II, 3o. fracción XI, 38 fracción II, 40 fracciones I, X y XIII, 41,

43. 44, 45, 46, 47, 51, 52, 62, 63 y 64 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 9o. fracciones I, IV, XII y 12 de la Ley de Aguas Nacionales; 10 segundo párrafo y 14 fracciones XI y XV del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales y,

CONSIDERANDO

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas, el ciudadano Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua ordenó la publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, que establece los requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 12 de junio de 1996, a efecto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de noventa días naturales, contados a partir de la fecha de publicación de dicho Proyecto de Norma Oficial Mexicana, los análisis a que se refiere el citado ordenamiento legal, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del plazo referido, los interesados presentaron sus comentarios al Proyecto de Norma en cita, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, realizándose las modificaciones pertinentes, mismas que fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el día 6 de enero de 1997 por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Comisión Nacional del Agua.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, en sesión de fecha 1 de octubre de 1996, he tenido a bien expedir la siguiente:

Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

CONTENIDO

0. INTRODUCCION
1. OBJETIVO
2. CAMPO DE APLICACION
3. REFERENCIAS

4. DEFINICIONES
5. CLASIFICACION
6. ESPECIFICACIONES
7. VERIFICACION
8. RECOMENDACIONES
9. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA
10. BIBLIOGRAFIA
11. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES
12. VIGENCIA

APENDICE "A"

0. Introducción

La necesidad de obtener agua en cantidades económicamente explotables ha originado la perforación de aproximadamente 140,000 pozos distribuidos en 460 acuíferos. Cuando los pozos para extracción de agua están mal contruidos, ofrecen una vía de contaminación entre el ambiente externo y los acuíferos.

A diferencia del agua superficial, en la que puede observarse el proceso de contaminación y la localización de las fuentes contaminantes, lo que permite la remediación y depuración del recurso de manera oportuna, en el caso del agua subterránea la contaminación avanza y se efectúa sin que pueda observarse, originando que, a veces, la fuente de abastecimiento de agua tenga que abandonarse temporal o definitivamente. Los estudios para determinar la fuente y características de la contaminación, así como el proceso de remediación o descontaminación, requieren plazos de hasta varios años y originan altos costos que obligan incluso a abandonar definitivamente la fuente local de abastecimiento de agua.

La falta de cuidado en el manejo de las instalaciones que contienen líquidos y depósitos de residuos sólidos degradables cercanos a los pozos para extracción de agua, la ausencia de reglamentación relativa a la distancia a la que se puede construir un pozo para extracción de agua de la fuente de contaminación no suprimible y el diseño y construcción inadecuado de pozos, han dado como resultado la posible contaminación de las aguas subterráneas.

Con el objeto de minimizar este riesgo y establecer los requisitos mínimos durante la construcción de pozos de agua para coadyuvar a la protección de acuíferos, se hace necesario expedir la siguiente:

Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

1. Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos mínimos de construcción que se deben cumplir durante la perforación de pozos para la extracción de aguas nacionales y trabajos asociados, con objeto de evitar la contaminación de los acuíferos.

2. Campo de aplicación

Esta Norma se aplica a la construcción de pozos para la extracción de aguas nacionales destinadas a los usos agrícola, agroindustrial, doméstico, acuicultura, servicios, industrial, pecuario, público urbano y múltiples. La responsabilidad en la aplicación y cumplimiento de

la presente Norma corresponde al concesionario o asignatario que realice la construcción de pozos para la extracción de aguas nacionales.

3. Referencias

NOM-008-SCFI-1993 Sistema General de Unidades de Medida. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de octubre de 1993.

NOM-012-SCFI-1993 Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos - Medidores para agua potable fría - Especificaciones. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de octubre de 1993.

NOM-014-SSA1-1993 Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 12 de noviembre de 1993.

NOM-127-SSA1-1994 Salud Ambiental Agua para uso y consumo humano - Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 18 de enero de 1996.

4. Definiciones

Para propósitos de esta Norma, las siguientes definiciones y unidades son aplicables:

4.1 Acreditamiento: Acto mediante el cual la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial reconoce organismos nacionales de normalización, organismos de certificación, laboratorios de pruebas y de calibración y unidades de verificación, para que lleven a cabo las actividades a que se refiere la *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*.

4.2 Acuífero: Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

4.3 Ademe: Tubo generalmente metálico o de policloruro de vinilo (PVC), de diámetro y espesor definidos, liso o ranurado, cuya función es evitar el derrumbe o el colapso de las paredes del pozo que afecten la estructura integral del mismo; en su porción ranurada, permite el flujo del agua hacia los elementos mecánicos de impulsión de la bomba.

4.4 Asignatario: Dependencia u organismo descentralizado de la administración pública federal, estatal o municipal que explota, usa o aprovecha aguas nacionales mediante asignación otorgada por la Comisión Nacional del Agua.

4.5 Bentonita: Arcilla plástica que contiene principalmente sílice coloidal, caracterizada por la propiedad de aumentar varias veces su volumen al ponerse en contacto con el agua.

4.6 Brocal: Base de concreto perimetral al ademe del pozo, colocada en el extremo superior del mismo para soportar al cabezal de descarga.

4.7 Campo de percolación: Área preparada para verter agua que se empleará para la recarga artificial de acuíferos, ya sea por inundación directa o en forma de riego.

4.8 Concesionario: Persona física o moral que explote, use o aproveche aguas nacionales mediante concesión otorgada por la Comisión Nacional del Agua.

4.9 Contraademe: Tubería, generalmente de acero, utilizada en la ampliación de la parte superior de un pozo, cuya función es evitar derrumbes, entradas de aguas superficiales e infiltraciones que contaminen al acuífero.

4.10 Degradación: Cambio o modificación de las propiedades físicas y químicas de un elemento, por efecto de un fenómeno o de un agente extraño.

- 4.11 Depósito de jales:** Sitio donde se depositan residuos generados en las operaciones primarias de separación y concentración de minerales.
- 4.12 Desarrollo del pozo:** Conjunto de actividades tendentes a restituir e incrementar la porosidad y permeabilidad del filtro granular y la formación acuífera adyacente al pozo.
- 4.13 Desinfectante:** Sustancia o proceso que destruye o impide la reproducción de microorganismos infecciosos, tales como las bacterias y los enterovirus.
- 4.14 Filtro granular:** Material redondeado de origen natural, exento de materia orgánica o cualquier sustancia que altere o modifique sus propiedades físicas y químicas naturales, cuyo tamaño se selecciona en función de las características del acuífero; se coloca entre el ademe y el contraademe o pared de la unidad geológica horadada y su función principal es la de evitar la entrada de material fino al interior del pozo.
- 4.15 Fluido de perforación:** Agua, agua con bentonita, aire, aire con espumantes, o lodos orgánicos, empleados en las labores de perforación rotatoria de pozos, para remover el recorte del fondo, enfriar y limpiar la barrena, mantener estables las paredes y reducir la fricción entre las paredes del pozo y la herramienta de perforación.
- 4.16 Fuente contaminante:** Conjunto de elementos que generan productos que alteran, en forma negativa, las propiedades físico-químicas y/o biológicas del agua.
- 4.17 La Comisión:** Comisión Nacional del Agua, órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- 4.18 Lecho de absorción:** Obra de superficie para la recarga artificial de acuíferos, que consiste en adecuaciones del cauce de un río para mantener o aumentar su capacidad de infiltración.
- 4.19 Material consolidado:** Agregado natural de fragmentos de roca unidos unos con otros directamente, o con ayuda de un cementante (material precipitado químicamente) o con matriz (material terrígeno).
- 4.20 Material no consolidado:** Agregado natural de partículas poco cohesivas, no cementadas entre sí.
- 4.21 Nivel freático:** Nivel superior de la zona saturada, en el cual el agua, contenida en los poros, se encuentra sometida a la presión atmosférica.
- 4.22 Perforista:** Persona física o moral con quien el concesionario o asignatario ha convenido la perforación.
- 4.23 Permeabilidad:** Capacidad de un material para transmitir un fluido.
- 4.24 Plantilla:** Losa de concreto perimetral al brocal para protección superficial del pozo.
- 4.25 Pozo:** Obra de ingeniería, en la que se utilizan maquinarias y herramientas mecánicas para su construcción, para permitir extraer agua del subsuelo.
- 4.26 Pozo de absorción:** Obra de ingeniería diseñada especialmente para infiltrar agua de lluvia al subsuelo, constituida por una captación o alcantarilla, una caja desarenadora y una caja de infiltración; esta última funciona como pozo o puede derivar sus excedentes a uno. En este tipo de pozos no se controla la calidad del agua, ya que ésta es infiltrada en la zona no saturada en la que se espera se obtenga una depuración adicional antes de llegar al acuífero.
- 4.27 Pozo de infiltración o inyección:** Obra de ingeniería que permite la recarga artificial

del acuífero.

