



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO”.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL PRESENTA JULIO HUMBERTO PEREZ MEJIA

DIRECTOR DE TESIS: M.I. MIGUEL ANGEL FLORES LIRA



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FEBRERO 2002



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/045/00

Señor  
**JULIO HUMBERTO PEREZ MEJIA**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. MIGUEL ANGEL FLORES LIRA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

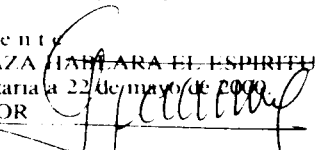
**"DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO"**

- I. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN BLOQUE
- II. MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO
- III. PROPUESTA DE UN DIAGNOSTICO TECNICO PARA UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO
- IV. PROPUESTA DE LA METODOLOGIA PARA REHABILITAR UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
- V. EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN EL INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO.
- VI. RELACION BENEFICIO-COSTO DE LA REHABILITACION PARA EL EJEMPLO PRACTICO
- VII. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria a 22 de mayo de 2000.  
EL DIRECTOR

  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstrg.

**A mis padres:**

**Por mi formación y desarrollo**

**A mis hermanos:**

**Por su confianza y cariño**

**A mis profesores**

**Por compartir sus conocimientos**

**A mis compañeros y amigos:**

**Antonio Estévez B., Diana Mercado, Javier Echavarria S.,  
Josafath Hernández A., Marisela Soriano, Oscar Saucedo L.  
Pedro y Pablo Espíndola C. y Sandra Castañeda del Castillo.**

**Al Ing. Rafael Echavarria Alfaro**

**Quien confió en mi para desarrollarme en este campo de la ingeniería**

**Al Ing. Conrado Sarmiento B.**

**A quien agradezco su amistad y apoyo**

## **ÍNDICE**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **CAPÍTULO 1.- DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN BLOQUE.**

1.1.- CAPTACIÓN.

1.2.- CONDUCCIÓN.

1.3.- REGULARIZACIÓN.

#### **CAPÍTULO 2.- MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO.**

2.1.- EQUIPO DE BOMBEO.

2.2.- LÍNEA DE CONDUCCIÓN.

2.3.- TANQUE DE REGULARIZACIÓN.

#### **CAPÍTULO 3.- PROPUESTA DE UN DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARA UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO.**

3.1.- DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO DE BOMBEO EN CAMPO.

3.2.- DIAGNÓSTICO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN.

3.2.1.- SIMULACIÓN DEL SISTEMA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PROGRAMAS "AH" Y "ARIETE".

#### **CAPÍTULO 4.- PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA PARA REHABILITAR UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.**

#### **CAPÍTULO 5.- EJEMPLO PRÁCTICO DE APLICACIÓN AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN EL INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO.**

#### **CAPÍTULO 6.- RELACIÓN BENEFICIO-COSTO DE LA REHABILITACIÓN PARA EL EJEMPLO PRÁCTICO.**

#### **CAPÍTULO 7.- CONCLUSIONES**

## INTRODUCCIÓN

La concentración de la población en núcleos cada vez mayores trae consigo innegables ventajas como son: el mejoramiento económico, social y cultural. Sin embargo, también es cierto que por esta causa han surgido múltiples problemas de tipo ambiental como la contaminación atmosférica, la disposición de desechos líquidos y sólidos, pero principalmente el abastecimiento de agua para el consumo humano. Con respecto a este último problema, considerando que el agua es indispensable para la vida, el hombre en muchos casos ha buscado para su establecimiento los lugares que le ofrecen mayores comodidades y facilidades para el desarrollo de sus múltiples actividades, procurando tener cerca una fuente de abastecimiento de agua, pero no siempre ha podido conseguirlo por múltiples razones, teniéndose que establecerse en sitios que quizá no fueron los mejores para su desenvolvimiento. De esta manera surge la necesidad de conducir el agua a lugares apartados, pero la satisfacción de tener agua donde se necesita justifica los trabajos del hombre para captarla y conducirla, ya sea diseñando obras o ideando procedimientos que permitan concretar el objetivo. La reunión de las diversas obras que tienen por objeto suministrar agua a una población en cantidad suficiente, calidad adecuada, presión necesaria y en forma continua constituye un sistema de abastecimiento de agua potable.

El problema del agua potable no tiene solución permanente, por lo que en este aspecto siempre se debe estar buscando nuevas fuentes de aprovechamiento, realizando estudios hidrológicos o geohidrológicos para tener a la mano forma de ampliar los sistemas. El aumento de la población y el ascenso de su nivel cultural y social hacen insuficiente en poco tiempo las obras proyectadas, imposibilitándose de esa manera que con las existentes se pueda seguir el ritmo de crecimiento que las necesidades exigen y complicando cada vez más la obtención de nuevos caudales, pues las fuentes actuales van agotándose y es necesario utilizar las que están situadas a mayor distancia, u otras cuyas aguas requieren tratamientos más elaborados para hacerlas adecuadas para el fin establecido.

Sumado a lo anterior, se presenta el aspecto del mantenimiento y correcta operación de los elementos que integran al sistema, y los cuales son de gran importancia, ya que al no llevarse a cabo, origina que la vida útil de la infraestructura se vea reducida o que los objetivos no se cumplan de manera satisfactoria, por ello se considera relevante llevar a cabo un diagnóstico periódico del funcionamiento y operación de los mismos.

Para desempeñar un papel activo en la solución a tales problemas, el ingeniero civil debe comprender claramente los fundamentos en que se basan. Por tanto, la finalidad de este trabajo es primero, delinear algunos de los conceptos fundamentales implicados en las obras que constituyen un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, su operación y mantenimiento, seguido por los conceptos que integran un diagnóstico y una rehabilitación, finalmente ilustrar su aplicación a un proyecto real.

## **OBJETIVOS**

Los objetivos de la tesis son:

- a) Descripción de los sistemas de abastecimiento de agua potable.
- b) Definir que es un sistema de abastecimiento por bombeo de pozos profundos, y cuales son los elementos que lo constituyen.
- c) Dada la importancia que tiene llevar a cabo proyectos para el abastecimiento de agua potable, se debe considerar con igual importancia la elaboración de un manual de operación y mantenimiento, por esto se desea establecer las condiciones que se deben seguir para operar y mantener en condición óptima cada uno de los elementos de un sistema de abastecimiento de agua potable de pozo profundo.
- d) Definir los pasos a seguir para realizar un diagnóstico técnico del funcionamiento de un sistema de abastecimiento de agua potable de pozo profundo.
- e) Definir los conceptos que se requieren para realizar una rehabilitación de un sistema de abastecimiento de agua potable de pozo profundo.
- f) Mostrar los resultados del diagnóstico y rehabilitación realizado al Sistema Interestatal Coahuila-Durango.
- g) Mostrar los resultados de beneficios-costos entre la rehabilitación de un sistema y la construcción de uno nuevo.

## **CAPÍTULO I**

### **CAPTACIÓN**

De las fuentes de abastecimiento de agua disponibles en una región, al determinar cuáles podrían ser factibles de ser aprovechadas, es necesario tomar en cuenta la economía. De esta forma, cuando se realiza un análisis comparativo para seleccionar las más convenientes, aunque una fuente pudiera ser la más cercana, o resultara más sencilla su obra de captación, puede que no necesariamente sea la opción más económica, pues se tendría que considerar también, la complejidad y el costo de la potabilización necesaria para que cumpla con los requerimientos mínimos de calidad de agua potable.

La fuente de abastecimiento más común para los sistemas rurales, es el agua subterránea, la cual se extrae mediante estructuras como son: pozos excavados, drenes de infiltración, galerías filtrantes, y pozos ademados (para profundidades grandes).

En caso de encontrar un manantial con suficiente capacidad, ésta sería la opción más factible para el abastecimiento de agua; ya que se puede disponer de estructuras derivadoras adecuadas, tanto para manantiales artesianos como para no artesianos.

Al seleccionar una fuente de agua superficial, se debe tener en cuenta que, comúnmente el agua requiere algún tipo de tratamiento para su potabilización, lo cual, generalmente incrementa de manera considerable los costos del proyecto, de la construcción y de la operación del sistema.

En el caso de que todas las fuentes disponibles sean desechadas por inconvenientes o costosas, el agua de lluvia es una opción muy práctica, que además puede usarse de manera conjunta con otra fuente de abastecimiento, o también para recarga de acuíferos que han sido sobreexplotados por extracción indiscriminada. El agua de lluvia puede ser captada y almacenada con dispositivos que pueden ir de lo más simple a lo más complejo y eficiente. El agua de lluvia se puede captar en azoteas o en grandes extensiones para posteriormente ser almacenada en tanques, haciéndola pasar antes por cribas o desarenadores para eliminar algunas impurezas del agua; aun cuando, en el caso de las zonas rurales, es muy probable que sea de buena calidad.

#### **1.1.1 AGUA SUBTERRÁNEA**

Cuando en la localidad en estudio no se localizan manantiales disponibles para su explotación, generalmente lo mejor es llevar a cabo una exploración de los recursos de agua subterránea. Para el aprovechamiento de una localidad pequeña, es suficiente la aplicación de un método de prospección simple. Con frecuencia los registros de información disponible sobre el agua subterránea es escasa e inadecuada, por lo que, cuando se trata de un aprovechamiento para varias localidades, es necesario realizar estudios geohidrológicos más extensos empleando técnicas y métodos apropiados, para determinar su ocurrencia y calidad.



## 1.1.2 ACUÍFEROS

Para realizar un estudio exploratorio de agua subterránea, es necesario un conocimiento básico de los diferentes tipos de formaciones subterráneas que la contienen, considerando que el agua subterránea se encuentra almacenada en poros, huecos y fisuras de formaciones subterráneas.

Se le denomina permeabilidad hidráulica a la facilidad con que el agua fluye a través de una formación subterránea, y se le define como la velocidad con que fluye el agua a través del suelo con un gradiente hidráulico unitario, y depende de la porosidad, del tamaño promedio de los poros y de la distribución de las fisuras. Sus unidades están dadas en  $\text{cm/s}$  ó  $\text{m/día}$ .

Se dice que una capa de suelo es impermeable cuando su permeabilidad hidráulica es menor o igual que  $10^{-6} \text{ cm/s}$ , y cuando es mayor se dice que es permeable.

Existen dos tipos de acuíferos: no confinado y confinado. El acuífero no confinado está abierto a la infiltración de agua directamente de la superficie del suelo.

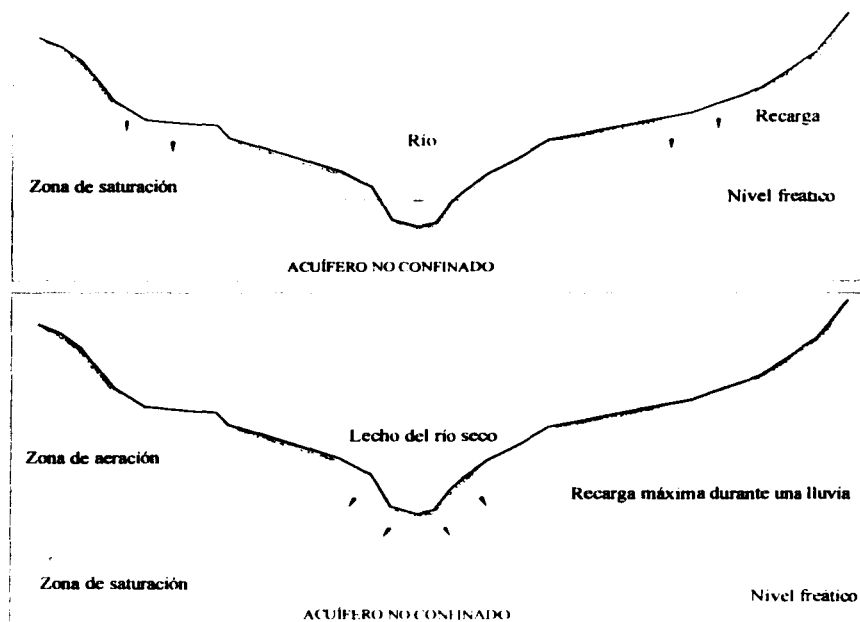


Lámina 1.1 Acuífero no confinado, en época de lluvias (arriba) y de estiaje (abajo)

Un acuífero confinado es aquel en el que el suelo que contiene al agua, está cubierto con una capa impermeable. La presión del agua en un acuífero confinado está determinada por el nivel del área de recarga, o sea el área de la superficie del suelo en donde entra el agua por infiltración, la cual puede estar muy alejada de la zona donde se realiza el estudio.

### Pozo con agua a nivel piezométrico

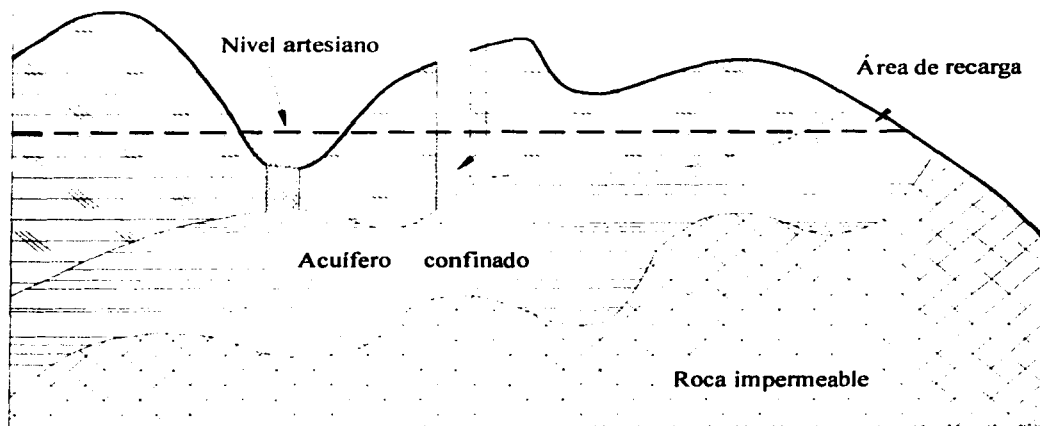


Lámina 1.2 Acuífero confinado

La presión del agua en un acuífero confinado se puede determinar perforando la capa superficial del terreno hasta encontrarlo, para medir el nivel a donde llega el agua. A este nivel del agua se le llama nivel piezométrico. Cuando el nivel piezométrico está por encima del nivel del suelo, el agua fluirá naturalmente fuera de la perforación. A este tipo de perforaciones se les denomina pozos "artesianos" o "brotantes".

En el caso de acuíferos no confinados algunas veces puede existir una lente de material impermeable por encima del nivel freático o nivel real del agua. Esto provocará que en la temporada de recarga, parte del agua se acumule sobre la lente de material impermeable, a la cual se le conoce como "agua colgada". Es importante identificar estas acumulaciones ya que normalmente tienen poca agua y tenderán a desaparecer en época de estiaje.

### 1.1.3 EXPLORACIÓN DE ACUÍFEROS

Es necesario saber la forma en que existe el agua en las formaciones del suelo, para que la exploración de agua no se convierta en un juego de azar.

La información hidrogeológica que debe ser recabada, podría incluir reportes y mapas geológicos, mapas topográficos, bitácoras de pozos entubados, reconocimiento geológico superficial, registros meteorológicos, y datos hidrogeológicos.

El estudio geofísico más usado en la exploración de acuíferos es el de resistividad eléctrica, el cual proporciona la distribución del agua subterránea.

### **1.1.4 RENDIMIENTO DE ACUÍFEROS**

Básicamente, de un acuífero no se debe extraer más agua que la que entra por la recarga natural. Otra limitación es que el nivel del agua freática no debe estar abajo del nivel máximo de un cuerpo contaminado, ya que el agua contaminada de otros lugares pueda ser arrastrada hacia el acuífero. Algunas veces la extracción de agua de un pozo nuevo reducirá el rendimiento de los pozos existentes cercanos a el

El rendimiento asegurado de un acuífero es la extracción máxima permanente que se puede obtener de una fuente de agua subterránea.

### **1.1.5 GALERÍAS Y POZOS**

El método más antiguo de extracción de agua subterránea, es el de formar una cavidad en el suelo, hasta una profundidad debajo del nivel freático. Usualmente la cantidad de agua que se puede obtener por este metodo es limitada.

Debido a las dificultades técnicas y a los costos de excavación, las galerías deben ser usadas sólo cuando el nivel freático está muy superficial, entre 5 y 8 m como máximo, debajo de la superficie del terreno. Los túneles en formaciones consolidadas de terreno, pueden usarse a profundidades mayores.

Las zanjas filtrantes son fáciles de construir y además pueden tener bastante capacidad y una vida útil larga. Sin embargo, las zanjas filtrantes al estar abiertas, permiten que el agua se contamine con relativa facilidad, lo cual las hace de un aprovechamiento no muy apropiado para agua potable.

La construcción de drenes de infiltración y túneles es más costosa y su diseño es más laborioso. Los drenes se pueden obstruir con cierta facilidad. La ventaja es que los drenes y túneles, están completamente debajo de la tierra con lo cual el caudal está mejor protegido contra la contaminación.

Los metodos de extraccion de agua subterranea verticales se pueden dividir en pozos excavados de gran diámetro y pozos ademados de diámetro pequeño (láminas 1.3 y 1.4). Los pozos entubados se usan cuando el nivel freático está a una profundidad considerable desde la superficie del terreno, pero sólo son efectivos en acuíferos con un espesor potente. Comúnmente los pozos excavados, tienen una producción limitada, por lo cual, su uso esta restringido a usos domesticos individuales y otros tipos de abastecimiento en pequeña escala.

La producción de un pozo varía desde aproximadamente 1.0 l/s si el diámetro es pequeño, no profundos y si el acuíferos se encuentra entre arena fina, hasta 100.0 l/s en pozos profundos de diámetro mayor, en arena gruesa o acuíferos de roca fracturada.

Los pozos son apropiados para suministro de agua potable, ya que se pueden tomar precauciones muy sencillas para salvaguardar el agua contra la contaminación.

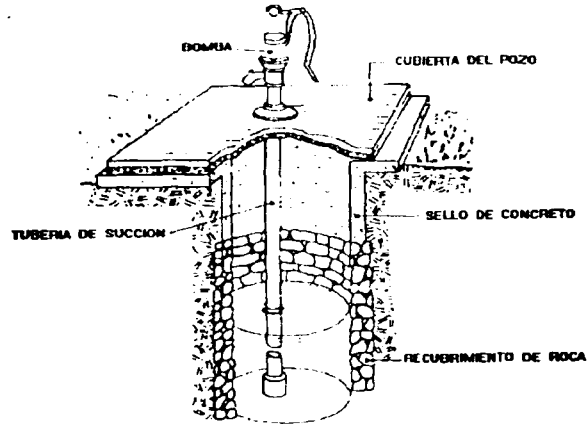


Lámina 1.3 Pozo Excavado

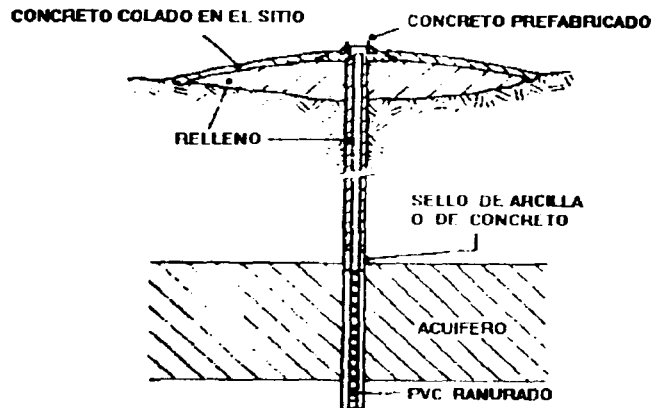


Lámina 1.4 Pozo entubado

En los sitios donde existe una formación a poca profundidad que contiene agua en un espesor considerable, son apropiados: colectores verticales, colectores horizontales, o una combinación de los dos anteriores.