4.28 Rejilla; cedazo: Ademe con aberturas de forma, tamaño y espaciamiento diseñados en función de las características granulométricas del acuífero, que permite el paso del agua al interior del pozo.

4.29 Relleno sanitario: Sitio para el confinamiento controlado de residuos sólidos municipales.

4.30 Unidad de verificación: Personas físicas o morales que hayan sido acreditadas para realizar actos de verificación por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, en coordinación con las dependencias competentes.

4.31 Uso agrícola: La utilización de agua nacional, destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

4.32 Uso agroindustrial: La utilización de agua nacional, para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas y pecuarios.

4.33 Uso doméstico: Utilización del agua nacional, destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de sus árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de sus animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa.

4.34 Uso en acuicultura: La utilización de agua nacional, destinada al cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas.

4.35 Uso industrial: La utilización de agua nacional en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como la que se utiliza en parques industriales, en calderas, en dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de substancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación.

4.36 Uso pecuario: La utilización de agua nacional para la actividad consistente en la cría y engorda de ganado, aves de corral y animales, y su preparación para la primera enajenación, siempre que no comprendan la transformación industrial.

4.37 Uso público urbano: La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, a través de la red municipal.

4.38 Uso en servicios: La utilización de agua nacional para servicios distintos a los señalados en las fracciones 4.31 a 4.39 de esta Norma.

4.39 Usos múltiples: La utilización de agua nacional aprovechada en más de uno de los usos definidos en párrafos anteriores, salvo el uso para conservación ecológica, el cual está implícito en todos los aprovechamientos.

4.40 Verificación: Constatación ocular o comprobación mediante muestreo y análisis de laboratorio acreditado, del cumplimiento de las normas.

5. Clasificación: Para propósitos de esta Norma, los pozos se pueden clasificar, en cuanto a su uso, en agrícola, agroindustrial, doméstico, en acuicultura, en servicios, industrial, pecuario, público urbano y múltiples.

6. Especificaciones

6.1 Materiales usados en la construcción de pozos

Las piezas y sustancias utilizadas en la construcción de pozos deben ser de calidad comercial.

6.2 Área restringida de emplazamiento del pozo

El área de protección entre el sitio seleccionado para construir un pozo y las fuentes potenciales de contaminación existentes que no pueden ser suprimidas, tendrá un radio mínimo de 30 m con respecto al pozo.

Las fuentes de contaminación son las siguientes (esta lista no es limitativa, sino que depende de lo que, para situaciones y condiciones particulares, la Comisión considere necesarias):

- Alcantarillado sanitario
- Campos de percolación
- Canales de aguas residuales
- Cloacas
- Depósitos de jales
- Fosas sépticas
- Gasolineras y depósitos de hidrocarburos
- Lechos de absorción
- Letrinas
- Pozos abandonados no sellados
- Pozos de absorción
- Puntos de descarga de aguas residuales de uso industrial
- Rellenos sanitarios
- Ríos y cauces con aguas residuales provenientes de los usos definidos en los puntos 4.31 a 4.39
- Rastros y establos

El radio mínimo podrá ser modificado por la Comisión o por la autoridad local competente, a través de la disposición legal o reglamentaria aplicable, con base en un estudio específico del sitio que considere la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación y la extensión de su área de influencia, para diferentes tiempos. Cuando no sea posible cumplir el radio mínimo especificado en la presente Norma o en la disposición local reglamentaria, el concesionario o asignatario deberá presentar a la Comisión el diseño que propone, para evitar la contaminación del acuífero, basado en estudios hidrogeológicos.

6.3 Desinfección de la herramienta en la etapa de perforación del pozo

La herramienta y la tubería de perforación se deben desinfectar antes de iniciar los trabajos de perforación. Previo a la desinfección, es necesario remover las grasas, aceites y otras sustancias adheridas a las herramientas.

6.4 Preparación y disposición adecuada de los fluidos de perforación

En la perforación de pozos con fluidos, cuya base principal sea el agua y la bentonita, éstos no deben contener ninguna sustancia que degrade las características químicas del agua subterránea.

6.4.1 Preparación de los fluidos

El agua utilizada en la preparación del fluido de perforación debe tener características físico-químicas tales que no inhiban las propiedades del fluido y no degraden al agua del subsuelo. Debe estar libre de organismos patógenos y poseer un pH entre 6 y 10.

Bajo ninguna circunstancia se debe permitir el uso de aguas residuales.

6.4.2 Protección de acuíferos por pérdida de circulación

No se deben añadir al fluido de perforación materiales que puedan contaminar o reducir las propiedades hidráulicas del acuífero.

6.4.3 Disposición de los residuos

Concluidos los trabajos de construcción del pozo, el perforista debe retirar los residuos de lodo y materiales de construcción del área de trabajo, de acuerdo a la reglamentación federal o estatal.

Los residuos se podrán esparcir en sitios cercanos, previa autorización de los propietarios de los terrenos. En todo caso se deberá realizar una limpieza del área de trabajo con el fin de restaurar el sitio a sus condiciones originales.

6.5 Protección superficial e interna de la estructura del pozo

Todos los aprovechamientos hidráulicos subterráneos deben contar con protección sanitaria. De acuerdo con la estructura del pozo, el espacio anular entre las paredes de la formación y el ademe, así como la terminal superior del pozo, son las áreas que presentan mayor riesgo de contaminación.

6.5.1 Ademe para protección del pozo

6.5.1.1 Sobreelevación del ademe por encima del nivel del suelo

El extremo superior del ademe debe sobresalir cuando menos 0.50 m por encima del nivel del terreno natural o sobreelevado.

6.5.1.2 Cedazo o rejilla

El material del cedazo o rejilla y sus elementos de unión (soldadura o pegamento) deben ser de calidad comercial y uniforme.

6.5.1.3 Filtro granular

En caso de que sea necesario el uso de filtro granular, éste debe estar conformado por partículas inertes redondeadas, de origen natural; asimismo, no deberá tener un porcentaje mayor del 5% de material carbonatado. En ningún caso se deben utilizar filtros de material triturado.

6.5.2 Contraademe

El contraademe debe tener la longitud necesaria para evitar la infiltración de agua superficial o agua contaminada, contenida en el subsuelo, hacia el interior del pozo. El contraademe debe tener una longitud mínima de seis metros y debe sobresalir 0.20 m del nivel del terreno natural o sobreelevado, o bien 0.50 m, dependiendo del diseño del pozo (ver figuras ilustrativas 1 y 2). El espacio anular entre el contraademe y la formación adyacente será rellenado por completo con una lechada de cemento normal.

En el caso de que se perforen pozos donde existan acuíferos con agua de diferente calidad, el concesionario o asignatario deberá presentar a la Comisión el diseño del pozo

para evitar la mezcla del agua de ellos por efecto del pozo, y que pueda causar la degradación de la calidad del agua de alguno de los acuíferos.

6.5.3 Sobreelevación y protección del área de emplazamiento del pozo

6.5.3.1 Tipo y dimensiones del brocal

Cuando el diseño del pozo sea como se presenta en la figura ilustrativa 1, la forma exterior del brocal será la de un prisma cuadrangular, cuyos lados tendrán una longitud igual al diámetro total superficial de la perforación, con una altura de 0.50 m a partir del nivel del terreno natural o sobreelevado. En el momento de la construcción del brocal, se deben colocar dos tubos para la colocación del filtro granular.

Cuando el diseño del pozo sea como el presentado en la figura ilustrativa 2, el contraademe debe tener la misma altura que el ademe, sin que sea necesario poner tubos engravadores, ya que el espacio anular sólo lleva una tapa removible.

En ambos casos, la plantilla y la parte superficial de la cementación del contraademe, deben formar estructuralmente un solo cuerpo.

Cuando el pozo esté emplazado en unidades de material consolidado, el ademe debe estar ahogado en el brocal. Cuando el pozo esté perforado en material no consolidado, se debe dejar un espacio anular mínimo de 0.0063 m entre el brocal y el ademe.

Cuando el concesionario o asignatario, y sólo por razones técnicas, considere otro diseño de brocal, deberá presentarlo a la Comisión para su aprobación.

6.5.3.2 Plantilla

La superficie de la plantilla alrededor del pozo debe construirse con una pendiente del 2% (dos por ciento), de tal modo que el agua u otro fluido que escurra se aleje del pozo en todas las direcciones.

La forma exterior de la losa será cuadrada, y debe tener una longitud mínima por lado de 3 (tres) veces el diámetro total de la perforación. El espesor total de la losa será de 0.15 m, de los cuales los 0.05 m inferiores estarán por debajo del nivel del terreno natural o sobreelevado, previo desplante y apisonamiento de este último (véase figura 1).

En caso de existir evidencia de inundaciones en el área, la plantilla debe estar sobreelevada. Para ello, el usuario debe considerar el nivel de la máxima inundación registrada en los últimos 30 años, la orientación geográfica y la elevación topográfica del sitio de emplazamiento del pozo.

6.5.4 Tipo y dimensiones de la protección del pozo

En pozos de uso público urbano se debe contar, además de la cerca de malla ciclónica, con una caseta para garantizar la protección y buen funcionamiento del pozo. En caso de que sea necesario construir casetas subterráneas, éstas deben tener un drenaje adecuado o, en su defecto, contar con una estación de bombeo para desalojar el agua. En pozos de uso industrial ubicados dentro de instalaciones industriales cerradas, el concesionario o asignatario deberá garantizar la adecuada protección superficial del pozo.

En los demás usos definidos en la presente Norma, los pozos deben contar con una cerca perimetral de protección de malla ciclónica de al menos 3 x 3 m en planta. En caso de que las características y el espacio del terreno lo permitan, podrán construirse obras civiles complementarias.

6.6 Desinfección del pozo

La desinfección del pozo debe ser realizada durante la etapa de desarrollo del mismo, antes de que el equipo permanente haya sido instalado, el cual debe también ser desinfectado.

Para ello, deberá aplicarse el desinfectante necesario para que la concentración de cloro en el agua contenida en el pozo sea de 200 mg/L como mínimo. El agua en el pozo deberá tratarse con cloro, tabletas de hipoclorito de calcio, solución de hipoclorito de sodio o cualquier otro desinfectante de efecto similar, con la concentración apropiada y aprobada por la Secretaría de Salud.

Después de que el desinfectante haya sido aplicado, se agitará el agua del pozo para lograr una buena mezcla y se inducirá el contacto de la mezcla agua-desinfectante con las paredes del ademe, rejilla, filtro y formación del acuífero.

Posteriormente, se debe circular la mezcla dentro del ademe con la columna de bombeo, y luego extraerla mediante bombeo. Después de que el pozo haya sido desinfectado, debe ser bombeado hasta que no se detecten residuos del desinfectante utilizado.

6.7 Dispositivos de medición y monitoreo

6.7.1 Medidor de volúmenes

Con el objeto de disponer de un medio seguro para conocer los caudales de extracción del pozo, es indispensable la instalación de un dispositivo de medición compatible con los volúmenes proyectados de extracción. Para uso público urbano, el medidor debe cumplir con los requisitos estipulados en la Norma Oficial Mexicana de medidores de agua NOM-012-SCFI o usar dispositivos similares que cumplan con las normas vigentes.

6.7.2 Toma lateral

Se requiere instalar un dispositivo lateral en la tubería principal de descarga para el muestreo del agua.

6.7.3 Medición de niveles

También se requiere la instalación de un dispositivo que permita medir la profundidad del nivel del agua en el pozo.

6.8 Documentos requeridos para la aprobación de operación del pozo

Para aprobar la operación del pozo por parte de la Comisión, es necesario que el concesionario o asignatario entregue los siguientes documentos:

a. Croquis de localización del pozo, indicando las posibles fuentes de contaminación

b. Registro eléctrico del pozo, integrado por:

Curvas de resistividad (normal corta, normal larga y lateral)

Curva de potencial espontáneo (S.P.)

c. Registro estratigráfico (corte litológico)

d. Diseño final del pozo

e. Requisitos y memoria de cálculo y resultado del aforo

f. Análisis físico-químico del agua que incluya determinación del pH, conductividad eléctrica, sulfatos, nitratos, cloruros, dureza total, calcio, sodio, potasio y sólidos disueltos totales.

7. Verificación

La verificación de las especificaciones indicadas en el inciso 6 se realizará en forma periódica, aleatoriamente o cuando la Comisión lo estime necesario, utilizando los métodos de muestreo estadístico establecidos en las normas oficiales mexicanas, y considerando las especificaciones que en el momento de la visita sea posible verificar. Dicha verificación podrá ser realizada por personal de la Comisión o por unidades de verificación acreditadas para tal efecto.

7.1 Desinfección del pozo (especificación del inciso 6.6)

El método de muestreo se realizará conforme a la Norma NOM-014-SSA1 y los límites utilizados para verificar la desinfección del pozo serán de acuerdo a la Norma NOM-127-SSA1 en cuanto a los parámetros bacteriológicos.

7.2 Disposición de los residuos (especificación del inciso 6.4.3)

La disposición de los lodos de perforación y otros residuos, se verificará visualmente tanto en el sitio del pozo como en el de la disposición final.

7.3 Especificaciones de la distancia mínima a las fuentes contaminantes; dimensiones del ademe, contraademe, plantilla y dispositivo de medición (especificaciones de los apartados 6.2, 6.5 y 6.7) La verificación de las especificaciones de las dimensiones será hecha *in situ*, con los instrumentos de medición pertinentes y con una tolerancia de +10%.

7.4 Especificaciones restantes

Las restantes especificaciones se verificarán visualmente y mediante la lectura del registro en la bitácora de perforación.

7.5 Informe de las verificaciones

El informe de las verificaciones efectuadas debe incluir lo siguiente:

- Identificación completa del pozo, con una fotografía del sitio
- Resultados obtenidos de las verificaciones
- Nombre y firma del responsable de las verificaciones
- Fecha de ejecución de las verificaciones.

8. Recomendaciones

Para los procesos constructivos, desarrollo, aforo y desinfección, se pueden consultar los libros de Perforación de Pozos y Rehabilitación de Pozos del “Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento”, editado por la Comisión Nacional del Agua, mismo que se pone a disposición del público para poder ser consultado en las oficinas de dicho órgano administrativo desconcentrado, ubicadas en cerrada de Sánchez Azcona número 1723, piso 7, colonia Del Valle, 03100, México, D. F.

9. Observancia de esta Norma

La Comisión Nacional del Agua será la encargada de vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, quien promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones.

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*, la *Ley de Aguas Nacionales* y su *Reglamento*, y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

10. **Bibliografía**

ANSI/AWWA C654-87, *Norma de la AWWA para Desinfección de Pozos* (traducción de la CNA).

ANSI/AWWA A100-90, *Standard for Water Wells*.

AWWA, *Groundwater*, 1989.

Foster, S. S., Gale, I. N. y Spanhol, I. H., *Effects of Wastewater Recharge on Aquifer Water Quality*, informe No. 2 del libro *Impact of Wastewater Use and Disposal on Groundwater*.

Campbell, M. and Lehr, J., *Well Cementing*, *Water Well Journal*, July 1975.

Chapman, S.L., *The Foreman Story: Idaho Department of Water Administration Closes Flowing Artesian Well*, *Water Well Journal*, October 1972.

Jones, Elmer E., *Well Construction Helps Determine Water Quality*, *Journal of Environmental Health*, Vol. No. 5, 1973.

Dunbar, D., Tuchfeld, H., Siegel, R. y Sterbentz, R., *Groundwater Quality Anomalies Encountered During Well Construction*, publicado en *Groundwater Monitoring Review*, Vol. 5 No. 3, 1985.

Gass, T.E., *The Impact of Abandoned Wells on Ground Water Quality*, *Water Well Journal*, March 1981.

Johnson Division, UOP Inc., *El Agua Subterránea y los Pozos*, 1975.

Johnson, R.C. Jr., Kurt C.E. y Dunham, G.F. Jr., *Well Grouting and Casing Temperature Increases*, *Ground Water* 17:3, 1980.

Keech, D.K., *Plugging Abandoned Wells*, *Ground Water Age*, January 1973.

Kurt, C.E. y Johnson, R.C. Jr., *Permeability of Grout Seals Surrounding Thermoplastic Well Casing*, *Ground Water* 20:4, 1982.

McElhiney, W.A., *Cementing Small Wells*, *Water Well Journal*, January-February 1955.

McGinty, J.E. y Calvert, D.G., *Cementing Off, Plugging and Redrilling*, *Water Well Journal*, July 1975.

Moehrl, K.H., *Well Grouting and Well Protection*, *Journal American Water Works Association*, April 1964.