Una situación más difícil se presenta cuando el agua subterránea tiene que ser extraída de un acuífero de espesor pequeño situado a una profundidad grande. Debido al área saturada tan pequeña de este tipo de acuíferos, los pozos no deben ser usados; asimismo, las zanjas y los drenes no son apropiados, ya que el concepto de excavación sería excesivo. En terreno consolidado, los túneles pueden ser una solución. En terreno no consolidado, un pozo colector radial puede ser considerado; sin embargo, puede ser incosteable para sistemas en escala pequeña, este tipo de pozos requieren de un diseño especializado.

### 1.1.6 AGUA DE MANANTIAL

Los manantiales son aguas subterráneas que, de manera natural, emergen en la superficie de la corteza terrestre, y con frecuencia se presentan en forma de pequeños pozos o zonas de terreno húmedo al pie de colinas o en las orillas de ríos, de ésta manera, un manantial puede ser definido como el lugar donde el agua subterránea brota de manera natural.

Son varias las condiciones estratigráficas en que pueden originarse los manantiales, pero usualmente son alimentados desde una formación de suelo de arena o de grava saturada a la que se le conoce como acuífero. El agua puede brotar en la superficie como una fuente natural, o de manera invisible, como un flujo dentro de ríos, lagos o el mar (lámina 1.5).

Los lugares más apropiados para la búsqueda de manantiales son las pendientes de las colinas y los valles de ríos. Una vegetación verde en cierto lugar de un área seca, puede indicar la presencia de un manantial, o bien, se le puede encontrar siguiendo aguas arriba una corriente o arroyo de montaña, hasta su nacimiento.

El agua de manantial es potable y usualmente puede usarse sin tratamiento cuando en la captación se ha construido una protección adecuada, sin embargo, se debe estar seguro de que el agua proviene de un acuífero y no de una corriente que se ha infiltrado a corta distancia.

El agua de manantiales artesianos, puede provenir de una formación permeable, o de un acuífero confinado a presión entre dos capas impermeables y asciende hasta la superficie del terreno por efecto de la presión existente en el mismo. Este tipo de acuíferos puede salir a la superficie cuando encuentra una depresión o cavidad en el terreno natural y entonces se le conoce como manantial artésiano en depresión (lámina 1.6), o si aflora a través de fisuras que se encuentran en la capa impermeable superior del acuífero, se le conoce como manantial artésiano en fisura (lámina 1.7).

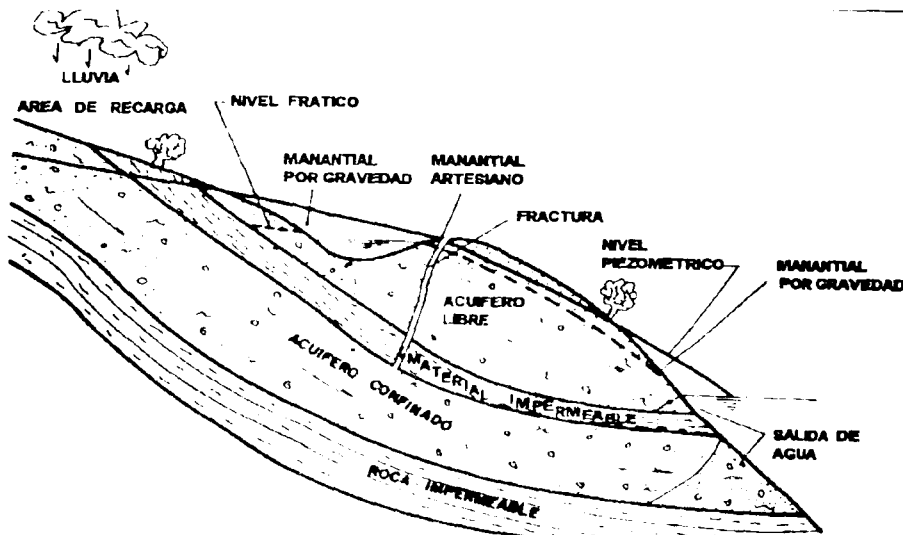


Lámina 1.5 Ocurrencia de manantiales

Debido a que el acuífero se encuentra confinado, el agua que contiene no se contamina fácilmente, y aunque el área de recarga pudiera recibir cierta contaminación, como generalmente se encuentra a considerable distancia de los puntos de extracción, el agua tiende a limpiarse al fluir en el subsuelo. El rendimiento de los manantiales artesianos es muy uniforme y casi constante durante todo el año, sin embargo, este tipo de fuente tiende a ser sobreexplotada con mucha frecuencia, disminuyendo el nivel y la presión en el acuífero conforme aumenta el número de puntos de extracción (lámina 1.8)

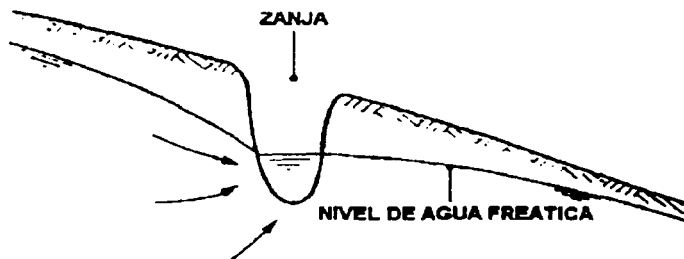


Lámina 1.6 Manantial no artesiano en depresión

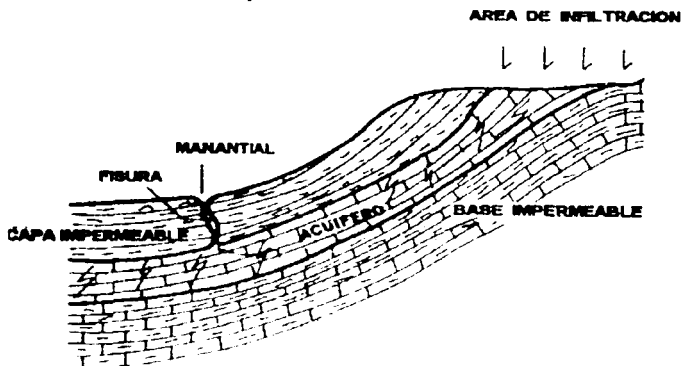


Lámina 1.7 Manantial artesiano en fisura

En el caso de manantiales no artesianos, el agua subterránea fluye entre estratos no confinados del subsuelo hasta que sale a la superficie. Cuando el flujo llega a encontrar estratos impermeables inclinados que evitan su infiltración profunda y lo forzan hacia la superficie, se les llama manantiales de escurrimiento por gravedad (lámina 1.9), o bien, cuando encuentran alguna depresión natural del terreno, se les llama manantiales de escurrimiento por gravedad en depresión (lámina 1.7). Este tipo de acuíferos se presentan en terrenos elevados y están poco expuestos a la contaminación, debido a que su área de recarga generalmente está ubicada muy distante de cualquier centro de población o de actividades humanas importantes. Asimismo, generalmente se encuentran a suficiente altura para conducir el agua por gravedad hasta el sistema de distribución. Su rendimiento depende de la profundidad a la que se encuentra el nivel de aguas freáticas, el cual varía sensiblemente con las precipitaciones pluviales.

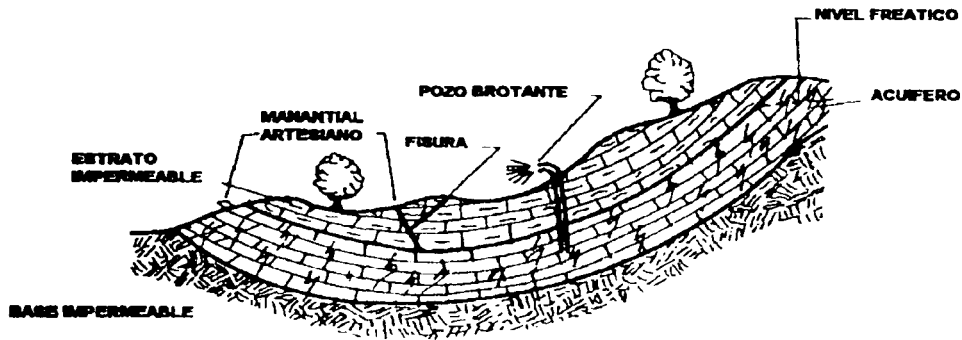


Lámina 1.8 Acuífero con varios puntos de extracción

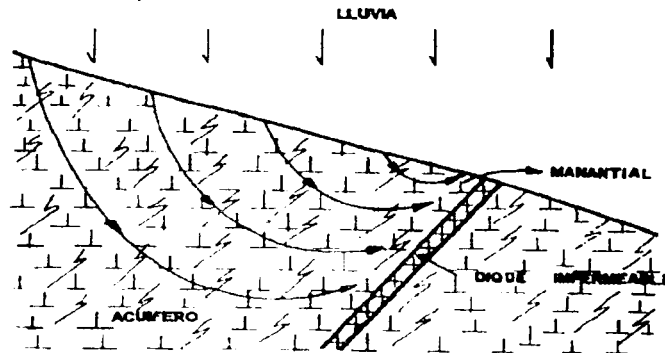


Lámina 1.9 Manantial de escurrimiento por gravedad

La cantidad de agua que brota de un manantial podría incrementarse si se excava alrededor del punto de salida hasta encontrar la capa permeable de donde se retira lodo, rocas y fragmentos de depósitos minerales, que algunas veces el agua deposita al salir. Si se lleva a cabo esta operación, sobre todo en terrenos de calizas fisuradas, debe procurarse no perturbar las formaciones subterráneas ya que el manantial podría desviarse en otra dirección.

Los manantiales también se pueden identificar de acuerdo con el tipo de abertura por donde brota el agua como manantiales de escurrimiento o filtración, cuando el agua se percola a través de múltiples y pequeños orificios en suelos porosos, manantiales de fractura, cuando el agua sale por las juntas o fracturas de rocas sólidas, y manantiales tubulares, cuando el orificio de salida es más o menos redondo.

Todos los manantiales, y en particular los no artesianos, están expuestos a la contaminación en la zona próxima al punto de salida, por lo que debe efectuarse un minucioso reconocimiento con fines sanitarios para obtener información sobre el origen del agua subterránea, la naturaleza del acuífero, la calidad del agua, el rendimiento del manantial en diferentes épocas del año, la topografía y vegetación de la zona circundante, así como la presencia de posibles fuentes de contaminación.

Los manantiales que brotan por canales en formaciones de calizas en disolución, deben examinarse cuidadosamente, ya que en esas condiciones se produce muy poca o ninguna filtración en el terreno. Dichos manantiales suelen proporcionar un agua muy contaminada y turbia inmediatamente después de que se han presentado grandes lluvias, por lo que no deben utilizarse para abastecimiento doméstico sin haber realizado antes un estudio cuidadoso que comprenda análisis bacteriológicos frecuentes y la adopción de medidas correctivas como son la filtración y desinfección.

### 1.1.6.1 OBRAS DE TOMA

Con el fin de captar y proteger un manantial contra la contaminación, se proyecta una estructura o cámara colectora, que debe situarse y construirse de forma tal, que el agua captada atraviese en su interior por lo menos tres metros, medidos sobre el terreno natural, desde el punto de captación del agua subterránea hasta donde sale de la estructura de toma. Además, debe evitarse la presencia de: establos, asentamientos humanos o fuentes potenciales de contaminación, en un radio de 30 a 90 metros alrededor de la cámara, para esto, se instala una cerca de alambre. Adicionalmente, conviene excavar una cuneta de derivación en la parte alta y a los lados de la cámara, con el fin de desviar los escurrimientos superficiales, lejos del manantial (lámina 1-10)

Al proyectar y construir las obras de toma de manantiales, se deben tener en cuenta cuatro factores importantes

- La estructura de captación debe prevenir la contaminación del agua en el sitio de la toma.
- Realizar estudios para determinar la calidad del agua de los manantiales artesianos, sobre todo, si su temperatura varía entre el día y la noche, ya que esto, puede ser indicativo de la presencia de organismos nocivos.

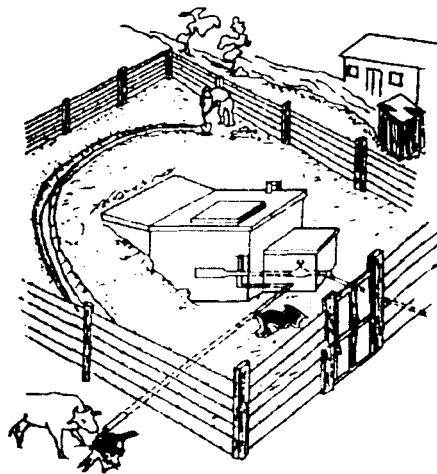


Lámina 1.10 Manantial protegido



- El flujo de manantiales de filtración, que provienen de acuíferos granulares, varía poco a lo largo de sus fronteras, por lo cual, para captar el agua se requieren galerías de infiltración de longitud considerable. Sin embargo, en acuíferos de roca fracturada, el flujo está concentrado en las fisuras de conducción que llegan hasta la superficie del terreno, en cuyo caso, varias obras de toma en pequeña escala pueden ser adecuadas, pero necesitan ser ubicadas con mucho cuidado.
- Siempre es necesario evaluar el caudal y su variación estacional, pues el gasto y la confiabilidad del manantial, pudiendo ser afectados ligeramente por la construcción de las obras de toma.

Comparada con la extracción de agua subterránea, la captación de agua de manantial tiene la ventaja de que normalmente el nivel del agua freática en la zona, disminuye su nivel muy poco o inapreciable.

### 1.1.6.2 TOMAS PARA MANANTIALES NO ARTESIANOS

Si existe la opción de seleccionar entre varias fuentes de abastecimiento, los manantiales no artesianos en depresión no son los más recomendables, debido a que tienen un flujo muy pequeño y es difícil proporcionarles una protección adecuada. Asimismo, la presencia de este tipo de manantiales proviene de agua subterránea a poca profundidad, que puede extraerse utilizando drenes o pozos excavados, los cuales si pueden cubrirse y protegerse adecuadamente contra la contaminación.

Los manantiales no artesianos en formaciones de suelo granular pueden captarse con drenes conformados por tubos con perforaciones o con juntas abiertas colocados en grava empacada. Para proteger el manantial, es necesario excavar hacia dentro de la ladera, de tal modo que se pueda captar un área suficiente del acuífero aún cuando el nivel del agua freática sea bajo (lámina 1 11).

El diseño de drenes se realiza siguiendo las prácticas y recomendaciones comunes de ingeniería. Deben colocarse a una profundidad tal, que el suelo saturado sobre ellos funcione como un almacenamiento, compensando las fluctuaciones del nivel del agua subterránea. El agua captada mediante drenes se descarga en una cámara de almacenamiento o "caja del manantial".

El sistema de drenes y la cámara de almacenamiento se construyen de modo que se evite la contaminación del agua captada. Antes de que se construya la parte anterior de la cámara, se apilan piedras dejando huecos entre ellas, que sirven como muro de contención para evitar el arrastre de partículas del subsuelo. La cámara se construye con un registro de acceso con tapa removible, para realizar trabajos de mantenimiento y limpieza. Cualquier tubo de ventilación, de excedencias o de limpieza, debe tener rejillas en el extremo que queda en el exterior de la cámara. Por otra parte, se recomienda excavar una zanja para derivar los escurrimientos superficiales y evitar que el agua penetre en la cámara (lámina 1 12).

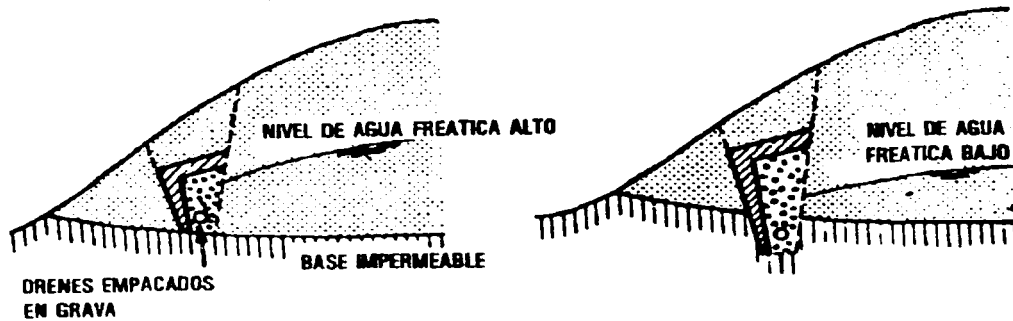


Lámina 111 Captación de manantiales no artesianos en suelo granular

Como protección, la parte superior de la grava empacada, debe ubicarse al menos a tres metros por debajo del nivel de la superficie del suelo, lo cual puede asegurarse si la captación del manantial se ubica hacia dentro de la ladera de la colina, o elevando el nivel del suelo con material de relleno. También se debe proteger un área que comprenda toda la longitud de la galería mas diez metros de cada lado, y en la dirección perpendicular, hasta una distancia de al menos 50 metros. De preferencia, esta área debe protegerse con una cerca de malla para evitar el paso de personas no autorizadas o de animales.

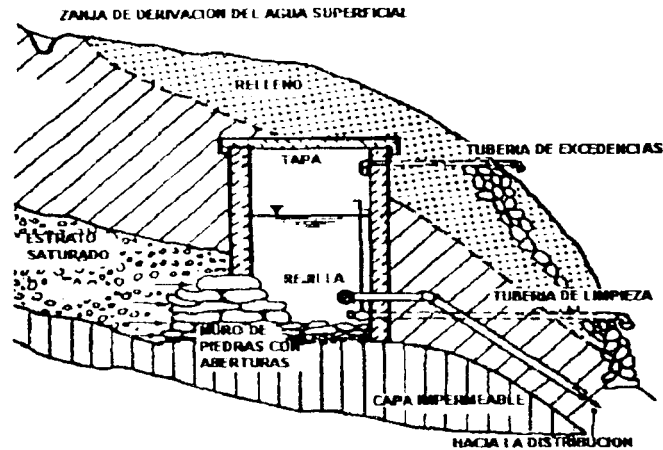


Lámina 112 Tanque de almacenamiento o "Caja" del manantial

En acuíferos de roca fracturada, se pueden usar tubos empacados en grava, o bien, el agua se puede captar mediante tuneles sin recubrimiento si el suelo es estable, o con recubrimiento si el suelo no es estable (lámina 113), dependiendo de la naturaleza de la formación de capas subterráneas. Cuando las fisuras tienen un caudal grande y local, una estructura de captación pequeña es lo mas adecuado (lámina 114). Sin embargo, debido a la gran velocidad del flujo en las fisuras, el área de protección sanitaria contra la contaminación, debe extenderse a una distancia de al menos 100 metros y de preferencia hasta 300 metros aguas arriba de la galería.