Roscoe Moss Company, *Handbook of Groundwater Development*. John, Wiley and Sons, 1989.

SARH, *Seminario de Capacitación sobre Construcción, Equipamiento, Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos*, preparado por la Subsecretaría de Agricultura y Operación, 1980.

US-EPA, *Manual of Water Well Construction Practices*, Office of Water Supply, EANIDAR FORM-570/9-75-001.

Water Well Journal, *Sealing Abandoned Water Wells*, April 1973.

Water Well Journal, *Abandoned Wells: A Problem with a Solution*, October 1975.

11. **Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales**

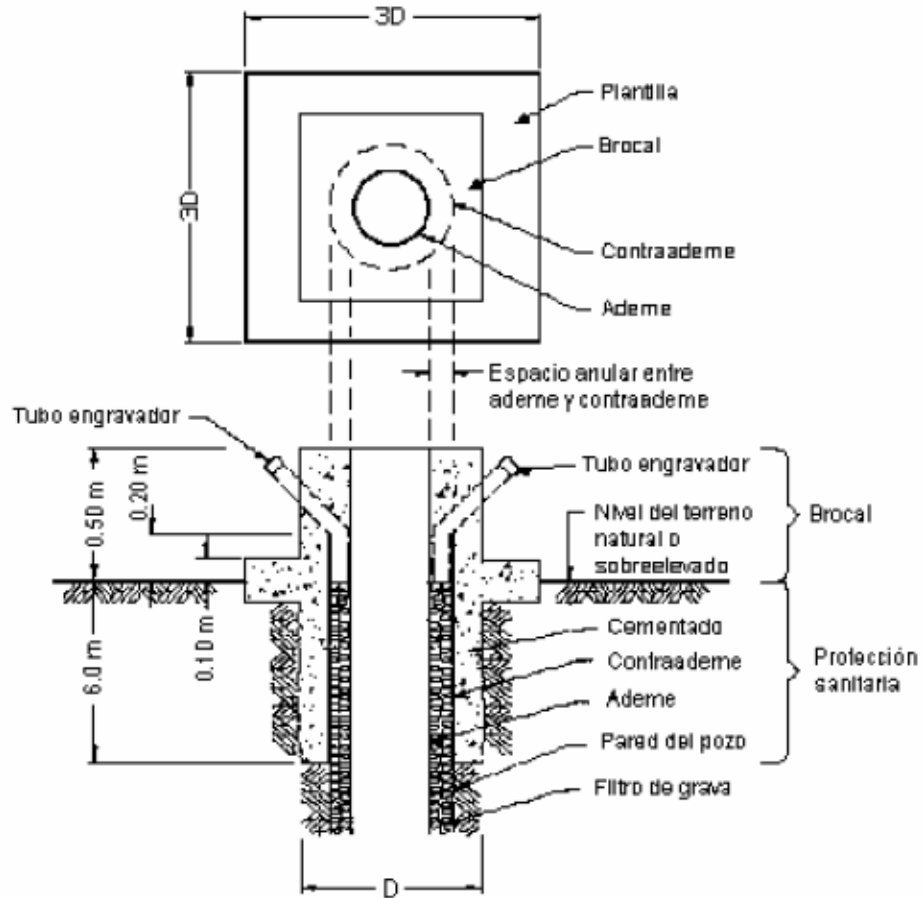
Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda totalmente con ninguna norma internacional, por no existir referencia en el momento de su expedición.

12. **Vigencia**

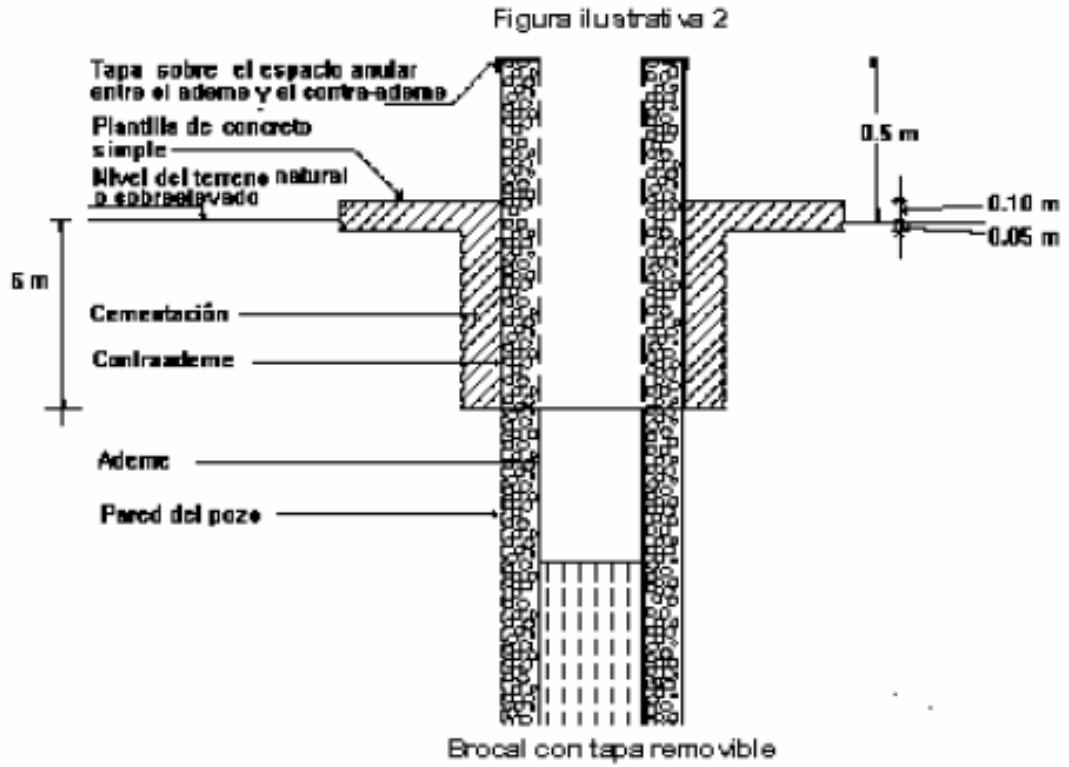
La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 90 días naturales siguientes a su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**. Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, el siete de enero de mil novecientos noventa y siete.- El Director General de la Comisión Nacional del Agua, **Guillermo Guerrero Villalobos**.- Rúbrica.

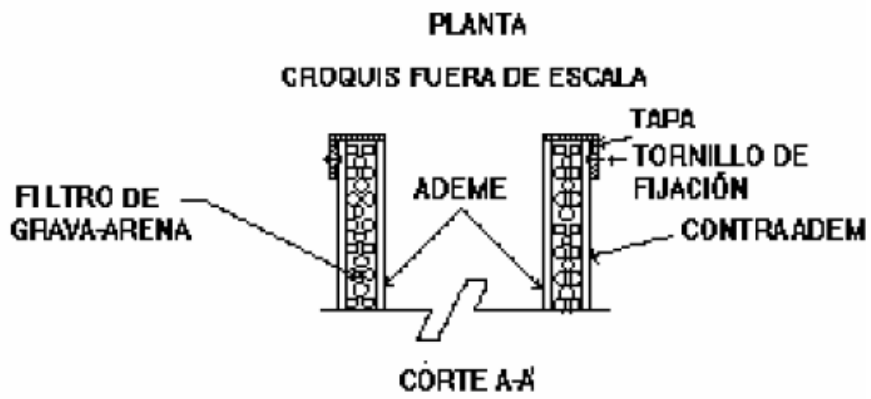
(Primera Sección) DIARIO OFICIAL Lunes 3 de febrero de 1997

APENDICE "A"
Figura ilustrativa 1



Brocal con ademe y contraademe embebido en concreto





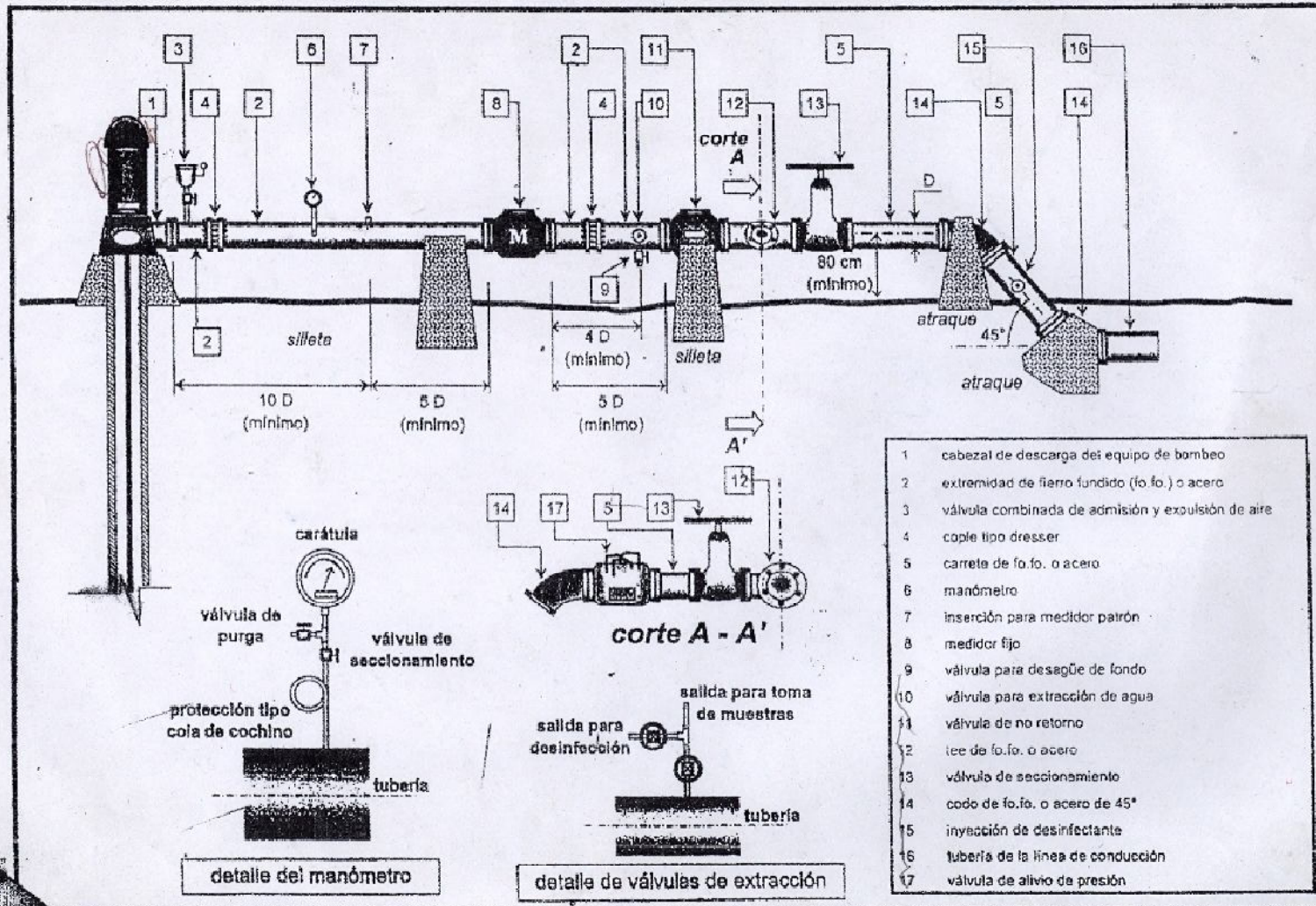
Detalle de la tapa sobre el espacio anular del filtro



TREN DE DESCARGA TIPO PARA POZO PROFUNDO

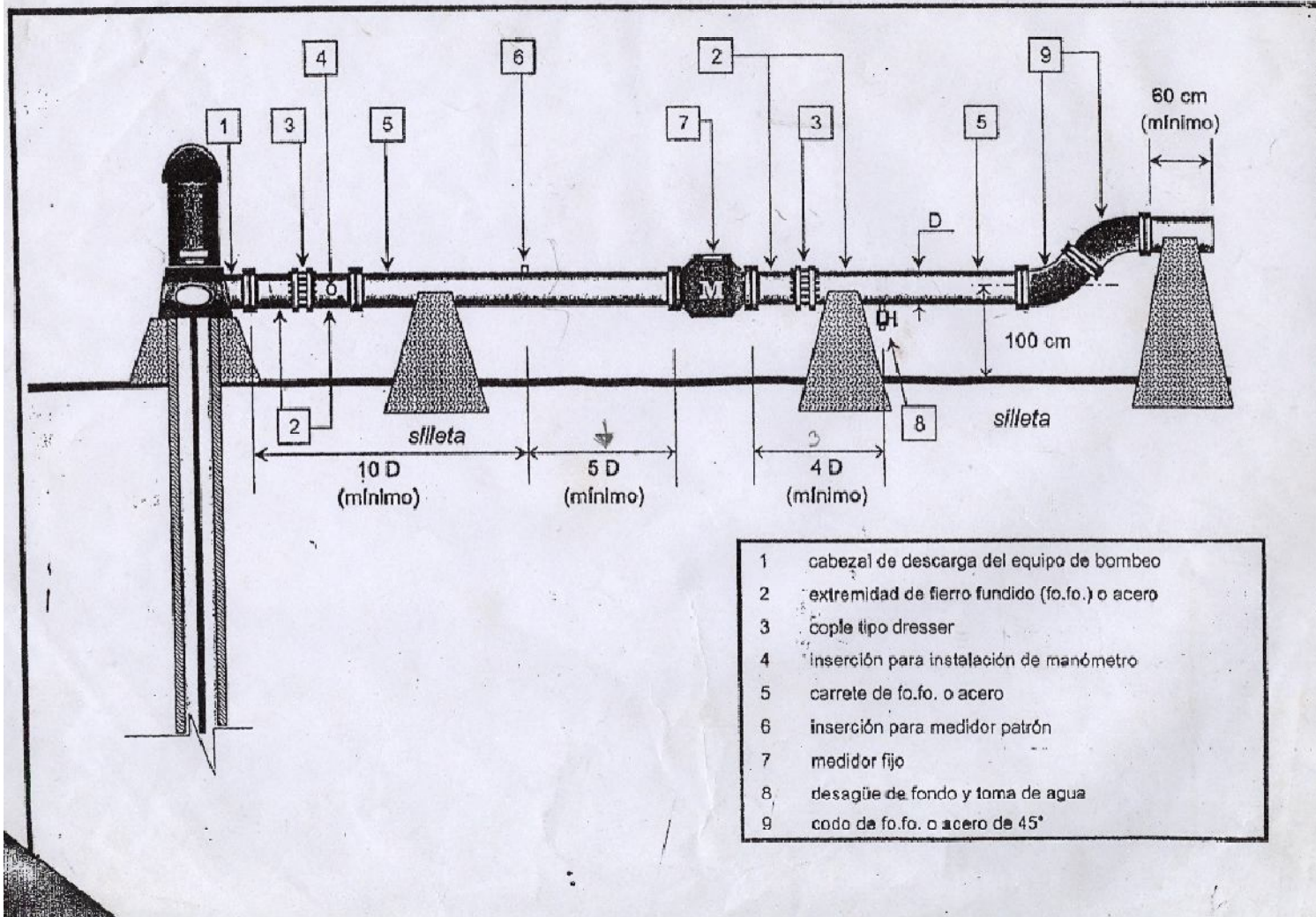
I. DESCARGA PRESURIZADA

WORLD CINA



TREN DE DESCARGA TIPO PARA POZO PROFUNDO

II. DESCARGA LIBRE



SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA

NORMA Oficial Mexicana NOM-004-CNA-1996, Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.- Comisión Nacional del Agua.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-CNA-1996, "REQUISITOS PARA LA PROTECCION DE ACUIFEROS DURANTE EL MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE POZOS DE EXTRACCION DE AGUA Y PARA EL CIERRE DE POZOS EN GENERAL".

GUILLERMO GUERRERO VILLALOBOS, Director General de la Comisión Nacional del Agua, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones I, II, III, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 2o. fracción II, 3o. fracción XI, 38 fracción II, 40 fracciones I, X y XIII, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 62, 63 y 64 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 9o. fracciones I, IV, XII y 12 de la Ley de Aguas Nacionales; 10 segundo párrafo y 14 fracciones XI y XV del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, y

CONSIDERANDO

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua ordenó la publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-004-CNA-1996, que establece los requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 9 de octubre de 1996, a efecto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de noventa días naturales, contado a partir de la fecha de publicación de dicho Proyecto de Norma Oficial Mexicana, los análisis a que se refiere el citado ordenamiento legal, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del plazo referido, los interesados presentaron sus comentarios al Proyecto de Norma en cita, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, realizándose las modificaciones pertinentes, mismas que fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el día 24 de julio 1997 por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Comisión Nacional del Agua.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, en sesión de fecha 9 de abril de 1997, he tenido a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-CNA-1996, "REQUISITOS PARA LA PROTECCION DE ACUIFEROS DURANTE EL MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE POZOS DE EXTRACCION DE AGUA Y PARA EL CIERRE DE POZOS EN GENERAL".