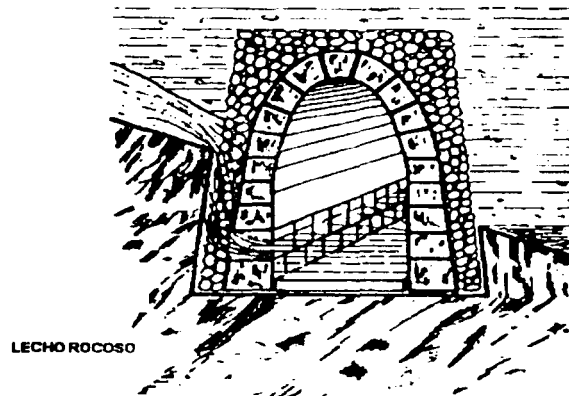


Lámina 1.13 Túnel para captar manantiales de escurrimiento por gravedad

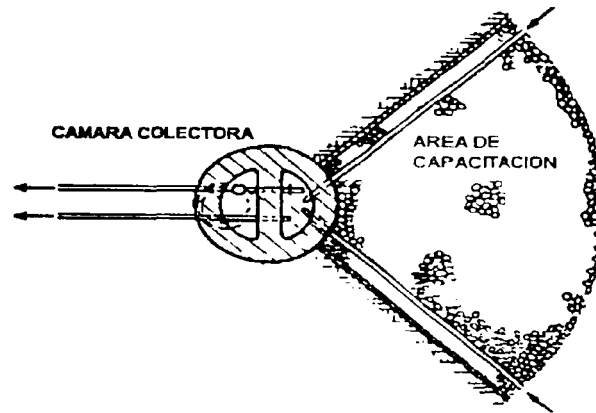


Lámina 1.14 Captación para manantiales en roca fracturada

### 1.1.6.3 TOMAS PARA MANANTIALES ARTESIANOS

En su apariencia exterior, las obras de toma para manantiales artesianos son muy similares a las de manantiales no artesianos; sin embargo, para captar el agua de manantiales artesianos en depresión, el área de escurrimiento debe estar rodeada por una capa impermeable extendida sólo un poco más arriba del máximo nivel al que se levanta el agua en condiciones naturales. Estas obras de toma también deben tener un tanque o cámara de almacenamiento debidamente protegido contra la contaminación (lámina 1.15).

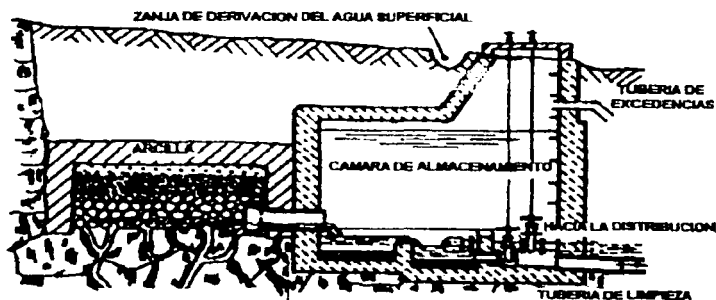


Lámina 1.15 Captación para manantiales artesianos en depresión

Para manantiales artesianos en depresión, con extensión lateral amplia, es necesario construir un sistema colector de drenes que descarguen en la cámara o tanque de almacenamiento. El área de recarga de estos manantiales debe mantenerse limpia con el fin de conservar la calidad del agua y para aumentar el gasto producido. Por otra parte, cuando la capa superficial es de material granular, puede ser necesario recubrir el área de recarga con capas de grava bien graduada que detenga los sólidos suspendidos.

En los manantiales de fisura, el agua se levanta por efecto de la presión en el acuífero y sale al exterior a través de una sola abertura, por lo cual, usualmente los trabajos de captación son pequeños (lámina 1.16). Se puede lograr un incremento en la capacidad de producción, removiendo cualquier obstáculo que se encuentre a la salida del manantial, o bien, ampliando las dimensiones de su salida (lámina 1.17).

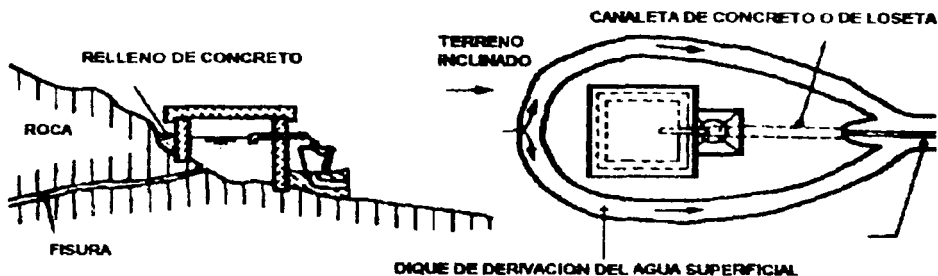


Lámina 1.16 Captación para manantiales en fisura con poco gasto

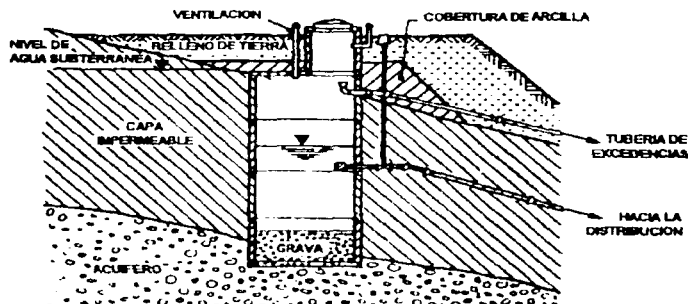


Lámina 1.17 Captación para manantiales en fisura con gasto grande

Los manantiales artesianos frecuentemente tienen una amplia área de recarga a una distancia grande. El agua fluye a presión en la salida que es protegida contra la contaminación por la capa superficial impermeable. El gasto producido puede ser grande y estable con pequeñas variaciones estacionales. Este tipo de manantiales es excelente para el abastecimiento de comunidades rurales.

Cuando el flujo de salida es muy grande, se debe construir un muro de retención en todo su ancho, con anclajes colocados dentro de las capas impermeables del suelo y la base apoyada en el lecho rocoso; de esta manera, se evitan las fugas de agua, así como el riesgo de colapsar la estructura de captación. Aguas arriba del muro se debe construir una galería cubierta con una capa de arcilla para protección contra la contaminación (lámina 1.18)

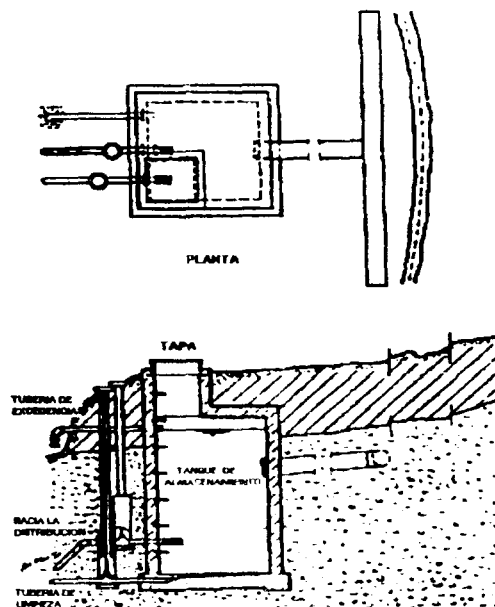


Lámina 1.18 Captación de manantiales artesianos con extensión lateral grande

## 1.2 CONDUCCIÓN

La línea de conducción es la parte del sistema de abastecimiento de agua potable que transporta el agua desde el sitio de la captación, generalmente hasta un tanque de regularización, como se indica en la lámina 1.2.1, lo que facilita el procedimiento de diseño hidráulico de los sistemas de agua potable, y se tiene un mejor control en la operación de los mismos, y asegura un funcionamiento adecuado del equipo de bombeo, sin embargo se puede abastecer directamente a una red

Las líneas de conducción pueden trabajar a superficie libre (canales) o a presión (tuberías). Las tuberías pueden funcionar por gravedad o por bombeo. Como los canales o tuberías a superficie libre son de poco uso, las fórmulas para canales (Manning) pueden usarse para el cálculo hidráulico en caso necesario.

La conducción de un sistema rural debe tener la característica de la economía. Por esta razón, se debe tratar en lo posible, de que el sistema trabaje por gravedad sin el uso de bombas.

Si por economía se considera el uso de canales abiertos, se debe tener en cuenta el costo por la potabilización del agua antes de su distribución o por medio de prácticas familiares, una vez distribuida. Esto se debe a que el agua en los canales abiertos está expuesta a contaminación.

### Trazo

La tubería de conducción debe seguir, en lo posible, el perfil del terreno y su localización se escoge para que sea la más favorable, considerando los costos de suministro e instalación. La línea de conducción debe ser de fácil inspección, preferentemente paralela o cercana a algún camino.

### Conducción por bombeo

La conducción por bombeo es necesaria cuando se requiere adicionar energía para obtener la carga dinámica asociada con el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el transporte del agua.

En este caso la carga dinámica total  $H$ , es la suma de la carga estática  $h_e$ , más la carga originada por las pérdidas por fricción en la tubería  $h_f$ , más las pérdidas en los accesorios y piezas especiales  $h_{fa}$ , más carga de velocidad en la descarga  $h_v$ ; en metros de columna de agua. Así que la bomba deberá generar esta carga como se muestra en la lámina 1.2.1.

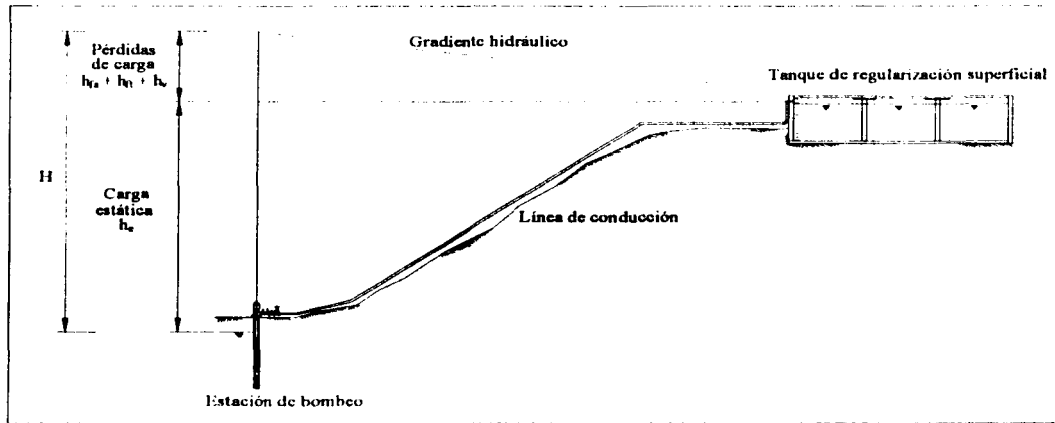


Lámina 1.2.1 Conducción por bombeo

Se deberá hacer el cálculo hidráulico para diferentes diámetros de la conducción. Un solo diámetro será el más económico, considerando costo inicial (inversión) y costos de energía para el bombeo. La suma de ambos costos son la base para la selección del diámetro más económico.

Para llevar a cabo este análisis se deberán graficar los costos calculados para los diferentes diámetros como en la lámina 1 2 2

El diámetro más económico tenderá a ser grande en los casos en que:

- Los costos de energía eléctrica sean altos.
- Los costos de tubería por metro lineal sean bajos.
- Los intereses en los créditos sean bajos.

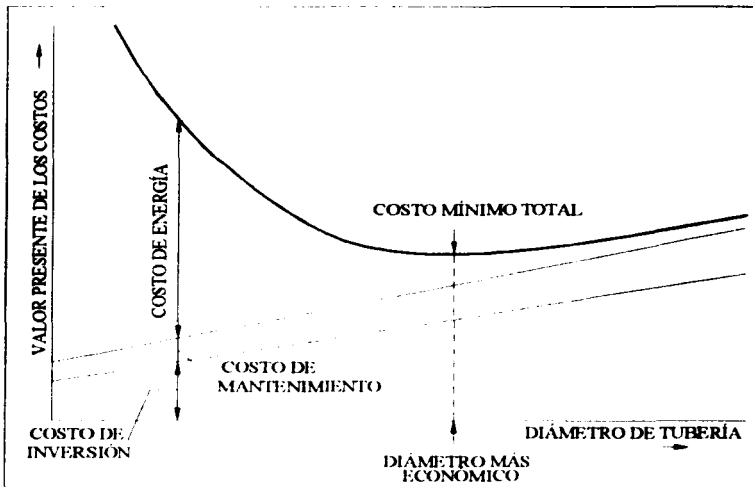


Lámina 1.2.2 Determinación del diámetro más económico

## **Conducción por gravedad**

Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible.

## **Conducción por bombeo-gravedad**

Si la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción a cruzar por partes más altas que la elevación de la superficie del agua en el tanque de regulación, conviene analizar la colocación de un tanque intermedio en ese lugar. La instalación de este tanque ocasiona que se forme una conducción por bombeo-gravedad, donde la primera parte es por bombeo y la segunda por gravedad.

## **Red de conducción**

En ciudades donde es necesario buscar fuentes alternas para el abastecimiento del agua, en este caso resultan a menudo conducciones más económicas al interconectar estas, formando una red de conducción.

Las derivaciones de una conducción hacia dos o más tanques de regulación, ocasiona también la formación de redes de conducción.

## **Líneas paralelas**

Las líneas de conducción paralelas se forman cuando es necesario colocar dos o más tuberías sobre un mismo trazo. Esta instalación se recomienda previo análisis económico para evitar la colocación de diámetros mayores, para efectuar la construcción por etapas según sean las necesidades de la demanda de agua, la disponibilidad de los recursos y facilitar la operación a diferentes gastos.

### **1.2.1 GASTO DE DISEÑO**

La tubería de la conducción, normalmente se diseña para conducir, de manera constante, el volumen de agua para un día de máximo consumo. Por lo tanto, las variaciones horarias en ese día, serán absorbidas por el tanque de regularización y la conducción se diseña para el gasto máximo diario. También se puede analizar la variante de eliminar el tanque y diseñar la conducción para el gasto máximo horario.

Un factor importante es el tiempo durante el cual la conducción opera en el día. En las conducciones por bombeo frecuentemente este se limita a 16 o menos horas. En estas condiciones se deberá ajustar el gasto de diseño para satisfacer las necesidades requeridas, es decir, se necesitará aumentar el gasto y por lo tanto el diámetro de la conducción.



Se recomienda que la conducción opere de forma continua durante las 24 horas, tanto en condiciones por gravedad como por bombeo.

## 1.2.2 CONDUCCIÓN POR TUBERÍA A GRAVEDAD

Desde luego la presión de diseño sólo compete a las tuberías. Estas normalmente siguen la topografía del terreno, por lo cual se debe cuidar que la línea del gradiente hidráulico (línea piezométrica), que indica la presión en la tubería de la conducción en condiciones de operación, siempre esté por encima de la tubería. La presión que actúa en un punto de la tubería se determina por la diferencia entre la elevación de la línea piezométrica y la del terreno en este punto. Esta presión no deberá ser menor de 4 metros a lo largo de toda la conducción, véase la lamina 1.2.3.

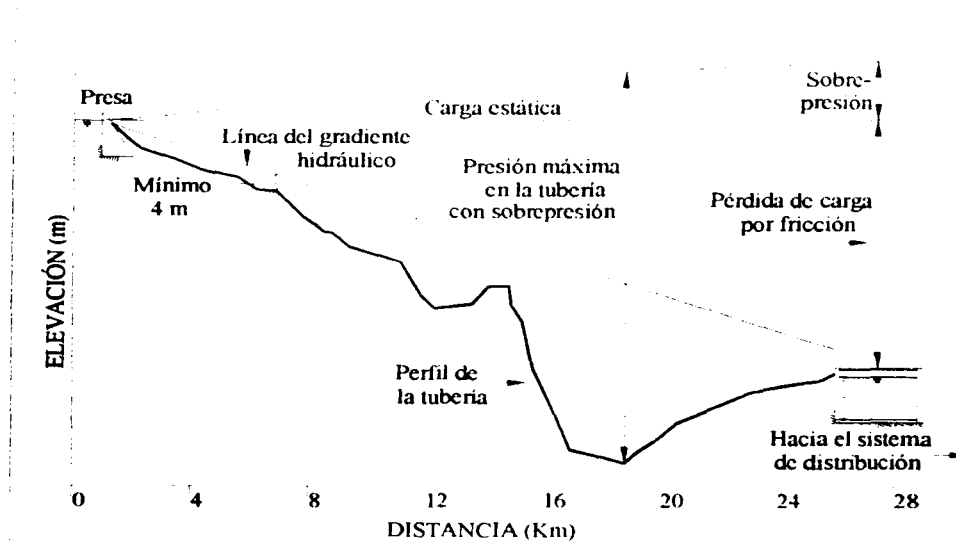


Lámina 1.2.3 Línea piezométrica para una conducción a presión

La tubería debe seleccionarse de tal manera que soporte la presión más alta que se pueda presentar en ésta. Normalmente la presión máxima no ocurre cuando el sistema está en operación, sino más bien cuando la válvula de salida se encuentra cerrada y se tiene una condición hidrostática. Con el objeto de reducir la presión, en tuberías por gravedad se colocan cajas rompedoras de presión, cuya función es la de romper la presión, dejando el agua a la presión atmosférica en estos puntos, lámina 1.2.4.

También se pueden presentar sobrepresiones debidas al golpe de ariete, el cual se presenta cuando se cierra súbitamente una válvula o cuando una bomba deja de operar por interrupción de energía eléctrica. Se debe hacer un análisis de estos fenómenos en cada caso.

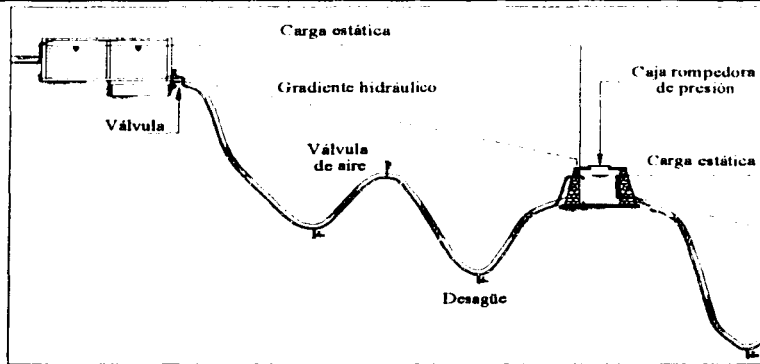


Lámina 1.2.4 Caja rompedora de presión en una conducción

## 1.2.3 CONDUCCIÓN POR TUBERÍA A BOMBEO

### 1.2.3.1 SELECCIÓN DE BOMBAS

La selección de las bombas se hará generalmente de acuerdo a la carga de bombeo y el gasto de diseño.

Para el bombeo de agua en sistemas rurales se utilizan principalmente bombas centrífugas de flujo radial con succión simple, ya que en sus condiciones son usuales las cargas de bombeo altas y gastos pequeños.

Las bombas centrífugas pueden ser verticales u horizontales. El arreglo entre la bomba y su motor dependerá del tipo de bomba utilizada y del diseño realizado para las condiciones del lugar, así pues, si el lugar está sometido a inundaciones se deberá tener al motor y otras partes eléctricas protegidas.

Las curvas carga - gasto de una bomba y su eficiencia se indican en graficas proporcionadas por el fabricante, como la que se muestra en la lámina 1.2.5.