CONTENIDO

0. INTRODUCCION
1. OBJETIVO
2. CAMPO DE APLICACION
3. REFERENCIAS
4. DEFINICIONES
5. CLASIFICACION

6. ESPECIFICACIONES
7. VERIFICACION
8. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA
9. BIBLIOGRAFIA
10. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES
11. RECOMENDACIONES
12. VIGENCIA

0. Introducción

La necesidad de obtener agua en cantidades económicamente explotables ha originado la perforación de aproximadamente 140 000 pozos. En un futuro próximo muchos de estos pozos requerirán de mantenimiento y rehabilitación y, en otros casos, al terminar su vida útil, serán clausurados o simplemente abandonados.

Los pozos para extracción de agua son un conducto de comunicación entre el medio ambiente exterior y los acuíferos; el uso o manejo inadecuado de estas instalaciones puede provocar la contaminación de dichos acuíferos.

Para minimizar este riesgo se elaboró la presente Norma, en la cual se establecen los requisitos que se deben cumplir en cuanto a mantenimiento, rehabilitación y cierre de pozos.

1. Objetivo

Proteger la calidad del agua en los acuíferos durante los trabajos de mantenimiento, rehabilitación y cierre de pozos, sea en forma temporal o definitiva.

2. Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable a todos los pozos de exploración, monitoreo o producción que penetren total o parcialmente un acuífero, y que sean destinados a alguno de los usos de extracción de agua clasificados en esta Norma, así como a aquellos que fueron perforados para otros usos, y que han quedado abandonados. Su cumplimiento es exigible a los concesionarios y asignatarios de pozos de extracción de agua y a los dueños de pozos para otros usos, y es independiente del trámite para la concesión o asignación del volumen de aguas nacionales.

3. Referencias

NOM-003-CNA-1996 Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 3 de febrero de 1997.

NOM-014-SSA1-1993 Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 12 de agosto de 1994.

NOM-006-ENER-1995 Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación - Límites y método de prueba. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 9 de noviembre de 1995.

Las normas enunciadas podrán consultarse en el domicilio del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, sito en la calle de J. Sánchez Azcona número 1723, piso 7, colonia Del Valle, Delegación Benito Juárez, código postal 03100, México, D.F.

4. Definiciones

4.1 Acreditamiento: Acto mediante el cual la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial reconoce organismos nacionales de normalización, organismos de certificación, laboratorios de pruebas y de calibración y unidades de verificación, para que lleven a cabo las actividades a que se refiere la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

4.2 Acuífero: Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas

subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

4.3 Acuífero conocido: Cualquier formación geológica por la cual circulan o se almacenan aguas subterráneas que estén en uso o aprovechamiento de acuerdo a los incisos 4.26 a 4.35, o bien, que figure en informes oficiales; además, deberá tener una transmisividad mínima de $0,3 \times 10^{-3}$ m²/s y menos de 2 500 mg/L de sólidos disueltos totales.

4.4 Ademe: Tubo generalmente metálico o de policloruro de vinilo (PVC), de diámetro y espesor definidos, liso o ranurado, cuya función es evitar el derrumbe o el colapso de las paredes del pozo que afecten la estructura integral del mismo; en su porción ranurada, permite el flujo del agua hacia los elementos mecánicos de impulsión de la bomba.

4.5 Asignatario: Dependencia y organismo descentralizado de la administración pública federal, estatal o municipal que explota, usa o aprovecha aguas nacionales mediante asignación otorgada por la Comisión Nacional del Agua.

4.6 Cierre de pozos: Conjunto de trabajos que se ejecutan para clausurar pozos, ya sea de manera temporal o definitiva. Su finalidad es evitar la contaminación del agua subterránea, eliminar el riesgo físico, preservar el rendimiento del acuífero y evitar posibles contaminaciones entre acuíferos.

4.7 Concesionario: Persona física o moral que explota, usa o aprovecha aguas nacionales mediante concesión otorgada por la Comisión Nacional del Agua.

4.8 Contra ademe: Tubería, generalmente de acero, utilizada en la ampliación de la parte superior de un pozo, cuya función es evitar derrumbes y entradas de aguas superficiales e infiltraciones que contaminen al acuífero.

4.9 Desinfectante: Sustancia o proceso que destruye o impide la reproducción de microorganismos infecciosos tales como las bacterias y los enterovirus.

4.10 Drenes horizontales: Conductos horizontales que sirven para interceptar y coleccionar agua subterránea, donde ésta fluye por gravedad.

4.11 Filtro granular: Material redondeado de origen natural, exento de materia orgánica o cualquier sustancia que altere o modifique sus propiedades físicas y químicas naturales, cuyo tamaño se selecciona en función de las características del acuífero; se coloca entre el ademe y el contra ademe o pared de la unidad geológica horadada, siendo su función principal la de evitar la entrada de material fino al interior del pozo.

4.12 La Comisión: La Comisión Nacional del Agua, órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

4.13 Mantenimiento de pozos: Conjunto de actividades cuyo objetivo es mantener la eficiencia de la captación dentro de un intervalo aceptable y que prolongue la vida útil de los pozos.

4.14 Noria: Aprovechamiento de gran diámetro y poca profundidad que se utiliza para extraer agua subterránea.

4.15 Pozo abandonado: Cualquier perforación que penetra total o parcialmente un acuífero y que, debido a la inconveniencia económica, física o técnica para su operación o rehabilitación, ha quedado fuera de servicio.

4.16 Pozo con puntero: Pozos cuyo ademe es hincado; el primer tramo colocado termina en punta y regularmente sustituye al tapón de fondo. Se hinca a través de materiales no consolidados.

4.17 Pozo de infiltración o inyección: Obra de ingeniería que permite la recarga artificial del acuífero.

4.18 Pozo para extracción de agua: Obra de ingeniería en la que se utilizan maquinarias y herramientas mecánicas para su construcción y que permite extraer agua del

subsuelo.

4.19 Pozo para otros usos diferentes a la extracción de agua: Cualquier perforación que penetra total o parcialmente un acuífero que se esté explotando o que se reserve para uso futuro.

4.20 Rehabilitación de pozos: Conjunto de trabajos que se ejecutan en un pozo, sin incrementar la profundidad, encaminados a corregir deficiencias en el funcionamiento del mismo y cuya finalidad es mejorar el caudal de explotación respecto a la condición inicial que se registraba antes de los trabajos, prolongar su vida útil, mejorar la calidad del agua o la combinación de estos objetivos en un caso ideal.

4.21 Rejilla; cedazo: Ademe con aberturas de forma, tamaño y espaciamiento diseñados en función de las características granulométricas del acuífero, para permitir el paso del agua al interior del pozo.

4.22 Reposición de pozos para extracción de agua: En esta Norma se entenderá como la construcción de un pozo nuevo, cuando un diagnóstico técnico aconseje el cierre del existente.

4.23 Sellado de pozos: Son los trabajos realizados en el pozo, tendentes a restituir las condiciones del terreno natural.

4.24 Transmisividad: Caudal que se filtra por el área dada por el espesor total del acuífero y un ancho unitario, bajo un gradiente unitario a temperatura de 20°C.

4.25 Unidad de verificación: Personas físicas o morales que hayan sido acreditadas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial para realizar actos de verificación en coordinación con las dependencias competentes.

4.26 Uso agrícola: La utilización de agua nacional destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

4.27 Uso agroindustrial: La utilización de agua nacional para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas y pecuarios.

4.28 Uso doméstico: Utilización del agua nacional destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de sus árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de sus animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa.

4.29 Uso en acuicultura: La utilización de agua nacional destinada al cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas.

4.30 Uso industrial: La utilización de agua nacional en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como la que se utiliza en parques industriales, en calderas, en dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua, aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación.

4.31 Uso pecuario: La utilización de agua nacional para la actividad consistente en la cría y engorda de ganado, aves de corral y animales, y su preparación para la primera enajenación, siempre que no comprendan la transformación industrial.

4.32 Uso público urbano: La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, a través de la red municipal.

4.33 Uso en servicios: La utilización de agua nacional para servicios distintos de los señalados en las fracciones 4.26 a 4.35 de esta Norma.

4.34 Uso en generación de energía eléctrica: La utilización de agua nacional para

generar energía eléctrica.

4.35 Uso en silvicultura: La utilización de agua nacional para el desarrollo forestal.

4.36 Verificación: Constatación ocular o comprobación mediante muestreo y análisis de laboratorio acreditado, del cumplimiento de las normas.