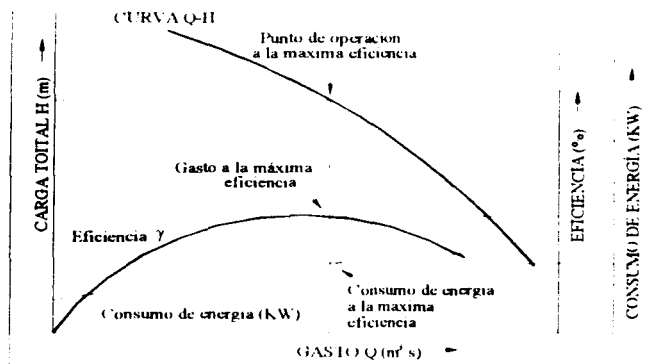


Lámina 1.2.5 Curva característica típica de una bomba

Frecuentemente el tiempo de operación de las bombas es casi continuo y ocurre por largos períodos de tiempo por lo que se deben seleccionar para lograr el máximo valor de eficiencia y confiabilidad posibles. Por lo anterior se debe buscar dicha optimización tanto en la selección como en la operación. Para lograr este objetivo es recomendable la búsqueda de la mejor opción, entre las diferentes marcas nacionales e internacionales, escogiendo la que maximice ambas variables, con base en los datos proporcionados por los diferentes fabricantes

### 1.2.3.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LAS BOMBAS

La potencia requerida para proporcionar la carga necesaria de bombeo puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$P = 0.01315 \frac{QH}{\gamma_{MB}} \quad (1.2.1)$$

Donde:

P - Potencia al freno, en HP

Q - Gasto, en l/s

$\gamma_{MB}$  - Coeficiente del conjunto motor-bomba (producto de la eficiencia del motor por la de la bomba)

H - Carga dinámica, en metros de columna de agua, (mca)

$$H = h_c + h_R + h_{fa} + h_v \quad (1.2.2)$$

Donde:

$h_c$  - Carga estática

$h_R$  - Pérdida de carga en la línea de conducción

$h_{fa}$  - Pérdida de carga en los accesorios y piezas especiales

$h_v$  - Carga de velocidad en la descarga ( $V^2/2g$ )

### 1.2.3.3 INSTALACIÓN DE LAS BOMBAS

La instalación del equipo de bombeo pueden ser del tipo húmedo, o sea sumergidas en el agua (bombas sumergibles o bombas accionadas por motores colocados arriba de la bomba en el pozo) o del tipo seco, separadas del agua por una loza (bombas instaladas en un cuarto de bombeo).

Las bombas horizontales algunas veces se sitúan sobre el nivel del terreno, debido a que la instalación se facilita.

## 1.2.4 TIPO DE TUBERÍAS

Las tuberías representan la mayor parte de la inversión, por lo cual la elección adecuada es de vital importancia.

Las tuberías más comunes son de fierro galvanizado, acero, asbesto-cemento, policloruro de vinilo (PVC), polietileno de alta densidad y cobre.

La elección de un tipo de tubería depende de los siguientes factores:

- Disponibilidad en el mercado local.
- Costo
- Diámetros disponibles.
- La presión de diseño.
- La corrosión del agua y del suelo en donde se ubicarán las tuberías.

Son aplicables las siguientes recomendaciones:

- El acero es un material más resistente, lo cual lo hace la mejor opción cuando se esperan presiones muy altas. Tiene una vida útil larga. No obstante los tubos de acero y también sus piezas especiales son costosos, por lo cual se recomienda, cuando las condiciones permitan usar otro tipo de tubo más económico, una manera de reducir las presiones es por medio de cajas rompedoras de presión.
- Las tuberías de asbesto cemento son resistentes a la corrosión y ligeras. Requieren de un cuidado especial en su transporte, manejo y almacenaje.
- El PVC y el polietileno son resistentes a la corrosión y tienen bajo coeficiente de rugosidad. Son ligeros y de instalación rápida. El PVC pierde resistencia cuando es expuesto por periodos largos al sol, por lo que se debe tener cuidado si se almacena en lugares abiertos.
- El polietileno de alta densidad es recomendable en diámetros pequeños, porque puede suministrarse en rollos. Por lo tanto el número de juntas se ve reducido de manera importante. Además debido a su flexibilidad puede adaptarse a trazos irregulares eliminando la mayoría de los codos. Entre sus ventajas se tiene que no se deteriora por la exposición directa al sol. Por otra parte tiene un costo unitario mayor que el PVC.
- Resumiendo, para líneas de conducción en el caso de tuberías de diámetros pequeños (menores de 150 mm), el polietileno y el PVC son buenas opciones. Cuando se requiere una mayor resistencia mecánica, tanto a la presión del agua como a asentamientos del terreno puede emplearse el acero o el fierro galvanizado. Para tuberías de tamaños medios (hasta 300 o 400 mm) el asbesto cemento debe ser considerado. El acero es usado generalmente para tuberías de diámetros mayores a 150 mm.

La tabla 1.2.1 muestra un análisis comparativo de las características de las tuberías.

Tipo de tubería	PVC Y P.E	A.C	COBRE	Fo. Go.	ACERO SIN RECUBRIR	ACERO RECUBIERTO
1. Costo de la tubería	+	+	-	+ -	-	-
2. Disponibilidad de diámetros mayores a 150 mm	+ -	+ -	-	-	+	+
3. Resistencia a la presión interna	+ -	+ -	++	++	++	++
4. Resistencia contra ruptura cuando se hacen conexiones ilícitas	+	+ -	+ -	++	+ -	+ -
5. Resistencia a la corrosión	++	+ -	++	+	-	+

Tabla 1.2.1 Análisis comparativo de las características de las tuberías

- ++ : Mucho muy adecuado
- + : Muy adecuado
- + - : Adecuado
- : Menos adecuado

PVC Cloruro de Polivinilo.  
 P.E. Polietileno de alta densidad.  
 A.C. Asbesto Cemento.  
 Fo.Go. Fierro Galvanizado.

## 1.2.5 TRANSITORIOS HIDRÁULICOS EN LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

Se conocen como fenómenos transitorios hidráulicos rápidos o golpe de ariete al proceso de variación rápida de la velocidad y presión que acompañan el cambio repentino de una condición de operación a otra en la línea de conducción. Se producen en los siguientes casos.

- El cierre o apertura de una válvula al final o en puntos intermedios de una tubería.
- El arranque de los equipos de bombeo
- El paro repentino de los equipos de bombeo.

En dependencia de las condiciones de la conducción, los fenómenos transitorios pueden presentar los siguientes problemas:

- Presiones muy altas, que pueden llegar a reventar los tubos, sus juntas, o los accesorios en la línea.

- **Presiones muy bajas (presiones negativas o vacios)** Una presión negativa en la tubería significa una presión menor que la atmosférica, el límite físicamente posible es de -10.0 metros de columna de agua (-1.0 Kg/cm<sup>2</sup>). Por la parte exterior de la tubería siempre está presente la presión atmosférica, igual que un empuje del terreno en caso de tuberías enterradas, y si la rigidez del tubo no es suficiente para resistir la mayor presión externa éste podría llegar a colapsarse. Las presiones negativas no son deseables porque pueden propiciar la introducción de aire en la conducción.

La magnitud de los transitorios depende de los siguientes factores:

- La rapidez del cierre (en caso de válvulas) o paro y arranque (en caso de equipos de bombeo)
- La velocidad del flujo en la conducción antes del transitorio. A mayor velocidad mayores sobrepresiones y depresiones
- La rigidez de los tubos. Los transitorios son más bruscos y de mayor magnitud en tubos de acero y asbesto cemento, y de menor magnitud en PVC y polietileno.
- La longitud de la conducción. Mientras mayor longitud presente una tubería más significativas son las sobrepresiones y depresiones debidas a los fenómenos transitorios. En tuberías cortas los fenómenos transitorios son insignificantes
- La topografía, en particular en conducciones en topografía accidentada se llegan a producir presiones negativas o vacios en los puntos altos

El cierre (o apertura) de una válvula en tuberías por gravedad puede provocar un transitorio importante únicamente si el cierre es muy rápido. En sistemas rurales las válvulas son de acción manual, que no pueden cerrarse muy rápido, por lo tanto pocas veces el transitorio puede resultar importante.

El arranque de los equipos de bombeo con válvulas abiertas puede generar transitorios no deseables, incluso peligrosos, como en los siguientes casos:

- En el arranque contra una tubería vacía (llenado de la línea) parcialmente cerrada en su final o en un punto intermedio. Durante el llenado las bombas operarían con una carga baja, y con gasto y velocidad mucho mayores que el gasto y velocidad de diseño. La detención brusca de la columna del agua por una válvula parcialmente cerrada puede generar sobrepresiones importantes.
- Para algunas líneas la carga estática puede ser mucho mayor que la carga de diseño. En los primeros instantes del arranque (contra una tubería llena con válvulas de no retorno en las bombas) se generaría la carga con gasto cero y una sobrepresión que se trasmite por la tubería.

Para evitar fenómenos transitorios en estos casos los equipos de bombeo se arrancan con válvulas cerradas, que se abren gradualmente después evitando de esta forma cambios bruscos a lo largo de la línea.

Las bombas operadas por motores eléctricos se detienen bruscamente cuando se interrumpe el suministro de energía eléctrica. Si la conducción cuenta con una longitud considerable, el transitorio que se genera puede ser importante y debe de analizarse. Se utiliza para este fin un programa de cómputo que simula los transitorios.

Si los resultados muestran presiones inadmisibles, se deben de prever medios de control de transitorios.

La experiencia ha mostrado que no se producen transitorios importantes en sistemas con bombas operadas por motores de combustión interna.

Resumiendo, en sistemas rurales por gravedad no se necesita análisis de transitorios, salvo casos especiales de tuberías muy largas, velocidades del flujo altas, y/o válvulas de cierre rápido. En conducciones con bombas operadas por motores eléctricos se analiza el caso del paro accidental de los motores.

### **1.2.6 ACCESORIOS**

Debido a que la tubería normalmente seguirá la superficie del terreno, se deberán tomar medidas para liberar aire atrapado en los puntos altos y para el drenado en los puntos bajos.

Existen dos tipos de válvulas de aire: válvulas eliminadoras de aire y válvulas de admisión y expulsión de aire, igual que una combinación entre las dos.

Las válvulas eliminadoras de aire son usadas para expulsar pequeñas cantidades de aire que se acumulan en los puntos altos de la tubería en la operación normal. Se instalan en los puntos más altos para proporcionar una continua ventilación del aire acumulado.

Las válvulas de admisión y expulsión de aire son usadas para admitir aire en la tubería y prevenir la creación de vacío que puede ser resultado de la operación de válvulas, el desagüe rápido, una separación de la columna de agua, u otras causas. Sirven también para expulsar el aire en el llenado de la línea.

Cuando la topografía es accidentada se localizan válvulas de admisión y expulsión de aire en los sitios más elevados del perfil, mientras que, cuando la topografía sea más o menos plana se ubican en puntos situados cada 500 m como máximo. Cabe señalar que estas válvulas se necesitan para el llenado y vaciado de la línea, y se instalan independientemente de los resultados del análisis de transitorios. Se consideran en el análisis de los transitorios cuando este muestra vacíos en la línea.

En los puntos más bajos de la tubería se deben instalar desagües para facilitar el vaciado de la tubería en caso de roturas durante su operación. También se utilizan para el lavado de la línea durante su construcción.

La lámina 1.2.6 muestra la localización de las válvulas de aire y desagües en una línea de conducción, y la tabla 1.2.2 los tipos de válvulas recomendados en los diferentes casos.

De una manera aproximada, el diámetro de las válvulas de admisión y expulsión de aire en una línea puede tomarse de la tabla 1.2.3. Para un cálculo más preciso se deben de consultar los catálogos de los fabricantes.

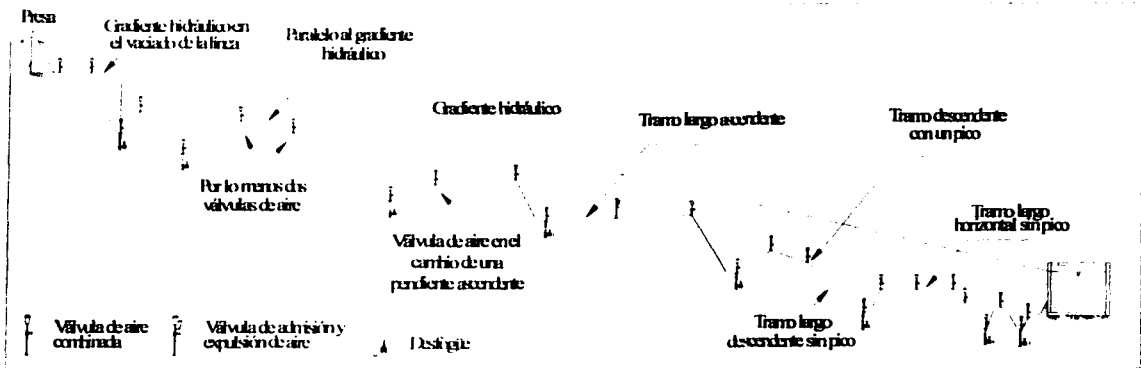


Lámina 1.2.6 Localización de válvulas de aire

Tabla 1.2.2 Tipos de válvulas de aire recomendados

Puntos altos	Válvula combinada
Pendientes descendentes	Válvula combinada
Pendientes ascendentes	Válvula combinada
Tramos largos ascendentes	Válvula de admisión y expulsión
Tramos largos descendentes	Válvula combinada
Tramos largos horizontales	Evitar (si es posible) de instalar la Tubería en esta condición; si es inevitable, instalar válvulas combinadas

Tabla 1.2.3 Diámetros de válvulas de admisión y expulsión de aire

Diámetro de la tubería		Gasto (l/s)	Diámetro de la válvula	
(mm)	(pulg.)		(mm)	(pulg.)
13 a 100	½ a 4	0 a 12.6	13	½
150 a 250	6 a 10	12.7 a 50.4	25	1
300 a 450	12 a 18	50.5 a 201.6	50	2



## 1.3 REGULARIZACIÓN

### 1.3.1 VARIACIÓN HORARIA DE LA DEMANDA

La lámina 1.3.1 muestra una curva típica de variación del consumo de agua potable en localidades pequeñas (2,500 - 5,000 hab.) de México. Los valores correspondientes se muestran en la tabla 1.3.1. Se observan generalmente dos períodos pico, uno en la mañana y otro en la tarde. La variación depende del nivel socioeconómico y tamaño de la comunidad. Para comunidades rurales la variación tiende a ser mayor, y normalmente es menor para comunidades grandes y ciudades pequeñas. Si en la comunidad se tienen tinacos o cisternas, la variación de la demanda es diferente.

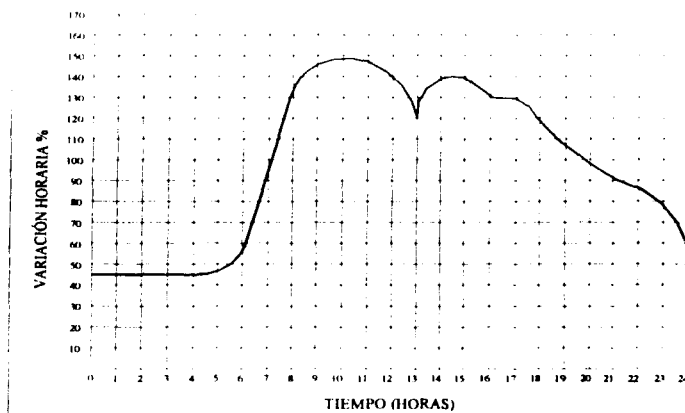


Lámina 1.3.1 Variación horaria de la demanda

### 1.3.2 NECESIDAD DE REGULARIZACIÓN

Si no hubiera regularización el gasto de la fuente (y de las obras de potabilización si están presentes) deberá poder seguir las variaciones de la demanda. Esto normalmente no es económico, y en algunos casos incluso no es factible técnicamente.

Para balancear el gasto constante que proviene de la fuente con la demanda variable de la población se construyen tanques de regularización. La capacidad de éstos debe ser suficiente para cubrir las diferencias acumuladas entre el suministro de la fuente y la demanda.

De acuerdo a las características de la conducción se presentan las siguientes condiciones para la implementación del tanque de regularización:

Tabla 1.3.1 Variación del consumo en pequeñas poblaciones, expresada como porcentajes horarios del gasto máximo horario

Horas	Consumo (%)
0 - 1	45
1 - 2	45
2 - 3	45
3 - 4	45
4 - 5	45
5 - 6	60
6 - 7	90
7 - 8	135
8 - 9	150
9 - 10	150
10 - 11	150
11 - 12	140
12 - 13	120
13 - 14	140
14 - 15	140
15 - 16	130
16 - 17	130
17 - 18	120
18 - 19	100
19 - 20	100
20 - 21	90
21 - 22	90
22 - 23	80
23 - 24	60

1) Si el agua llega de la fuente a la población por gravedad, el tanque será imprescindible en los siguientes casos:

- Cuando el gasto de la fuente es menor que la demanda máxima horaria.
- Cuando la conducción (de la fuente hasta la población) es tan larga que resulta más económico usar una tubería de diámetro menor.

2) Si el agua llega por bombeo resulta conveniente el tanque, y su volumen dependerá de las horas de bombeo en el día.

Como una alternativa de los tanques elevados, para mantener la presión en la red en ciertos límites, en los sistemas con bombeo pueden usarse tanques a presión (hidroneumáticos). Cuando la presión tiende a bajar por debajo de cierto límite, el tanque manda señal de arranque de las bombas. Las bombas se paran cuando la presión tiende a rebasar otro límite de presión máxima.

Un tanque hidroneumático tiene un volumen pequeño que no puede usarse para regularización, y la conducción se diseña entonces para el gasto máximo horario.

La ventaja de un tanque hidroneumático es que puede resultar más económico que un tanque elevado. No obstante requiere de una instalación más compleja y de cierto mantenimiento y vigilancia, y por esto no es recomendable su uso en sistemas rurales.

### 1.3.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE

El cálculo de la capacidad necesaria de regularización puede hacerse por procedimientos analíticos o gráficos, siempre que se disponga de la ley de variación de la demanda.

Cuando no se conozca la ley de demanda, se calcula la capacidad considerando la tabla 1.3.2.

Tabla 1.3.2 Capacidad de regularización

Tiempo de Bombeo (horas)	Suministro al Tanque (horas)	Gasto de Bombeo (l/s)	Capacidad de Regularización (m <sup>3</sup> )
De 0 a 24	24	$Q_{md}$	$C = 14.58 Q_{md}$
De 4 a 24	20	$Q_{md}$	$C = 7.20 Q_{md}$
De 6 a 22	16	$Q_{md}$	$C = 15.30 Q_{md}$

**Nota:**  $Q_{md}$  = Gasto máximo diario en l/s  
 $C$  = Capacidad de regularización en m<sup>3</sup>

En el caso de una conducción por gravedad se considera un suministro al tanque de 24 horas.

### 1.3.4 RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO DE REGULARIZACIÓN

En los casos donde la fuente puede abastecer a la comunidad por gravedad se analiza primero la posibilidad de eliminar el tanque de regularización, de la siguiente manera:

- Se determina el gasto máximo que puede dar la fuente en forma continua.
- Se compara el gasto de la fuente con la demanda máxima horaria. Si el gasto de la fuente es menor resulta necesario un tanque. En caso contrario se pasa al siguiente punto.
- Se calcula el diámetro de la conducción para dos gastos: el máximo diario y el máximo horario. Se estima su costo en los dos casos.
- Se calcula la capacidad necesaria del tanque y se estima su costo.
- Si la suma del costo del tanque y de la conducción calculada con el gasto máximo diario es mayor del costo de la conducción calculada con el gasto máximo horario, el tanque se puede eliminar.

El tanque debe ubicarse lo más cerca posible de la población, en una elevación más alta que el área de distribución. Si existen elevaciones adecuadas, se construye un tanque superficial.