5. **Clasificación:** Para fines de la presente Norma, los pozos se distinguirán en aquellos para extracción de agua y pozos para usos diferentes a ésta. Los pozos y perforaciones para extracción de agua, en cuanto a su uso, se pueden clasificar en público urbano, agrícola, agroindustrial, doméstico, de acuacultura, servicios, industrial, generación de energía eléctrica, pecuario y silvicultura.

En cuanto a los pozos para usos diferentes a la extracción de agua, se clasifican como pozos de exploración, explotación u operación en minería, petroleros, de ingeniería civil, de infiltración o inyección, y de investigación.

6. Especificaciones

6.1 Mantenimiento de pozos para extracción de agua

6.1.1 Desinfección periódica

Para los pozos destinados a los usos público urbano, así como para aquellos destinados a usos agroindustrial e industrial que procesen alimentos, será obligatoria la desinfección del pozo, como se indica a continuación:

Después de que haya sido instalado el equipo permanente del pozo (bomba y motor) y entre en operación, éste debe desinfectarse como mínimo cada tres años. Para ello, deberá aplicarse proporcionalmente al volumen de agua contenido en el pozo el desinfectante necesario para que el cloro activo sea de 200 mg/L como mínimo .

El agua en el pozo deberá tratarse con cloro, tabletas de hipoclorito de calcio, solución de hipoclorito de sodio o cualquier otro desinfectante de efecto similar, con la concentración apropiada y aprobada por la Secretaría de Salud.

Después de que el desinfectante haya sido aplicado, se agitará y se recirculará el agua del pozo para lograr una buena mezcla e inducir el contacto de dicha mezcla con las paredes del ademe, rejilla, filtro granular y formación del acuífero. Luego se dejará reposar la mezcla agua-desinfectante en el interior del pozo durante al menos 12 horas, pero no más de 24 horas.

6.1.2 Monitoreo de calidad del agua

En todos los pozos de extracción de agua se deberán tomar muestras simples cada tres años, con objeto de efectuar un análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua, de acuerdo con los métodos de análisis establecidos en Normas Mexicanas (NMX) o los internacionalmente aceptados, que incluyan la determinación de pH, conductividad eléctrica, sulfatos, nitratos, cloruros, dureza total, calcio, sodio, potasio, sólidos disueltos totales y bacterias coliformes fecales.

6.2 Rehabilitación de pozos para extracción de agua

Antes de iniciar los trabajos de rehabilitación, si la bomba desinstalada estuvo lubricada con aceite, es necesario remover el aceite acumulado en la superficie del agua del interior del pozo. Todo pozo para extracción de agua que sea sometido a trabajos de rehabilitación deberá someterse a un tratamiento de desinfección de acuerdo con el inciso 6.3 de la norma NOM-003-CNA- 1996.

En el caso de que simplemente se retire y se vuelva a instalar su equipo de bombeo, éste deberá desinfectarse antes de su instalación.

Asimismo, independientemente de lo anterior, el equipo de bombeo debe cumplir con los requisitos estipulados en la norma NOM-006-ENER-1995.

6.2.1 Trabajos de actualización durante la rehabilitación del pozo

Con el objeto de reducir al mínimo los riesgos de contaminación superficial del pozo y de contar con un medio que permita cuantificar los caudales de agua extraídos, se deben seguir las mismas disposiciones indicadas en las secciones 6.5.3.2, 6.5.4, 6.7.2, 6.7.3, y 6.8 incisos d), e), f) y g) de protección superficial de la estructura del pozo, del dispositivo de medición y de registros requeridos, correspondientes a la norma NOM-003-CNA-1996.

6.3 Cierre de pozos para extracción de agua

Si de acuerdo con la información disponible, el concesionario o asignatario determina la inconveniencia económica, física o técnica para que un pozo continúe en operación, se deberá proceder al cierre temporal o definitivo del pozo.

En lo que respecta a los pozos que se encuentren abandonados, la Comisión solicitará al propietario del predio que proceda al cierre del pozo.

6.3.1 Cierre temporal del pozo

El tiempo máximo que un pozo podrá estar fuera de operación será de tres años. Lo anterior debe ser notificado por el concesionario o asignatario a la Comisión. Establecida la notificación, el concesionario o asignatario debe desmontar el equipo de bombeo, sellar la parte superior del ademe por medio de una tapa de acero y colocar, si el pozo carece de ella, una cerca de protección de 3 x 3 m en planta con una altura mínima de 1,50 m. En el caso de ademe de policloruro de vinilo (PVC), la parte superior del ademe debe sellarse con una tapa hermética. Para la reutilización del pozo, el concesionario o asignatario debe, previamente, notificarlo a la Comisión.

6.3.2 Cierre definitivo del pozo

Cuando el pozo haya permanecido sin operar por más de tres años, será considerado como pozo abandonado.

El concesionario o asignatario debe proceder a clausurar el pozo abandonado de manera definitiva, o bien solicitar la autorización para que el pozo sea habilitado como pozo de observación conforme al inciso 6.3.4, o como pozo de respaldo, sujeto al inciso 6.3.5.

6.3.2.1 Cierre de pozos secos

Para el sello del pozo seco se puede utilizar grava y arena. La colocación de estos materiales debe realizarse del fondo del pozo hacia arriba. Los 12 m superiores serán rellenados con bentonita, lechada de cemento o concreto.

Concluidos los trabajos de relleno del pozo, se debe colocar en la superficie una plantilla de concreto de 1 x 1 m y de 0,10 m de espesor.

6.3.2.2 Cierre de pozos con nivel estático

En caso que no se cuente con el diseño del pozo sujeto a cierre, se debe llevar a cabo, previamente, un registro de videograbación en el interior del mismo.

Para el sello del pozo con ademe ranurado, así como en las zonas productoras de pozos sin ademe, se podrá utilizar bentonita, lechada de cemento o concreto y en el caso que esto sea impráctico o no conveniente, grava limpia. El resto del pozo, en la zona de ademe ciego o no productora, se rellenará con materiales impermeables como arcilla, bentonita, lechada de cemento o concreto, debiendo quedar, como mínimo, los 6 m superiores sellados con lechada de cemento.

La colocación de estos materiales deberá realizarse del fondo del pozo hacia arriba por un método que no produzca segregación de los materiales.

Concluidos los trabajos de relleno, se debe colocar en la superficie una plantilla de concreto de 1 x m y de 0,10 m de espesor.

6.3.3 Registro del pozo cerrado

Como requisito para cerrar el pozo, se debe presentar a la Comisión un informe que contenga

los siguientes datos:

- Localización (coordenadas referidas a planos INEGI)
- Profundidad
- Diámetro
- Litología atravesada
- Causas que motivan el cierre
- Diseño del cierre

6.3.4 Utilización del pozo de producción como pozo de observación

En caso de que el concesionario o asignatario desee mantener un pozo como pozo de observación, en vez de proceder a su cierre definitivo, deberá cumplir con lo siguiente:

Dentro de la tubería de ademe se alojarán tubos de 100 mm de diámetro interior como máximo, para la instalación de dispositivos de monitoreo.

En el tramo de ademe que penetre dentro del acuífero que se pretende monitorear, se debe colocar material granular (mezcla de grava y arena) a partir del fondo del pozo y alrededor de la tubería de diámetro interior máximo de 100 mm.

Arriba de la frontera superior del acuífero por monitorear, se colocará un sello de bentonita con un espesor mínimo de 0,30 m y el resto se rellenará con bentonita, lechada de cemento, concreto o materiales que asemejen o restituyan las condiciones geohidrológicas de la formación.

El tubo en el cual se instalará el instrumento destinado al monitoreo deberá tener una tapa con un sistema de sujeción conveniente contra la entrada de sustancias contaminantes al acuífero por la vía de la tubería de observación; la tapa deberá también cubrir el espacio anular que existe entre el ademe y el contra ademe.

En caso de que no exista plantilla, ésta deberá construirse alrededor del pozo, utilizando concreto, con dimensiones mínimas de 1 x 1 m con 0,10 m de espesor y pendiente favorable en todas direcciones, de tal manera que el agua u otro fluido drene alejándose del pozo.

Los pozos de observación deben estar registrados ante la Comisión como tales.

6.3.5 Pozos de respaldo

Sólo se autorizará la conservación de pozos de respaldo para uso público urbano y se podrán mantener con instalaciones eléctricas e hidráulicas, con o sin equipo de bombeo, destinados a casos de emergencia por falla de las fuentes de abastecimiento de operación normal. Para lo anterior, el concesionario o asignatario deberá justificar ante la Comisión el número de pozos, de acuerdo al caudal requerido, anexando su localización física y características principales del acabado del pozo. Todo pozo de respaldo debe cumplir con la especificación 6.1 de la presente Norma en cuanto a desinfección periódica.

Los pozos clasificados como de respaldo deben estar registrados ante la Comisión como tales.

6.3.6 Casos especiales

Todo pozo que haya sido afectado por intrusión salina o cualquier tipo de contaminante natural o antropogénico, será considerado como un caso especial. Por consiguiente, su cierre definitivo, su habilitación como pozo de observación o cambio de uso, estará sujeto al dictamen técnico y disposiciones que para ese propósito emita la Comisión.

También se considerarán como casos especiales los pozos siguientes:

6.3.6.1 Drenes horizontales en pozos radiales

En pozos radiales, los drenes horizontales deben rellenarse con lechada de cemento o bentonita.

6.3.6.2 Norias

De acuerdo con la litología en donde estén emplazadas, diámetro, profundidad y permeabilidad, se podrá utilizar en su porción inferior un relleno de grava, arena y bentonita, y en los tres metros

superiores, material impermeable de origen local, concreto o lechada de cemento.

6.3.6.3 Pozos con puntero

Para pozos en material no consolidado y de profundidad menor de 15 m, antes del sellado se deberá retirar la tubería y se rellenará el pozo con arena y bentonita. Los pozos con profundidades mayores de 15 m deben clausurarse de acuerdo con lo especificado en el inciso 6.3.2.

6.4 Cierre de pozos de uso diferente a la extracción de agua y que penetren total o parcialmente un acuífero conocido

6.4.1 Pozos para uso diferente a la extracción del agua (excepto petroleros)

Los pozos de exploración deberán clausurarse en un máximo de 30 días después de que hayan cumplido con su objetivo; los pozos de observación u operación, en cuanto dejen de utilizarse. Para el cierre de los pozos, éstos deben rellenarse con bentonita o lechada de cemento, o bien, tratar de restituir las condiciones geohidrológicas originales con base en la estratigrafía y permeabilidad encontrada durante la perforación e instalar en la boca del pozo un bloque de suelo-cemento, de sección cuadrada, de por lo menos 0,30 m por lado y 0,10 m de espesor, debiendo enviar a la Comisión un informe que contenga los siguientes datos:

- Localización (coordenadas referidas a planos INEGI)
- Profundidad
- Diámetro
- Litología cortada
- Diseño del cierre

6.4.2 Pozos petroleros

Cuando se abandone un pozo petrolero, sea de exploración o de producción, que penetre total o parcialmente un acuífero conocido, Petróleos Mexicanos debe dar aviso a la Comisión, presentando los mismos datos que se solicitan en el inciso 6.4.1.

El pozo se debe sellar con lechada de cemento normal en la zona del acuífero y como mínimo cinco metros arriba y abajo de él, de tal manera que se asegure que en caso de ruptura del ademe no se introducirán contaminantes al acuífero.

7. Verificación

7.1 Mantenimiento y rehabilitación de pozos de agua

Para su verificación, se considerarán todos los pozos en operación en el país destinados a los usos indicados en los incisos 4.26 a 4.35.

La Comisión, por sí misma o a través de unidades de verificación acreditadas, verificará el cumplimiento de las especificaciones de desinfección y rehabilitación de pozos indicadas en los incisos 6.1 y 6.2.

El incumplimiento de alguna de las especificaciones indicadas será motivo de suspensión de la operación del pozo, y su reanudación sólo la aprobará la Comisión, después de cumplir con las especificaciones de la presente Norma.

7.1.1 Desinfección (especificación del inciso 6.1)

El procedimiento para el muestreo de la desinfección del pozo será el indicado en la norma NOM- 014-SSA1-1993.

7.1.2 Dimensiones, dispositivo de medición y registros (especificaciones del inciso 6.2.1)

La verificación de las dimensiones será realizada con los instrumentos de medición pertinentes y una tolerancia de $\pm 10\%$. La verificación del dispositivo de medición se hará visualmente y la de los registros mediante la lectura de la bitácora de obra.

7.2 Cierre de pozos

Todo pozo abandonado estará sujeto a la aplicación de esta Norma de acuerdo a las

especificaciones indicadas en las secciones 6.3 y 6.4.

Toda reposición de pozo para extracción de agua sólo será aprobada cuando el solicitante cumpla previamente, con las especificaciones de cierre del pozo indicadas en la sección 6.3 de esta Norma.

7.3 Informe de la verificación

El informe de las verificaciones efectuadas debe incluir al menos la siguiente información:

- Identificación completa del pozo
- Resultados obtenidos de la verificación
- Nombre y firma del responsable de la verificación
- Fecha de ejecución de la verificación

8. Observancia de esta Norma

La Comisión Nacional del Agua será la encargada de vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, quien promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones.

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9. Bibliografía

9.1 ANSI/AWWA C654-87, Norma de la AWWA para desinfección de pozos.

9.2 ANSI/AWWA A100-90, Standard for water wells.

9.3 AWWA, Groundwater; 1989.

9.4 Campbell, M. and Lehr, J., Well Cementing, Water Well Journal, July 1975.

9.5 Chapman, S.L., The Foreman Story: Idaho Department of Water Administration Closes Flowing Artesian Well, Water Well Journal, October 1972.

9.6 Gass, T.E., The Impact of Abandoned Wells on Ground Water Quality, Water Well Journal, March 1981.

9.7 Johnson Division, UOP Inc., El agua subterránea y los pozos, 1975.

9.8 Johnson, R.C. Jr., Kurt, C.E. and Dunham, G.F. Jr., Well Grouting and Casing Temperature Increases, Ground Water 17:3, 1980.

9.9 Keech, D.K., Plugging Abandoned Wells, Ground Water Age, January 1973.

9.10 Kurt, C.E. and Johnson, R.C. Jr., Permeability of Grout Seals Surrounding Thermoplastic Well Casing, Ground Water 20:4, 1982.

9.11 McElhiney, W.A., Cementing Small Wells, Water Well Journal, January-February 1955.

9.12 McGinty, J.E. and Calvert, D.G., Cementing Off, Plugging and Redrilling, Water Well Journal, July 1975.

9.13 Moehrl, K.H., Well Grouting and Well Protection, Journal American Water Works Association, April 1964.

9.14 Roscoe Moss Company, Handbook of Groundwater Development, John Wiley and Sons, 1989.

9.15 SARH, Seminario de capacitación sobre construcción, equipamiento, operación y mantenimiento de pozos profundos, preparado por la Subsecretaría de Agricultura y Operación, 1980.

9.16 State of Iowa, "Water Well Construction Rules", 1979.

9.17 State of Nebraska, Nebraska Department of Health, "Regulations Governing Water Well Construction, Pump Installation and Water Well Abandonment Standards", 1994.

9.18 State of Georgia, Environmental Protection Agency of the State of Georgia, "Rules of Water Well Standards Advisory Council", 1991.

9.19 US-EPA, Manual of Water Well Construction Practices, Office of Water Supply, EANIDAR FORM-570/9-75-001.

9.20 Water Well Journal, Sealing Abandoned Water Wells, April 1973.

9.21 Water Well Journal, Abandoned Wells: A Problem with a Solution, October 1975.

10. **Concordancia con normas y recomendaciones internacionales**

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con normas internacionales. Sin embargo, coincide parcialmente con los estándares de la AWWA C654 en lo que respecta a desinfección y A100 en lo que se refiere al cierre de pozos.

11. **Recomendaciones**

Para los trabajos de desinfección de pozos se puede consultar el libro "Rehabilitación de pozos" del Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, editado por la Comisión.

12. **Vigencia**

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 180 días naturales a partir de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**. Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los veinticinco días del mes de julio de mil novecientos noventa y siete.- El Director General de la Comisión Nacional del Agua, **Guillermo Guerrero Villalobos** .- Rúbrica.

TABLA DE VALORES DE SAATY

Intensidad de Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia de ambos elementos	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad
3	Débil importancia de un elemento sobre otro	La experiencia y Juicios levemente favorecen a un elemento sobre otro.
5	Esencial o importancia fuerte de un elemento sobre otro	La experiencia y juicios fuertemente favorecen a un elemento sobre otro.
7	Importancia demostrada de un elemento sobre otro	Un elemento fuertemente favorecido, cuyo dominio esta demostrado en la práctica.
9	Absoluta importancia de un elemento sobre otro	La evidencia que favorece a un elemento sobre el otro es de mayor orden posible de afirmación.
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los juicios adyacentes	Un compromiso es necesario entre los dos juicios.