La elevación en la cual se ubica el tanque debe de cumplir con:

1) La elevación del piso del tanque debe de ser suficiente para asegurar la presión requerida en todos los puntos de la red. Para obtener esta elevación se usa el siguiente procedimiento:

- Se propone una elevación para el fondo del tanque.
- Se realiza el cálculo hidráulico de la red de distribución con en el nivel propuesto y con la demanda máxima horaria.
- Se localiza el punto en que se presentan las presiones más bajas en la red, que se define como *punto crítico*.
- Se suma la elevación del punto crítico, la presión requerida y las pérdidas de carga en el recorrido del flujo desde el tanque hasta el punto crítico.
- Se establece la elevación del piso del tanque que debe ser mayor, o al menos igual a la elevación calculada en el punto anterior.

2) La diferencia de altura entre el nivel del tanque estando lleno y el punto más bajo por abastecer debe ser menor de 10 m.

La capacidad del tanque se determina por los métodos analíticos o gráficos. Si no se dispone de la ley de variación de la demanda, se utilizan las fórmulas de la tabla 1.3.2.

En general el suministro de agua al tanque es continuo durante las 24 horas, tanto en condiciones por gravedad como por bombeo, ya que no se justifica económicamente el diseño de una conducción con bombeo de menos de 24 horas, salvo en casos excepcionales.

En los sistemas de agua potable para comunidades rurales los tanques se diseñan exclusivamente para regularizar, es decir, no se considera una reserva de imprevistos como son: demandas contra incendio, fallas de energía eléctrica (en sistemas de bombeo) y fallas en las líneas de conducción.

Los tanques superficiales de mayor tamaño normalmente son de concreto armado; los más pequeños pueden ser de concreto simple o mampostería. Los tanques elevados son de acero, concreto reforzado o mampostería sobre columnas de concreto. Los tanques de acero se apoyan generalmente en estructuras de acero.

Si el fondo del tanque superficial se encuentra a un nivel más bajo que el alcantarillado, drenes, letrinas, depósitos de agua estancada u otra fuente de polución, el tanque deberá alejarse de la misma 15.0 m como mínimo.

En la tubería de entrada se debe considerar la instalación de una válvula de seccionamiento que permita acciones de mantenimiento y una válvula de flotador o de altitud, localizando su entrada al tanque por la parte superior.

En terrenos planos donde no existen elevaciones para ubicar un tanque superficial se utilizan tanques elevados. Los tanques elevados son más costosos que los tanques superficiales.

Puede utilizarse también una combinación de tanque superficial, bombeo y tanque elevado (lámina 1.3.2). En este caso el tanque superficial asegura la mayor parte del volumen necesario para la regularización y el tanque elevado puede ser de menor capacidad; este esquema puede resultar demasiado complejo para una comunidad rural.

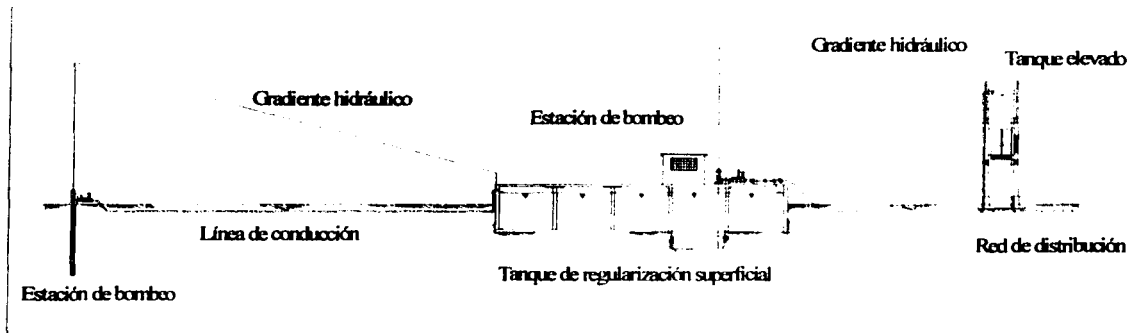


Lámina 1.3.2 Combinación de tanques superficial y elevado

Los tanques elevados se pueden construir en torres de 10, 15 y 20 m y con capacidades desde  $10 \text{ m}^3$ . Para zonas rurales se recomiendan tanques con la capacidad mínima de  $10 \text{ m}^3$ .

La tubería de salida del tanque elevado siempre debe instalarse en la parte inferior del depósito.

Debe asegurarse que en los tanques elevados no se presenten derrames, dado que representan un desperdicio; se evitan por medio de válvulas de flotador o altitud; sin embargo, como un requisito de seguridad es conveniente instalar un vertedor de demasias que esté constituido por tubería situada en el interior del depósito la que se continua en la torre unida a una de las columnas.

Deben colocarse escaleras tipo "marino" para la inspección, limpieza o para efectuar reparaciones en los tanques.

Los tanques metálicos se deben proteger contra la corrosión, no siendo recomendables en las costas.

## **CAPÍTULO 2**

### **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO POR BOMBEO**

El mantenimiento es la inspección periódica de equipos y mecanismos para descubrir fallas o desarrollo de fallas que lleven a la descompostura o deterioro de los elementos del sistema, y realizar acciones para corregir a tiempo dichas fallas.

Dentro de un Organismo Operador se debe contar con un departamento encargado de estas actividades, tal como se muestra en el organigrama óptimo.

El mantenimiento de la infraestructura y sus accesorios, combinado con una correcta operación favorecen la conservación y buen funcionamiento de todo el sistema, desde la captación, línea de conducción, tanques reguladores, equipos de desinfección, red de distribución, tomas domiciliarias e hidrantes públicos.

Para conocer realmente el proceso, su problemática y soluciones, es necesario que el sistema sea monitoreado correctamente.

Todo sistema de abastecimiento de agua potable necesita un mantenimiento continuo para funcionar de manera segura, eficiente y rentable.

Tradicionalmente los programas de mantenimiento en un sistema de abastecimiento son dirigidos a reparar un equipo fuera de servicio, lo que representa un mantenimiento correctivo.

La planeación de programas de mantenimiento casi no existe en el país. Un programa de mantenimiento completo está integrado por: un sistema de planeación, organización, personal, directrices y trabajos de mantenimiento controlados.

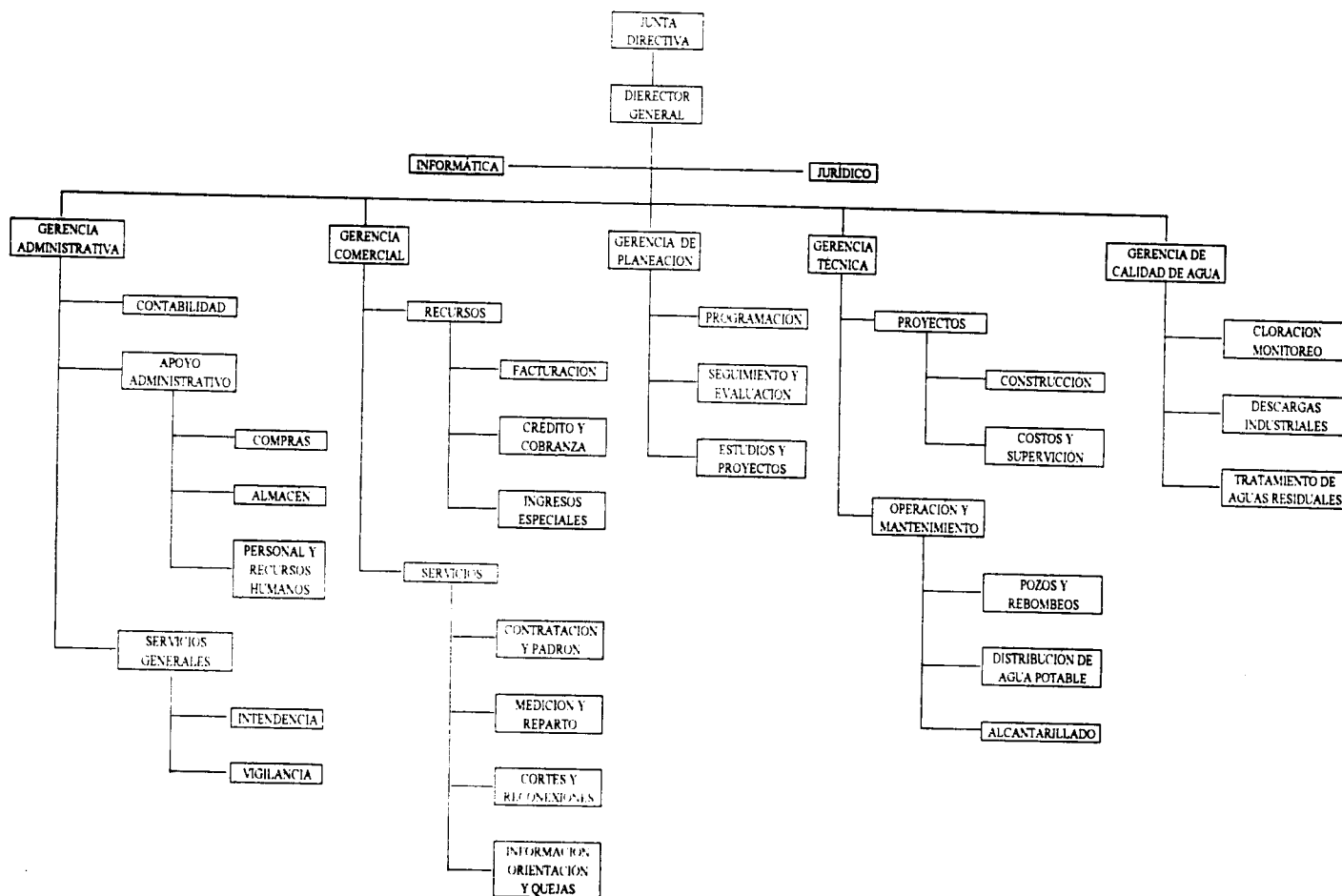
Un programa de mantenimiento balanceado es aquel donde se llega al equilibrio entre mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. La inspección periódica de equipos e instalaciones puede detectar futuros problemas factibles de resolver antes de que sean críticos en forma económica, y no después de que el equipo o sistema haya fallado, lo que repercutiría en reparaciones costosas.

Finalmente, la diferencia entre mantenimiento preventivo y correctivo se da con la experiencia del personal de mantenimiento en la aplicación de sus programas.

Cualquiera puede abrir o cerrar una válvula, arrancar o parar una bomba, pero solo un operador capacitado sabrá cuando abrir o cerrar una válvula o cuando arrancar o parar una bomba, y cuando y cuanto se debe recircular y purgar. Un operador puede usar indicadores físicos y visuales para conocer las condiciones de funcionamiento de su equipo de bombeo.

Un programa integral de mantenimiento debe quedar contemplado en las políticas y procedimientos del organismo operador, y debe ser implantado por personal de alto nivel.

ORGANIGRAMA OPTIMO DE UN ORGANISMO OPERADOR



La programación del mantenimiento permite utilizar al personal, equipos y herramientas y partes de repuesto de la manera más eficiente. El objetivo principal de esta programación es asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y unidades del sistema, y consecuentemente obtener un buen abastecimiento de agua.

Los equipos de proceso en servicio deben operar constantemente hasta que son puestos fuera de servicio para su mantenimiento preventivo. La programación de este mantenimiento necesita proveer el uso de herramienta y partes de repuesto involucrados. La programación del mantenimiento asegura que se tenga un mínimo de fallas no planeadas o no esperadas.

Un buen Departamento de Mantenimiento debe almacenar partes de repuesto y materiales para hacer reparaciones a tiempo. Es tarea del jefe organizar un programa de almacén que responda a la necesidad del programa de mantenimientos, y que los trabajos se realicen sin demoras, con una inversión razonable en costos de capital. (ver organigrama óptimo de un organismo operador)

Existen diversas formas de clasificarlos materiales en los almacenes, lo normal es que se agrupen de la siguiente manera:

- **Partes de repuesto:** son piezas extras de los equipos que el fabricante recomienda o que el trabajador con experiencia puede predecir. Estas partes se destinan a corregir fallas potenciales en los equipos; consisten en partes vulnerables, partes que se desgastan o difíciles de obtener o con tiempos de entrega muy largos. La decisión de almacenar estas partes se basa en la importancia de cada una para el correcto funcionamiento de la planta.
- **Materiales de uso normal:** consisten en piezas o en materiales de uso diario en actividades de mantenimiento. Estas piezas integran el volumen mayor del almacén, y son piezas de cambio como válvulas, piezas especiales de tuberías, baleros, bandas, piezas eléctricas, etc; deben ser almacenadas para permitir tareas de mantenimiento y minimizar compras de emergencia.
- **Materiales a granel:** no son fáciles de manejar y almacenar; deben tener lugares especiales para su manejo, son partes necesarias en el mantenimiento; incluyen placas de acero, tramos de tubería, tambos de 200 litros de productos de limpieza o productos químicos, aceites, grasas, combustibles, y solventes, los cuales deben tener cuidados especiales en su manejo y control.
- **Equipos y herramientas para actividades de mantenimiento:** las herramientas especializadas deben estar accesibles, así como las de uso diario. La disponibilidad y seguridad proporcionada por un buen almacén asegura el uso de herramienta de todo tipo cuando es requerida.
- **Piezas usadas:** normalmente existen piezas usadas que se recuperan en las reparaciones; deben ser evaluadas para su posible uso posterior, tal vez en situaciones de emergencia; si el espacio lo permite, debe haber un lugar destinado a estas piezas.

El término programación del mantenimiento incluye todo lo relacionado al mismo, no solo el mantenimiento correctivo, también el reemplazo de instrumentos y rehabilitaciones a largo plazo. El mantenimiento preventivo y el correctivo son claves en la programación.

Los equipos, que fallan, o que dan indicios de que van a fallar, deben programarse para su reparación lo más rápido posible. La persona responsable de hacer la programación debe tener conocimientos mecánicos y experiencia para estimar el tiempo, y los recursos indispensables para la reparación.



Cuando los equipos van a estar fuera de servicio por periodos prolongados para un mantenimiento mayor, se debe hacer una programación cuidadosa antes de parar la unidad, y ordenar por anticipado las partes de repuesto, herramientas especiales, equipos de difícil adquisición o venta, etc.

Como todas las actividades cuestan dinero, se aconseja llevar un registro cuidadoso del costo de equipos, partes de repuesto, mano de obra especializada, etc. Este será útil para futuras reparaciones y más aún para definir con precisión los presupuestos de los siguientes años; aquí es muy importante la intervención del Centro de Información.

La programación la debe realizar el jefe del departamento, conjuntamente con los directivos del organismo operador mediante la ayuda del Centro de Información para obtener apoyo técnico, económico y administrativo.

El mantenimiento que en sí se deberá implementar al sistema es, al igual que la operación, muy sencillo y fácil de realizarse. Las actividades se refieren a la limpieza tanto de las obras civiles (captación y tanque), como de las tuberías. En la línea de conducción, deberá efectuarse deshierbe y desmonte del terreno por donde esta se desarrolla en una franja de 2 00 m. de ancho.

Para el caso de los accesorios como son válvulas de expulsión y admisión de aire, desfuegos y seccionamiento, cuidar que las partes de cada una de ellas estén lubricadas y engrasadas.

Para cada elemento del sistema de agua potable del sistema el mantenimiento recomendado se describe a continuación.

## **2.1.- EQUIPO DE BOMBEO**

En los organismos operadores de sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, normalmente se usan dos tipos de bombas, las horizontales y las verticales, generalmente con impulsor centrífugo del tipo cerrado, abierto y semiabierto, dependiendo de la aplicación específica de que se trate.

Los métodos, usados para el arranque de estos equipos están definidos por el diseño de su impulsor y las características de la curva "carga-gasto"; durante el desarrollo de este capítulo se describirá el método a seguir, dependiendo del equipo que se trate.

### **2.1.1.- BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL**

Este tipo de bombas, generalmente tiene su aplicación en rebombes o bombeos de aguas superficiales y son del tipo centrifugas con diferentes diseños de impulsores, dependiendo de las necesidades de cada instalación; se instalan con carga en la succión o con elevación en la succión.

Cuando se tiene el segundo caso, antes de arrancar el equipo se deberá verificar que la columna de succión se encuentre llena de agua (operación de cebado), normalmente en esta condición, la tubería de succión tiene instalada una válvula check en su extremo inferior, que permite mantener siempre llena la tubería de succión, sin embargo en algunas ocasiones se llega a obstruir por la presencia de sólidos en el agua, debiendo verificarse que esto no halla ocurrido antes del arranque.

#### **Pasos para arrancar el equipo:**

- Antes de la primera puesta en marcha, o después de un paro prolongado, se debe revisar la carga de grasa de los cojinetes y añadir grasa si fuera necesario. Si se trata de un arranque rutinario, únicamente añadir la grasa necesaria
- Verificar que la flecha del motor gire libremente. Con las manos se hace girar el cople que une al motor con la bomba. En caso de no girar, no arrancar el equipo de bombeo y reportar la falla.
- En el motor, verificar el nivel del aceite y añadir en caso necesario. Si el motor es lubricado con grasa, reengrasar cada semana, expulsando la grasa usada con la inyección de grasa nueva.
- Accionar el interruptor a la posición de "conectado".
- Verificar en el voltímetro, operando el selector de fases, la existencia de voltaje entre las tres fases (220 o 440 volts). Este instrumento se encuentra, generalmente, instalado en el gabinete del arrancador
- En el arrancador, revisión visual de conexiones, alambrado y aislamiento. Inspección visual del estado de los cables de fuerza
- Cuando se arranque el equipo por primera vez o después de una reparación, hágalo funcionar y párelo inmediatamente, verificando que el sentido de giro de la flecha sea la correcta, generalmente en este tipo de bombas, el sentido de giro aparece indicado en la carcasa de la bomba
- Abrir completamente la válvula de la tubería de succión
- Estas bombas se pueden arrancar a válvula de descarga totalmente cerrada o válvula abierta, cuando la tubería de descarga está totalmente llena, si se decide el arranque a válvula cerrada, cuando el motor alcance su velocidad normal de operación deberá abrirse lentamente la válvula de descarga hasta alcanzar la posición de abertura total
- Si se cuenta con medidor de gasto, anotar la lectura indicada en el totalizador
- Anotar la hora de inicio del bombeo
- Oprimir el botón de "arranque" del arrancador y observar que el equipo de bombeo alcance su velocidad normal de giro sin que el motor o la bomba presenten ruidos, vibraciones u olores anormales. Si se presenta cualquiera de estos casos, o todos a la vez, parar de inmediato el equipo y reportarlo a mantenimiento
- Verificar con el amperímetro, si se cuenta con él, que el amperaje demandado por el motor, no sea mayor al especificado en la placa de datos del motor.

- Verificar durante la operación que la temperatura de motor se encuentre dentro de lo normal.
- Controlar la fuga de agua en los estoperos.
- Mantener limpio el motor, la bomba, los controles y el área circundante de los equipos.
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

**Pasos para parar el equipo:**

- Cerrar lentamente la válvula de la tubería de descarga, hasta su totalidad.
- Oprimir el botón de “paro” del arrancador y observar que el equipo de bombeo pare suavemente
- Si se cuenta con medidor de gasto, anotar la lectura indicada en el totalizador.
- Anotar la hora de paro del equipo de bombeo.
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

**2.1.2.- BOMBA CENTRÍFUGA VERTICAL LUBRICACIÓN POR AGUA, PARA POZO PROFUNDO**

Este tipo de bomba no se puede inspeccionar visualmente, ya que se encuentra sumergida; sin embargo, es necesario realizar ciertas acciones y revisiones, antes de arrancar el equipo de bombeo.

**Pasos para arrancar el equipo:**

- Accionar el interruptor a la posición de “conectado”.
- Verificar en el voltímetro, operando el selector de fases, la existencia de voltaje entre las tres fases (220 o 440 volts). Este instrumento se encuentra, generalmente, instalado en el gabinete del arrancador.
- En el motor, verificar el nivel del aceite y añadir en caso necesario. Si el motor es lubricado con grasa, reengrasar cada semana, expulsando la grasa usada con la inyección de grasa nueva.
- En el arrancador, revisión visual de conexiones, alambrado y aislamiento. Inspección visual del estado de los cables de fuerza
- Medir el nivel del agua (nivel estatico).
- Anotar la hora de inicio del bombeo.
- Si se cuenta con medidor de gasto, anotar la lectura indicada en el totalizador.

- Realizar la prelubricación. Las bombas de más de 15 00 metros de columna, deben prelubricarse antes del arranque, aunque la bomba se haya detenido solo por un periodo corto de tiempo. La prelubricación consiste en mojar la flecha y chumaceras de la bomba antes de arrancar, lo cual se logra instalando un depósito de capacidad suficiente, en un nivel superior al cabezal de descarga y conectado a este por medio de tubería galvanizada con su correspondiente válvula para control. Se abre la válvula del depósito de prelubricación vaciando su contenido en el interior de la columna.
- Otra forma de suministrar la prelubricación a la transmisión en este tipo de bombas es instalando un by-pass entre el cabezal de descarga y la línea de conducción, de tal forma que pueda suministrarse la cantidad de agua requerida en la prelubricación. Esto se logra cuando existe una diferencia de presiones entre ambos puntos, por lo menos para que pueda fluir el agua al interior de la columna de bombeo.
- Oprimir el botón de "arranque" del arrancador y observar que el equipo de bombeo alcance su velocidad normal de giro sin que el motor o la bomba presenten ruidos, vibraciones u olores anormales. Si se presenta cualquiera de estos casos, o todos a la vez, parar de inmediato el equipo y reportarlo a mantenimiento.
- Verificar con el amperímetro, si se cuenta con él, que el amperaje demandado por el motor, no sea mayor al especificado en la placa de datos del motor.
- Verificar durante la operación que la temperatura del motor se encuentre dentro de lo normal.
- Controlar la fuga de agua en el prensa-estopa.
- Mantener abierta la válvula de control del depósito de prelubricación hasta que el mismo se llene de agua, lo que permitirá disponer de agua para el siguiente arranque. Al llenarse éste depósito, cerrar dicha válvula.
- Medir el nivel del agua (nivel dinámico).
- Mantener limpio el motor, el cabezal de descarga, los controles y el área circundante de los equipos.
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

#### **Pasos para parar el equipo:**

- Oprimir el botón de "paro" del arrancador y observar que el equipo de bombeo pare suavemente.
- Verificar que el efecto de sobrepresión originado por el transitorio, no cause desplazamientos longitudinales que puedan dañar la bomba, si esto ocurre, se deberá verificar la existencia de atraques en los cambios de dirección de la tubería de descarga o instalar una válvula de seguridad o aliviadora de presión.
- Si se cuenta con válvula de seguridad o aliviadora de presión, verificar que su funcionamiento sea el correcto.
- Si se cuenta con medidor de gasto, anotar la lectura indicada en el totalizador.

- Anotar la hora de paro del equipo de bombeo.
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

### **2.1.3.- BOMBA CENTRÍFUGA VERTICAL LUBRICACIÓN POR ACEITE, PARA POZO PROFUNDO**

Este tipo de bomba no se puede inspeccionar visualmente, ya que se encuentra sumergida; sin embargo, es necesario realizar ciertas acciones y revisiones, antes de arrancar el equipo de bombeo.

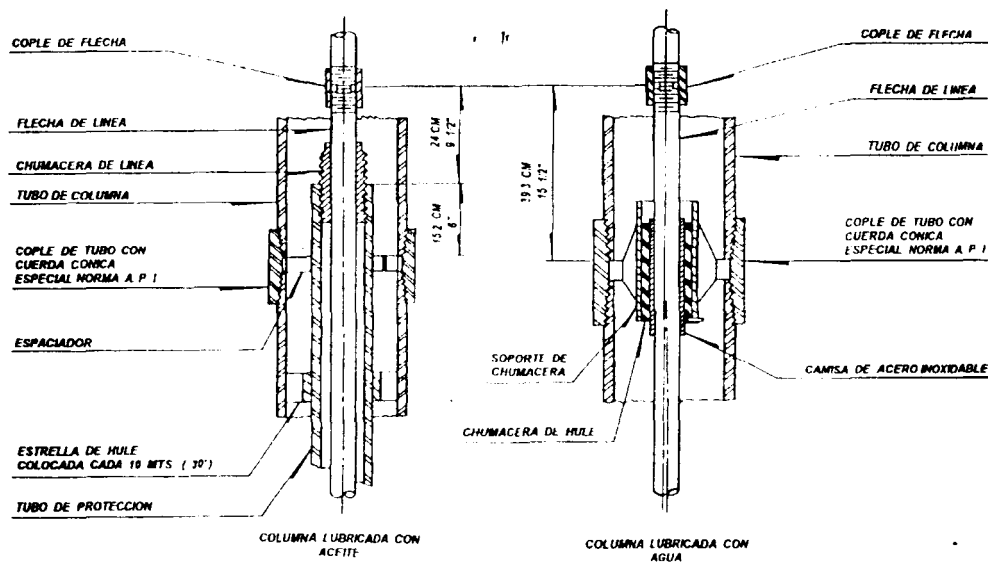
#### **Pasos para arrancar el equipo:**

- Accionar el interruptor a la posición de “conectado”.
- Verificar en el voltímetro, operando el selector de fases, la existencia de voltaje entre las tres fases (220 o 440 volts). Este instrumento se encuentra, generalmente, instalado en el gabinete del arrancador.
- En el motor, verificar el nivel del aceite y añadir en caso necesario. Si el motor es lubricado con grasa, reengrasar cada semana, expulsando la grasa usada con la inyección de grasa nueva.
- En el arrancador, revisión visual de conexiones, alambrado y aislamiento. Inspección visual del estado de los cables de fuerza.
- Medir el nivel del agua (nivel estático).
- Si se cuenta con medidor de gasto, anotar la lectura indicada en el totalizador.
- Anotar la hora de inicio del bombeo.
- Realizar la prelubricación. Ajuste el goteo de aceite entre 4 a 6 gotas por minuto para bombas con columna de hasta 30 metros de longitud, agregando de 2 a 3 gotas por minuto para cada 30 metros adicionales. Si la bomba ha estado parada por una semana o más, lubriquese con 15 a 20 gotas por minuto durante media hora por cada 30 metros de longitud, volviendo después al régimen normal.
- Durante la operación, verifique que el depósito de aceite contenga siempre suficiente lubricante.
- Oprimir el botón de “arranque” del arrancador y observar que el equipo de bombeo alcance su velocidad normal de giro sin que el motor o la bomba presenten ruidos, vibraciones u olores anormales.
- Si se presenta cualquiera de estos casos, o todos a la vez, parar de inmediato el equipo y reportarlo a mantenimiento.
- Verificar en el amperímetro, si se cuenta con él, que el amperaje demandado por el motor, no sea mayor al especificado en la placa de datos del motor.

- Verificar durante la operación que la temperatura del motor se encuentre dentro de lo normal.
- Medir el nivel del agua (nivel dinámico).
- Mantener limpio el motor, el cabezal de descarga, los controles y el área circundante de los equipos.
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

#### Pasos para parar el equipo:

- Oprimir el botón de “paro” del arrancador y observar que el equipo de bombeo pare suavemente.
- Si se cuenta con medidor de gasto, anotar la lectura indicada en el totalizador.
- Anotar la hora de paro del equipo de bombeo.
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).



Nota: Cuando se use chumacera de reducción agregue 1/4" (6.35 mm) a la dimensión anotada.

Lámina 2.1 Arreglo de las columnas para la extracción de agua en pozo profundo

#### 2.1.4 BOMBA CON MOTOR ELÉCTRICO SUMERGIDO

Este tipo de bomba no se puede inspeccionar visualmente, ya que se encuentra sumergida; sin embargo, es necesario realizar ciertas acciones y revisiones, antes de arrancar el equipo de bombeo.

### **Pasos para arrancar el equipo:**

- Accionar el interruptor a la posición de “conectado”.
- Verificar en el voltímetro, operando el selector de fases, la existencia de voltaje entre las tres fases (220 o 440 volts) Este instrumento se encuentra, generalmente, instalado en el gabinete del arrancador
- En el arrancador, revisión visual de conexiones, alambrado y aislamiento. Inspección visual del estado de los cables de fuerza.
- Medir el nivel del agua (nivel estático).
- Si se cuenta con medidor de gasto, anotar la lectura indicada en el totalizador.
- Oprimir el botón de “arranque” del arrancador
- Verificar en el amperímetro, si se cuenta con él, que el amperaje demandado por el motor, sea el correcto. Dado que el motor se encuentra sumergido, es deseable que los valores nominales de amperaje del motor se encuentren disponibles en la estación de bombeo, para ser comparados con los medidos durante la operación
- Medir el nivel del agua (nivel dinámico)
- Mantener limpio los controles y el área circundante de los equipos.
- Anotar la hora de inicio del bombeo
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

### **Pasos para parar el equipo:**

- Oprimir el botón de “paro” del arrancador.
- Si se cuenta con medidor de gasto, anotar la lectura indicada en el totalizador.
- Anotar la hora de paro del equipo de bombeo.
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

## **2.1.5.- OPERACIÓN DE EQUIPO AUXILIAR**

### **2.1.5.1.- SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

El operador deberá revisar la subestación eléctrica, antes de arrancar el equipo de bombeo.

#### **La revisión consistirá en:**

- Verificar visualmente que las líneas de alimentación, en alta tensión, estén firmemente conectadas a las boquillas de alta tensión del transformador.
- Verificar visualmente que los cables de baja tensión, estén firmemente conectados a las boquillas de baja tensión del transformador.

- Si el transformador se encuentra a nivel del piso y cuenta con indicadores de temperatura y nivel de aceite, tomar ambas lecturas y registrarlas en la bitácora.
- Verificar visualmente que en el transformador no exista fuga o derrame de aceite.
- No deberá arrancarse el equipo de bombeo si
- Se observan rotas o caídas las líneas de alimentación de alta tensión.
- Se observan rotas o caídas las líneas de baja tensión.
- En el transformador, la temperatura es muy elevada o el nivel del aceite está bajo.
- En el transformador, se observa derrame de aceite en exceso.

**Precaución:**

El operador no deberá realizar ningún tipo de trabajo en la subestación eléctrica, incluso la limpieza, ya que de hacerlo, pone en serio peligro su vida.

## **2.1.6 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A DIESEL**

Los motores de combustión interna a diesel se utilizan en lugares donde el suministro de energía eléctrica, es deficiente o no se cuenta con ella o como respaldo

**Actividades generales antes de arrancar:**

- Verificar que el embrague o clutch esté desconectado.
- Verificar el nivel de aceite. En el depósito inferior llamado carter se encuentra la bayoneta que se extrae, se limpia con estopa, se introduce y se saca para ver el nivel de aceite. Hecho esto, la bayoneta se introduce nuevamente. En caso de encontrarse bajo nivel, agregar el faltante.
- Verificar el nivel de agua. Esta actividad se ejecuta en el radiador. En caso de hacer falta, agregar la faltante utilizando agua lo más limpia posible.
- Si cuenta con acumulador, verificar el nivel del electrolito, añadiendo agua destilada o agua lo más pura posible si está bajo. Verificar que las terminales de los cables se encuentren firmemente apretados a los bornes.
- Verificar que las bandas estén lo suficientemente tensas para transmitir el movimiento más eficientemente.
- Verificar que en el tanque de combustible exista suficiente diesel. Abrir la llave del combustible.
- Engrasar las crucetas de la flecha cardan.



### **Puesta en marcha:**

- Verificar nuevamente que el embrague esté desconectado.
- Si el motor es de arranque eléctrico, bastará sólo con oprimir un botón y acelerarlo un poco. En otros casos es necesario arrancarlo manualmente con una manivela y acelerarlo un poco.
- Mantener esta aceleración de uno a dos minutos, transcurrido este tiempo, **desacelerarlo**.
- Conectar el embrague y acelerarlo hasta su velocidad normal de operación.

### **Motor en operación:**

- Registrar las lecturas de presión de aceite, temperatura, amperaje y revoluciones por minuto, cada hora, durante el período de trabajo.
- Anotar la hora de arranque y paro. Contabilizando las horas efectivas de trabajo.
- Verificar visualmente si existe fuga de agua, aceite o combustible.
- Mantener limpia el área circundante del equipo.
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

### **Parar el motor:**

- Desacelerar el motor poco a poco.
- Desconectar el embrague
- Apagar el motor.
- Cerrar la llave del combustible
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

### **Precaución:**

No se deberá arrancar el motor, sin verificar antes que estén correctos los niveles de agua, aceite y combustible.

## **2.1.7.- CABEZAL DE ENGRANES**

El cabezal de engranes es un equipo que se utiliza, preferentemente en lugares donde no se cuenta con suministro de energía eléctrica, o ésta falla muy frecuentemente. Su instalación se localiza sobre el cabezal de descarga del equipo de bombeo de pozo profundo, siendo un elemento importante en la operación de la bomba, ya que su función es transmitir el sentido de giro correcto a la bomba.

**Actividades generales antes de arrancar:**

- Inspección visual del nivel de aceite y añadir el faltante si fuese necesario.

**Cabezal de engranes en operación:**

- Verificar visualmente si existe fuga de aceite.
- Mantener limpia el area circundante del equipo.
- Reportar cualquier condición anormal en la operación del cabezal, que puede ser ruido o vibraciones excesivas, sobrecalentamiento, fuga de aceite en exceso, etc.
- Anotar lo realizado en la libreta de registro (Bitácora).

**Precaución:**

Agregar el aceite faltante sólo cuando este parado el equipo.

## **2.2.- LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

La operación de la línea se resume en la apertura de la válvula de seccionamiento tipo compuerta que se localiza al final del tren de descarga de la bomba, así como las válvulas de admisión y expulsión de aire combinada tipo mixta

Una vez efectuada esta operación, se acciona el botón del arrancador para encender el botón de la bomba, la cual hará fluir el agua a través de la tubería hasta llegar al tanque de regulación, cuando el agua derrama por la tubería de excedencias indica que el tanque se encuentra totalmente lleno.

### **2.2.1.- POSIBLES FALLAS DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

Si al medir el gasto del agua en la llegada al tanque de regularización, difiere en mucho con el medido en la captación, quiere decir que existe alguna irregularidad en la tubería de la línea de conducción.

A continuación se enuncian las posibles fallas que se pueden presentar en la línea de conducción:

- Ruptura de tuberías.
- Taponamiento de tuberías por fallas de las válvulas de admisión y expulsión de aire.
- Taponamiento de tuberías por acumulación de sedimentos en las partes bajas de la línea.
- Tomas clandestinas a lo largo del recorrido.

### **2.2.2.- COMO CORREGIR LAS FALLAS**

En caso de rupturas de tuberías, se debe descubrir esta en el sitio de la ruptura, quitar la parte del tramo dañado e instalar un cople de reparación.

Las válvulas de expulsión de aire, de admisión y expulsión de aire, pueden presentar fallas después de haber estado operando en forma regular, se dice que estas válvulas operan adecuadamente cuando se observa que expulsan el aire a presión combinado con una pequeña cantidad de agua la cual se esparce en forma de brisa, lo que provoca que el suelo cercano a las válvulas se mantengan húmedas. Al expulsar el aire las válvulas emiten un sonido típico de cuando se escapa el aire a presión. Si las características descritas anteriormente no son observadas en las válvulas, significa que presenta algún desperfecto, este desperfecto puede ser causado por el acumulamiento de sedimentos (sarro) entre el flotador de la válvula y los empaques de la misma provocando la adherencia de estas partes impidiendo el paso del aire. Lo anterior se soluciona desarmando la válvula para limpiar los empaques y la parte superior del flotador.

Cuando los desperfectos de una misma válvula se presentan en periodos de tiempo muy cortos (de 2 a 3 meses), esta deberá substituirse.

El aire que penetra a la tubería de conducción puede formar taponamientos, en las partes altas de las mismas, si las válvulas de expulsión y/o combinadas no funcionan adecuadamente, por lo que corrigiendo estas anomalías el sistema volverá a operar de manera normal.

Por otra parte cuando el agua captada se encuentra turbia a consecuencia de los elementos disueltos en ella, ocurre que en las partes bajas de la línea de conducción (valles) se acumulen materiales que obstruyen el paso del agua. Para solucionar esto se deberá cerrar parcialmente la válvula de alimentación en la captación a un cuarto de su capacidad, posteriormente abrir totalmente la válvula de desfogue, permitiendo que el agua fluya libremente hasta que dejen de salir todos los sedimentos acumulados, después de esto cerrar nuevamente la válvula. Este proceso deberá efectuarse en las demás válvulas de desfogue, cuidando de iniciar la limpieza de la tubería en el primer desfogue que se encuentre partiendo de la captación hacia el tanque.

### **2.2.3.- RECOMENDACIÓN**

Para una mejor conservación de la infraestructura instalada y que se garantice el buen funcionamiento del sistema, se recomienda que la limpieza de la tubería se realice cada cuatro meses (tres veces al año), siguiendo las indicaciones descritas en este capítulo. Así mismo deberá efectuarse la limpieza de la franja de terreno por donde se desarrolla la línea para evitar el crecimiento de arbustos y árboles cuyas raíces dañen en un futuro a la tubería, efectuar el desmonte en una franja de 2 00 m de ancho.

### **2.2.4.- DETERIORO DE LAS VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO**

Aunque es difícil el fallo de esta válvula, puede en un momento dado, por descuido presentar oxidación del vástago lo que hace que al operarla se torne demasiada dura provocando la ruptura del vástago o la compuerta en sí.

Estas válvulas debido a que se venden completas, no es posible la substitución de algunas de sus partes. Sin embargo pueden ser reparadas en un taller de herrería con soldadura autógena (oxiacetilénico), en caso contrario tendrá que ser substituida de inmediato.

El mantenimiento preventivo que debe darse a las válvulas consiste en el engrasado del vástago en forma periódica y limpieza de la caja para operación, para evitar que la humedad sea permanente.

## **2.2.4.1 REPARACIONES EN VÁLVULAS**

### **2.2.4.1.1 VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO (COMPUERTA)**

Este tipo de válvulas (lámina 2 2) es de uso generalizado, se emplean tanto en el cabezal o tren de descarga, en los tanques de almacenamiento, redes de distribución y cualquier otro sitio donde se requiera seccionar o cortar el flujo de agua, bien sea para revisar o reparar alguna zona del sistema de abastecimiento

Dada la naturaleza de su construcción y su forma de operar, no es muy común que este tipo de válvulas presenten fallas, sin embargo, a continuación se enlistan las posibles que pudieran llegar a ocurrir, así como las medidas para su reparación.

#### **A) Fugas de agua hacia el exterior**

Estas se pueden presentar por conexiones defectuosas o en mal estado. Para su reparación se debe verificar el buen estado de los empaques entre las bridas y en su caso sustituirlas, de no ser así, únicamente apretar los tornillos de la unión de bridas.

#### **B) Fugas entre el vástago y el bonete**

Se debe proceder a ajustar el bonete y cambiar el empaque o junta existente, verificar que no tenga demasiado desgaste el vástago

#### **C) Atascamiento del vástago y/o compuerta (Disco)**

Abrir la válvula y despegar con cuidado la parte atascada, volver a armar verificando que las partes funcionen adecuadamente, los empaques queden bien colocados y los tornillos suficientemente apretados

Para evitar estos atascamientos es necesario operar las válvulas al menos una vez por mes.

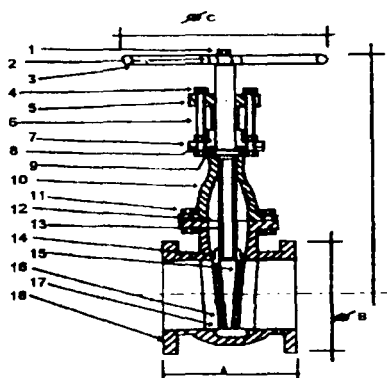
#### **D) Desprendimiento de la compuerta o galleta (Disco)**

Desarmar la parte superior de la válvula para sacar el vástago y compuerta; verificar la causa de su desprendimiento y corregir de ser posible

#### **E) Fugas de agua hacia el exterior por mal sellado de la compuerta y/o carril de ensamble**

Desmontar la válvula para limpiar el carril de deslizamiento o ensamble de la compuerta, si se encuentran zonas con alto desgaste o corrosión, estas se podrán rellenar o resanar con soldadura.

En todos los casos antes mencionados, cuando se requiera desarmar una parte de la válvula, será indispensable parar el sistema de flujo de agua y/o accionar las posibles válvulas que aislen el tramo



No.	PORTE
1	TUERCA
2	RONDANA
3	VOLANTE
4	TUERCA
5	BRIDA ESTOPERO
6	TORNILLO DEL ESTOPERO
7	CAJA DE EMPAQUES
8	EMPAQUE
9	JUNTA
10	BONETE
11	TORNILLO
12	JUNTA
13	VASTAGO
14	TUERCA DE LA COMPUERTA
15	COMPUERTA
16	ANILLO DE LA COMPUERTA
17	ANILLO
18	CUERPO

Lámina 2.2 Válvula de seccionamiento (compuerta)

### 2.2.4.1.2 VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE COMBINADA TIPO MIXTA

Se recomienda revisar periódicamente, por ejemplo cada tres meses, mediante un recorrido por la línea de conducción, probando su funcionamiento mediante el cierre y posterior apertura de la válvula de seccionamiento instalada junto a ella.

Las posibles fallas más comunes de este tipo de válvulas (lámina 2.3) así como su reparación, son:

#### A) Fugas al exterior por conexiones defectuosas o en mal estado

Cuando se presente este tipo de falla se debe proceder a apretar los tornillos de las bridas de conexión, verificando el buen estado de los empaques, misma que de encontrarse mal se substituirá, si se trata de unión roscada, habrá que desconectarla y aplicar cinta de teflón en la rosca y volver a instalar.

#### B) Fugas de agua al exterior por el orificio de desfogue del aire

Normalmente esta falla es causada por basura y/o cuerpos extraños que se alojan dentro de la válvula.

Para su reparación, lo primero que debe hacerse es cerrar la válvula de compuerta ubicada precisamente antes de esta, instalada especialmente para poder dar el mantenimiento requerido.

A continuación se deberá retirar la tapa superior de la válvula de admisión y expulsión de aire, verificando físicamente el flotador, su mecanismo de palanca, al igual que la aguja o espesa y el asiento de cierre, todos estos elementos deberán trabajar libremente, de no ser así, retirar la basura y/o cuerpos extraños que impidan su buen funcionamiento.

Se deberá revisar que el flotador este en buen estado y en caso contrario substituirlo.

### C) Atascamiento

Si la válvula no opera regularmente, es posible que alguno de sus componentes en los mecanismos de apertura y cierre tiendan a pegarse debido a la formación de calcificaciones adheridas a ellos, en este caso se deberá desarmar la válvula en su totalidad para limpiar todos y cada uno de los elementos para armar e instalar nuevamente.

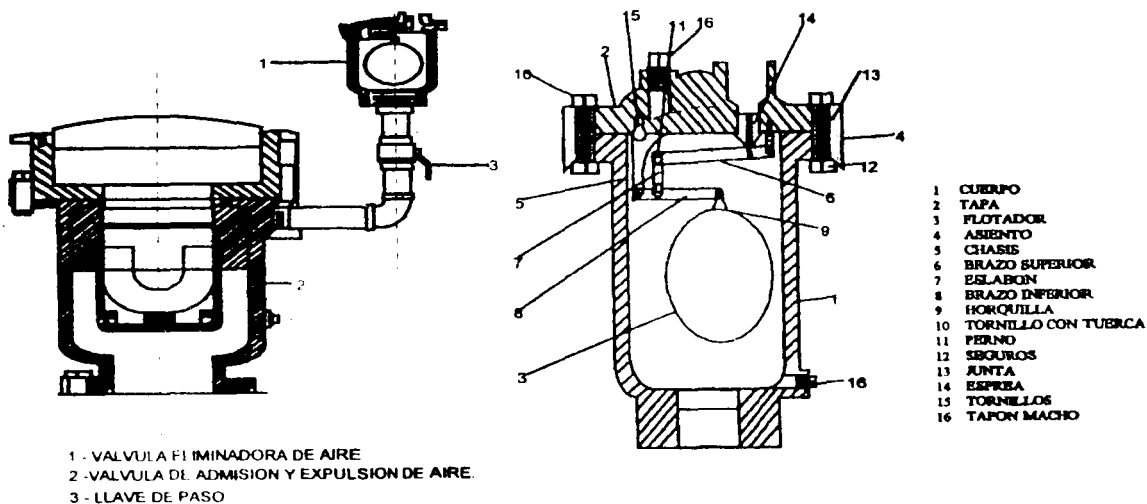


Lámina 2 3 Válvula de admisión y expulsión de aire

#### 2.2.4.1.3 VÁLVULAS DE DESFOGUE

Son prácticamente llaves cuya falla o descompostura es poco probable; sin embargo es recomendable que periódicamente (cada 3 meses) se haga un recorrido por toda la línea de conducción, verificando que no presenten fugas.

Si el agua extraída de la fuente de captación contiene muchos sólidos es conveniente se lave la tubería a un determinado tiempo, que en principio puede ser cada seis meses y que se podrá ajustar conforme la práctica indique; el lavado de la tubería es más necesario cuando se tengan paros prolongados de los equipos de bombeo, cuando se trata de extracción del agua en pozos profundos.

## 2.3 REGULARIZACIÓN

El tanque de regularización se diseña para el almacenamiento del agua, está provisto de tuberías de demasías, limpieza y alimentación a la red, contando las dos últimas con válvulas de seccionamiento.

La operación del tanque se reduce al paro o arranque de equipos de bombeo, ya que para alimentar de agua a la red de distribución basta con encender los motores de los equipos que abastecen al sistema, permaneciendo cerrada la válvula de la tubería de limpieza. Para realizar limpieza del tanque se deberán operar las válvulas que deriven el agua hacia otro tanque o bien parar los equipo de los pozos, y esperar a que en el tanque se tenga un nivel de agua suficiente para las maniobras necesarias, y posteriormente abrir la válvula de la tubería de limpieza para desalojar los residuos.

Los tanques de regulación o almacenamiento usados están contruidos de concreto armado.

Un tanque esta constituido de las siguientes partes:

- **REGISTRO HOMBRE.-** Se ubica en la losa de techo, con las dimensiones adecuadas para permitir el acceso de una persona con el objeto de efectuar revisiones, mantenimiento y en su caso, alguna reparación.
- **ESCALERA DE ACCESO.-** Se encuentra adosada a uno de los muros y se utiliza para bajar al interior del tanque.
- **TUBERÍA PARA VENTILACIÓN.-** Como su nombre lo indica, esta tubería deja que el aire circule del interior del tanque hacia el exterior.
- **CÁRCAMO DE BOMBEO.-** Esta compuesta por una fosa en la que se encuentran colocadas las columnas de los equipos de extracción, el nivel de plantilla del cárcamo se encuentra a dos metros de la plantilla del tanque.
- **CASETA DE CONTROLES.-** En este sitio se encuentran instalados los tableros de arranque y paro de los equipos de bombeo.

El mantenimiento de limpieza y revisión del tanque se recomienda sea cada 6(seis) meses, consistiendo básicamente en:

- **LAVADO DE PISOS Y MUROS:** Para ello se deberá dejar de alimentar el tanque desde un tiempo antes para evitar el desperdicio del agua, abrir la válvula de la tubería para lavado hasta que quede sin agua; preparar una solución de algún producto con cloro y agua en proporción de un cuarto de litro por cada 100 litros de agua, con cepillos de raíz, tallar fuertemente piso y muros, enjuagar todo con suficiente agua.

El cloro es una sustancia tóxica por lo que la (s) persona (s) que realice (n) esta labor deberá (n) usar mascarilla protectora, debiendo permanecer abierto durante toda la operación el registro hombre.



- **REVISIÓN DE POSIBLES GRIETAS O FILTRACIONES:** Aunque poco probable, existe la posibilidad de que se presenten grietas o fisuras y como consecuencia de ello filtraciones en alguna de las partes del tanque

Para los casos anteriores, se recomienda demoler parcial o totalmente el aplanado interior, de la zona afectada, dependiendo del tamaño de la fuga y la fisura que presente el muro, después de esto aplicar impermeabilizante (Integral A-Z o similar) en las fisuras de los muros, reponer el aplanado después de las 24 horas de haberse aplicado el impermeabilizante integral, lo anterior cuidando que la proporción del mortero sea de 1 (un) bote de cemento por 3 (tres) botes de arena

- **TUBERIA DE EXCEDENCIAS** - Se localiza a una elevación semejante a la tubería de llegada y su objeto es derramar el agua cuando por alguna falla en el sistema de alimentación esta siga entrando
- **TUBERIA PARA LAVADO** - Se localiza en la parte inferior del tanque y cuenta con una válvula de control tipo compuerta que permite descargar el tanque y proceder a su mantenimiento
- **TUBERIA DE DESCARGA** - Es la tubería que permite la salida del agua con destino a la línea de alimentación y red de distribución, debe permanecer normalmente abierta, cerrándose solo en el caso en que se requiera suspender el servicio para efectuar alguna reparación

### **2.3.1 POSIBLES FALLAS DEL TANQUE DE REGULARIZACIÓN**

Independientemente de la correcta operación y mantenimiento que se le brinde al tanque de regularización, pueden registrarse en este algunas fallas provocadas por agentes externos o eventos naturales importantes. Así puede en un momento dado, presentarse fugas en los muros laterales del tanque, causados por acciones sísmicas o también registrarse fugas por deterioro del aplanado interior

### **2.3.2 RECOMENDACIÓN**

Se recomienda efectuar la limpieza del tanque y sus alrededores, por lo menos dos veces al año (cada seis meses) o cuantas veces sea necesario.

## CAPÍTULO 3

### PROPUESTA DE UN DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARA UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO

#### 3.1 DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO DE BOMBEO EN CAMPO

Como ya se menciona en el capítulo anterior, es necesario llevar a cabo inspecciones **periódicas** en el equipo, mecanismos y estructura de la fuente de abastecimiento, así como de **todo el sistema**, para detectar posibles fallas que lleven a la **compostura** o deterioro de los elementos del mismo.

Por lo anterior se indican a continuación los pasos a seguir para realizar un diagnóstico técnico en campo.

Una vez establecido el equipo a inspeccionar, se realiza una visita en la que se observa el estado físico de los elementos que integran el sitio de extracción como son: acceso al lugar, cerca de protección, caseta de control, sistema de iluminación, tablero de control, motor, tren de descarga y subestación eléctrica.

Se debe contar con una bitácora de los trabajos realizados con anterioridad, y con las características del equipo instalado tales como:

- **Equipo de bombeo instalado:** Columna, cubierta, flecha y longitud.
- **Tazón:** Marca, No. de pasos, modelo y tipo
- **Cabezal de descarga:** Succión, descarga, base y marca.
- **Tubo de descarga:** Diámetro, longitud, proyección vertical, codos, válvulas y tipo de material
- **Subestación eléctrica:** Capacidad del Transformador, Voltaje de alta y baja tensión.
- **Arrancador:** Tipo y capacidad.
- **Motor:** Marca, tipo, capacidad, rpm y amperes
- **Medidor de C.F.E.:** No., Kh, Multiplicador, revoluciones y tiempo.
- **Pozo:** Profundidad original y diámetro del ademe.

Previo a la desinstalación del equipo se debe realizar **una prueba de bombeo y la obtención de los parámetros eléctricos.**

Durante al prueba de bombeo, se llevan a cabo las siguientes actividades:

Se introduce una sonda eléctrica con la que se determina el nivel dinámico, se apaga el motor y se sigue la recuperación del pozo hasta determinar el nivel estático, una vez establecido este nivel, se enciende nuevamente el motor y sigue ahora el abatimiento hasta que el registro eléctrico se estabilice, una vez determinados estos tres parámetros, se procede a determinar el gasto extraído, para lo cual es necesario cerrar la válvula de compuerta del tren de descarga ubicada después del desfogue, en el cual se lleva a cabo el aforo mediante orificio calibrado o escuadra, para la

realización del afloro es necesario que el manómetro y el macromedidor se encuentren operando en buenas condiciones, así como tener conocimiento del registro del gasto específico de la zona.

Dentro de los parámetros eléctricos se considera el amperaje a plena carga, voltaje y el factor de potencia, todos ellos se obtienen del tablero de control y se deben registrar por lo menos tres lecturas, para obtener un promedio de cada uno.

Una vez obtenidos los parámetros anteriores, se procederá a determinar la demanda de energía eléctrica, el consumo mensual, la potencia, carga total dinámica, eficiencia electromecánica y la eficiencia de la bomba.

En el capítulo 6 se muestra la tabla de registro a realizar durante el diagnóstico de eficiencia electromecánica en sistemas de bombeo para agua potable.

Posteriormente se procederá a desinstalar la bomba, para lo cual se debe contar con el equipo y con las herramientas necesarias.

Durante las operaciones de extracción de deben registrar todos los detalles que se presenten tales como la dificultad para levantar algún tramo de columna, así como, estado físico de las uniones en la flecha, cubierta y columna, del mismo modo se debe registrar el estado que guarda el cuerpo de impulsores, la marca y el tipo de colador instalado.

Para llevar a cabo el videodiagnóstico, será necesario dejar pasar por lo menos 24 horas después de haber sacado el cuerpo de impulsores, para permitir que las partículas suspendidas en el agua se precipiten y que se permita tener mejor visibilidad en el momento de obtener el video dentro del pozo.

A lo largo del video se registrara cualquier tipo de alteración que se presente en los ademes del pozo, se registra el nivel en el se localiza el inicio del ademe ranurado y el nivel de azolve.

Una vez finalizado el videodiagnóstico se procede a determinar las operación para dar mantenimiento a la estructura del pozo, así como, del equipo de extracción.

A continuación se presentan una serie de fotografías correspondientes a los trabajos realizados durante un diagnóstico en campo.



Reconocimiento físico del equipo



Determinación del nivel dinámico



Determinación de los parámetros eléctricos



Aforo mediante el método de escuadra

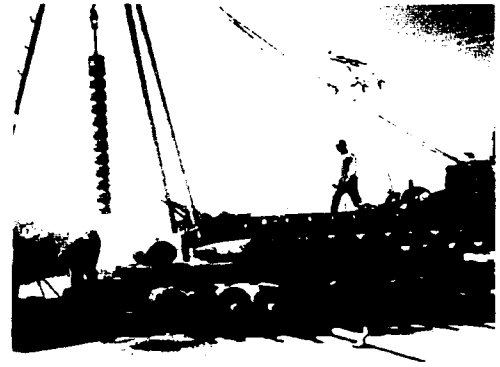


Aforo mediante el metodo de orificio calibrado

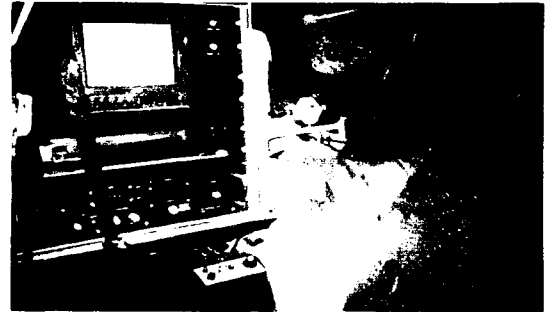




Extracción del equipo del pozo



Extracción del cuerpo de impulsores



Realización del videodiagnóstico

## **3.2 DIGNÓSTICO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

### **3.2.1 SIMULACIÓN DEL SISTEMA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LOS PROGRAMAS “AH” Y “ARIETE”**

#### **3.2.1.1 PROGRAMAS DE ANÁLISIS DE FLUJO PERMANENTE**

##### **3.2.1.1.1 GENERALIDADES**

El objetivo de un programa de cómputo para el análisis de flujo permanente es calcular el **gasto y la presión** en la conducción, y los parámetros de operación de las bombas; para una **condición de operación dada**. Los programas pueden analizar tanto una sola conducción sencilla por bombeo o gravedad, como una red de conducción, un sistema de pozos, etcétera

Al utilizar un programa de este tipo el usuario introduce los siguientes datos:

- Longitud, diámetro y coeficiente de rugosidad para cada conducto.
- Configuración de la red (forma en que se conectan entre si los conductos).
- Nivel de agua en los tanques
- Datos para los bombeos: número de bombas en operación, **curvas de funcionamiento de las bombas**, nivel de agua en la toma.

El programa proporciona los resultados siguientes:

- Gasto y pérdida de carga en cada conducto.
- Elevación piezométrica y presión en cada nodo.
- Gastos en los tanques.
- Punto de operación de las bombas expresado por su **gasto y carga**. El programa AH da también la eficiencia, altura de succión, y potencia requerida para la bomba y para el motor.

Un programa de análisis de flujo permanente puede tener muchos usos en el diseño de conducciones y redes de conducciones, entre los cuales:

- Para revisar un diseño propuesto en cuanto a gastos, velocidad, pérdidas de carga y presiones.
- Para analizar la operación con diferente número de bombas en operación y con diferentes niveles en los tanques de toma y descarga.
- Para revisar si las bombas seleccionadas son adecuadas.
- Para analizar la eficiencia de las bombas en los diferentes regímenes de operación posibles, y calcular el consumo de energía eléctrica.
- Para calcular de manera exacta las condiciones iniciales para el análisis de transitorios.

### **3.2.1.1.2 EL PROGRAMA AH (ANÁLISIS HIDRÁULICO)**

Está desarrollado en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Puede analizar conducciones y redes abiertas o cerradas con bombas, tanques, demandas fijas, descargas libres o a presión, válvulas de no retorno, válvulas reductoras de presión, válvulas retenedoras de presión, válvulas cerradas y rebombes ("boosters").

### **3.2.1.2 PROGRAMAS DE ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS**

#### **3.2.1.2.1 GENERALIDADES**

El objetivo de un programa de computo para el análisis de transitorios hidráulicos es el de simular el transitorio mediante un modelo matemático, para evaluar las posibles consecuencias de éste en términos de presiones producidas y comportamiento de la bombas y otros equipos. Normalmente el proyectista analiza primero los transitorios sin dispositivos de control algunos, los resultados de este primer análisis le orientan en la necesidad o no de contar con dispositivos de control. Luego puede simularse incluyendo dispositivos de control, cambiando alternativas de diferentes tipos, para encontrar una solución adecuada.

Al utilizar un programa de este tipo el usuario introduce los siguientes datos:

- Longitud, diámetro, factor de fricción y celeridad para cada conducto.
- Configuración de la red (forma en que se conectan entre si los conductos).
- Nivel de agua en los tanques.
- Datos para los bombeos: número de bombas en operación, curvas características de las bombas, nivel de agua en la toma.
- Datos de los dispositivos de control: ubicación, dimensiones y otras características.
- Condiciones iniciales para el transitorio. Se expresan por los gastos, presiones y niveles del flujo permanente que se tiene en la conducción antes del transitorio.
- Tipo de transitorio que se quiere simular. Para conducciones de agua potable normalmente se analiza al paro de bombas o el cierre de válvulas, sea brusco o gradual.

Los resultados que pueden ser obtenidos con la corrida dependen del programa. Como mínimo, el programa debe dar las presiones máximas y mínimas que se producen en el transitorio en toda la conducción. Un programa más elaborado puede dar también los resultados siguientes:

- Ubicación y volumen de las separaciones de columna.
- Evolución en el tiempo de la presión en los nodos de la conducción.
- Evolución en el tiempo de la línea piezométrica.
- Evolución en el tiempo del nivel de agua en dispositivos de control como cámara de aire, tanque unidireccional y torre de oscilación.

- Evolución en el tiempo de la velocidad de rotación de las bombas.

Debido a que la información numérica de estos resultados puede ser muy extensa, es conveniente que el programa los represente en forma gráfica y opcionalmente en forma numérica. Entre los posibles resultados gráficos de gran utilidad son las líneas envolventes de presiones máximas y mínimas en la conducción dibujadas sobre el perfil del trazo de esta

Para realizar la simulación, dos problemas adicionales deben ser atendidos:

- La discretización de las tuberías en subtramos de cálculo
- La selección del intervalo de tiempo del transitorio que se va a simular.

El modelo matemático en que se basa la simulación se compone de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales cuyas incógnitas son el gasto  $Q$  y la carga  $H$  en los puntos de las tuberías del sistema hidráulico. La solución de estas ecuaciones da  $Q$  y  $H$  en todos los puntos y en todos los instantes de tiempo

Las ecuaciones se solucionan en el programa por métodos numéricos, para lo cual es necesario discretizar cada tubería en cierto número de subtramos. Para que la solución numérica funcione se requiere que en cada tubería  $i$  (cada tramo de la red) se cumpla la relación:

$$\Delta x_i = a_i \Delta t \quad (1)$$

donde  $\Delta x_i$  es la longitud del subtramo,  $a_i$  es la velocidad de propagación de la onda de presión (celeridad) en el tramo, y  $\Delta t$  es el incremento de tiempo usado

El programa que se utilice debe dividir cada tramo en subtramos de igual longitud  $\Delta x_i$ , que se obtiene dividiendo la longitud del tramo  $L_i$ , entre la cantidad de subtramos  $N_i$ . Si la red tiene tramos con diferentes longitudes, en el caso general no se cumple con la relación (1) en todos los tramos. Puesto que esta condición es obligatoria para que el método funcione, se debe hacer una corrección de la velocidad de la onda  $a$  en algunos tramos. En la práctica, esta velocidad se determina por ecuaciones que proporcionan más bien un estimado de  $a$  que su valor exacto, y se puede esperar que variaciones pequeñas de esta no afecten la exactitud de los resultados finales.

Otra cuestión importante es la cantidad de subtramos. Mientras mayor sea la cantidad de subtramos, más precisa será la solución numérica, en más puntos se obtendrá la información final y, como se verá más abajo, menores serán las correcciones de la velocidad de la onda  $a$ . Por otra parte se necesitará más memoria de la máquina y más tiempo de cálculo.

Los programas de cómputo normalmente dan al usuario alguna manera de regular la discretización, que debe ser definida de forma tal que la cantidad de puntos no sea ni demasiado pequeña ni demasiado grande, y que las correcciones en la celeridad no sean demasiado grandes. Lograr esto puede ser problemático cuando en la red hay a la vez tramos muy largos y muy cortos. Se recomienda por esta razón despreocuparse de los tramos muy cortos a la hora de componer el esquema de cálculo para el sistema a analizar, o dividir los tramos muy largos en varios tramos de menor longitud.



En lo que respecta al intervalo de tiempo del transitorio a simular, pocas veces es necesario simular el transitorio completo, es decir, hasta establecerse un estado permanente. Para los fines prácticos se necesitan, por lo general, solamente las presiones máximas y mínimas, que se producen en la parte inicial del transitorio

En la lámina 3.1 se muestra la evolución de la presión al inicio de la tubería a presión de una estación de bombeo después de un paro de las bombas. Si el objetivo de la simulación es obtener las presiones máximas y mínimas, tendría poca importancia continuar ésta después del instante  $t_1$ , y en este momento se podría concluir. El problema consiste en que los momentos de realización de estas presiones no se conocen de antemano, siendo éstos resultados de la simulación

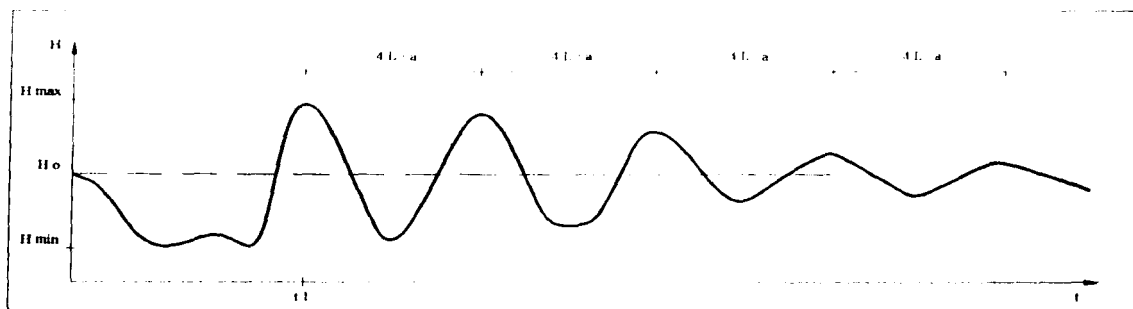


Lámina 3.1 Evolución en el tiempo de la presión en una planta de bombeo

Si el usuario tiene poca experiencia en los análisis de transitorios, existe el peligro de que fije un tiempo demasiado corto, antes de que se produzcan las presiones máximas. Se recomienda en todo caso dar un tiempo bastante largo, seguir el desarrollo del transitorio en la simulación, e interrumpir cuando se tiene la certeza de que se simuló la parte importante.

El programa ARIETE (versión 2.2) determina directamente el momento en que debe concluir la simulación

### 3.2.1.2.2 EL PROGRAMA ARIETE

Está desarrollado en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y es compatible en sus datos de entrada con el programa AH, que puede ser usado para el cálculo de las condiciones Iniciales del transitorio. Simula el transitorio mostrando los resultados en forma numérica y gráfica. El usuario puede detener en cualquier momento la simulación para consultar resultados intermedios, y luego continuar

Para identificar el dispositivo o componente ubicado en un nudo, el programa maneja tipos de nudo. El tipo de nudo es un número entero que define el tipo de componente que representa el nudo y las condiciones en las que se encuentra durante el transitorio. El programa ARIETE cuenta con los siguientes tipos de nudo:

Tipo 0	Nudo simple. Se utiliza para representar uniones de tuberías o extremos cerrados.
Tipo 1	Cámara de aire
Tipo 2	Torre de oscilación
Tipo 3	Tanque unidireccional abierto.
Tipo 4	Tanque unidireccional cerrado
Tipo 5	Válvula de admisión y expulsión de aire.
Tipo 6	Válvula de admisión y retención de aire.
Tipo 7	Nudo en que la cota piezométrica se mantiene invariable durante el transitorio. Por este nudo se representan tanques de superficie libre y descargas libres.
Tipo 8	Descarga en el aire bajo presión.
Tipo 9	Válvula de cierre ubicada antes de una descarga bajo presión.
Tipo 10	Válvula de alivio
Tipo 11	Válvula de alivio ubicada antes de una descarga bajo presión.
Tipo 12	Válvulas de alivio y de cierre ubicadas antes de una descarga bajo presión.
Tipo 13	Bomba operando con su velocidad nominal durante el transitorio.
Tipo 14	Bomba que deja de operar.
Tipo 15	Bomba que deja de operar, con by-pass en la válvula de cheque.
Tipo 16	Bomba que deja de operar, con válvula de cierre programado.
Tipo 17	Bomba operando, con cámara de aire
Tipo 18	Bomba que deja de operar, con cámara de aire
Tipo 19	Bomba operando, con torre de oscilación
Tipo 20	Bomba que deja de operar, con torre de oscilación
Tipo 21	Bomba que deja de operar, con tanque unidireccional abierto.
Tipo 22	Bomba que deja de operar, con tanque unidireccional cerrado.
Tipo 23	Bomba operando, con válvulas de alivio
Tipo 24	Bomba que deja de operar, con válvulas de alivio.
Tipo 25	Central hidroeléctrica, paro de las turbinas.
Tipo 26	Central hidroeléctrica, rechazo de la demanda.
Tipo 27	Arranque de las turbinas
Tipo 34	Consumo que se mantiene invariable durante el transitorio.

Los siguientes tipos de tramo están incluidos en ARIETE 3:

Tipo 0	Tubería
Tipo 1	Pérdida de carga concentrada.
Tipo 2	Válvula de no retorno
Tipo 4	Bomba en serie (booster)

El programa no está limitado en cuanto al tipo de red, el modo de conexión de sus componentes o el tipo de dispositivos que actúan conjuntamente. Sin diferencias en el enfoque, puede analizarse el golpe de ariete en una conducción, una red ramificada o una red cerrada. Los casos sin dispositivos de control o con diferentes protecciones pueden ser analizados.

La solución considera la posibilidad de separaciones de la columna líquida tanto en las tuberías como en los nudos. Se asume que la separación se produce cuando la presión manométrica tiende a descender por debajo de -8.00 m de columna de agua. El programa simula los cambios en el volumen de la separación y las sobrepresiones que genera su reunión.

**ARIETE** se maneja por un menú de opciones. Los datos se introducen en ventanas dentro del propio programa y cuenta con ayuda en línea. Las ventajas del programa son:

- Calcula una discretización óptima con respecto a las correcciones en la celeridad, que no obstante puede ser modificada por el usuario si este lo encuentra conveniente.
- Tiene la capacidad de determinar el momento en que debe concluir la simulación. El usuario tiene también la opción de dar un tiempo de simulación fijo, o de establecer un límite máximo o mínimo a este.
- Determina el camino más largo entre dos nodos del sistema, uno de los cuales genera el transitorio (como una bomba o una válvula) y otro que lo refleja (como un tanque o una descarga), para usarlo en el cálculo del periodo del transitorio. Este cálculo es fácil en el caso de una conducción simple, pero puede ser sumamente complicado en una red con varias bombas, válvulas y tanques.
- En los datos el usuario puede dar las elevaciones del terreno en la conducción. En cada tramo se puede dar hasta un máximo de 10 elevaciones. Lo anterior da la posibilidad de simular las separaciones de columna y presentar gráficamente las líneas envolventes de presión máxima y mínima sobre el terreno real.
- El usuario necesita dar las curvas características de las bombas solamente en el primer cuadrante (el de operación normal) que siempre se proporcionan por los fabricantes. El programa internamente genera las curvas para los demás cuadrantes, cuando se necesite. Otros programas requieren de las curvas características en los cuatro cuadrantes, que muy pocas veces se tienen en la práctica.
- Tiene tres facilidades para visualizar la simulación en el tiempo de la ejecución:
  - 1) Mostrar en forma numérica las presiones, gastos y volúmenes de separación de la columna, para nudos seleccionados. El usuario puede elegir el intervalo de visualización.
  - 2) Mostrar en forma gráfica la evolución en el tiempo de la presión en nudos seleccionados. En la ejecución se puede cambiar de un nudo a otro.
  - 3) Mostrar la evolución en el tiempo de la línea piezométrica. El usuario puede detener la simulación, para ver la posición momentánea de la línea piezométrica con los valores de la presión en los diferentes puntos, y continuar. Existe también la facilidad de ver en cualquier momento de la simulación las líneas de presiones máximas y mínimas producidas hasta el momento.

## CAPÍTULO 4

### PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA PARA REHABILITAR UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Se le llama rehabilitación de pozos al conjunto de operaciones tendientes a mejorar la eficiencia de producción en un pozo que, por determinadas circunstancias, ha salido de esta condición.

Las operaciones y métodos de rehabilitación de pozos son tan variados como puedan ser las condiciones geohidrológicas, de proyecto, constructivas y de operación de la obra, por lo que no resulta práctico el pretender abarcarlas todas. Por tanto, pretender establecer especificaciones precisas de las actividades de rehabilitación resulta prácticamente imposible, pues en cada caso en particular se deberán programar las acciones a realizar, que son adecuadas a esa situación y en ocasiones, incluso ideadas para un caso en particular, por consiguiente, la relación que se presenta en esta tesis se debe considerar como enunciativa, pero nunca limitativa.

#### 4.1 LA SUPERVISIÓN EN LA REHABILITACIÓN DE POZOS

##### 4.1.1 RECOPIACIÓN PRELIMINAR DE INFORMACIÓN.

La supervisión de rehabilitación de pozos es una actividad cuyo desempeño resulta muy particular, pues rara vez es posible conocer de antemano el alcance que se tendrá en el trabajo, generalmente, durante la realización del trabajo, el problema se va develando y se requiere que el supervisor tenga capacidad técnica para tomar sobre la marcha las decisiones que se requieran. Las consecuencias de esta relativa improvisación, es que los resultados de la rehabilitación dependan en gran medida de la calidad de la supervisión, complementada, desde luego, por la de el ejecutor de los trabajos. El conocer sólo en forma aproximada los trabajos de rehabilitación, hace difícil establecer el presupuesto de obra.

Los imprevistos de todo tipo se atenúan en razón directa a la información de que se disponga, referente a las características constructivas, geohidrológicas, etc. del pozo, por lo que antes de iniciar cualquier programa de rehabilitación es conveniente recabar el máximo de información sobre los pozos que se pretenden reparar, con la finalidad de hacer fácil, rápida y acertada la toma de decisiones.

Además de una descripción de las razones que motivan la rehabilitación, conviene recopilar la siguiente información:

- Croquis de localización del pozo.
- Estratigrafía.
- Diseño del pozo.
- Modificaciones posteriores al diseño original.
- Información de los pozos vecinos.
- Datos del aforo original y subsecuentes.

- Registros de verticalidad.
- Registros eléctricos
- Características del equipo electromecánico.
- Calidad del agua

Estos datos deben manejarse en tablas o croquis -por pozo-, con el fin de que puedan utilizarse fácilmente (tablas 4.1, 4.2 y 4.3).

Para seleccionar el método y equipo de rehabilitación deben tomarse en cuenta las siguientes características de la obra de captación:

- Geometría del pozo como: diámetro o diámetros del ademe y localización de los cambios cuando los hubiera, situación de los tramos ciegos y de cedazo y profundidad total del pozo.
- Datos hidráulicos como: nivel estático, dinámico, caudal de explotación y, si existieran, reportes de afloros previos
- Características del área de trabajo como: acceso al pozo, dimensiones del área de trabajo, dirección en que se desplazará el agua que se extraiga del pozo o los productos químicos que se requieran para la rehabilitación, cercanía a zonas habitacionales cuyos moradores pudieran ser incomodados por los trabajos, etc

Con la información antes enunciada, puede elegirse el sistema y equipo más adecuado para realizar la rehabilitación del pozo, el cual se tratará que tenga capacidad sobrada, con el fin de poder realizar maniobras imprevistas que rebasen las expectativas preliminares.

Cuando la bomba del pozo se encuentra en condiciones de operar, puede utilizarse para efectuar una serie de mediciones que pueden resultar muy significativas acerca del funcionamiento del sistema pozo-bomba

#### **4.1.2 DESINSTALACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.**

Es recomendable que cuando se desinstala un equipo de bombeo que por mucho tiempo ha estado trabajando en un pozo, se relacionen los acontecimientos anómalos que ocurran en la maniobra, pues si durante la misma se presentaran atorones o fricción de la bomba con el ademe se establecería la profundidad y magnitud del problema.

Una vez desinstalado el equipo de bombeo, se levanta un inventario del mismo. Además, es recomendable que la cuadrilla que realizó el trabajo haga comentarios sobre los problemas detectados durante la maniobra, así como el estado de las chumaceras, portachumaceras, flechas, partes de fricción, etc. Es conveniente aprovechar el tiempo que se emplea en la rehabilitación del pozo para darle mantenimiento al equipo electromecánico









## **4.1.3 TRABAJOS DE REHABILITACIÓN**

### **4.1.3.1 LA SUPERVISIÓN DE CAMPO**

La mayor parte de las operaciones de rehabilitación se cotizan en horas-máquina trabajando, por lo que la supervisión de campo debe ser muy frecuente o, si es posible, continua, de modo que se estimen solo los tiempos que realmente se emplearon en cada operación. Por otra parte, sobre todo en las labores de pesca, se pueden requerir de pescantes fabricados en campo, sea por que la pesca lo requiere o por que no se cuenta en el sitio con un pescante de fábrica apropiado. La fabricación o modificación de pescantes puede consumir tiempos.

### **4.1.3.2 EL REPORTE DE TRABAJO**

Los trabajos de rehabilitación deben quedar registrados en formas especiales que llamaremos "reporte de trabajo", y deberán contener las actividades realizadas en cada turno de trabajo y en los que se deberán registrar los siguientes datos:

- Fecha y turno de trabajo
- Empresa que realiza la rehabilitación.
- Tipo de maquinaria empleada
- Persona responsable del trabajo de campo.
- Tipo de herramienta con que se trabaja, sus dimensiones, peso y cualquier otra característica que pudiera ser de utilidad, sobre todo en el caso de una posible pesca. Estas características se pueden señalar en el anverso de la hoja del reporte para no repetirlas en cada turno, nombrarse o numerarse cada herramienta de modo que en lo sucesivo se mencione en forma simplificada, por ejemplo como Barretón No. 1.
- Una descripción detallada de las principales maniobras realizadas durante el turno, así como el tiempo empleado en cada una
- Una columna de observaciones donde el operador debe hacer los comentarios que considere pertinentes sobre el trabajo
- Tramo del pozo en que se realiza cada actividad
- Profundidad del nivel estatico al principio y final de cada turno.

**Es recomendable utilizar formatos impresos especiales para hacer el reporte diario de trabajo, ya que con esto se evita la pérdida de información y se facilita su análisis. Los reportes deben recogerse diariamente y después de revisar la información se puede definir la siguiente maniobra en la rehabilitación del pozo.**

### 4.1.3.3 INFORME FINAL DE LOS TRABAJOS

La rehabilitación de un pozo proporciona una gama de datos de gran importancia, que posteriormente pueden ser empleados para la correcta operación del mismo, para darle un mantenimiento adecuado y para futuras rehabilitaciones.

Se recomienda formar un expediente con los siguientes documentos:

- La información recopilada.
- Croquis del pozo antes de ser rehabilitado y después, si se efectuaron modificaciones en su geometría.
- Mediciones de nivel estático, caudal y nivel dinámico antes de rehabilitar el pozo y después, si se volvió a aforar.
- Informe del equipo de bombeo desinstalado y del instalado, sea el mismo reparado u otro diferente.
- Informe del registro de televisión, y del registro de verticalidad o calibración realizada en el pozo.
- Reportes diarios de trabajo.
- Registro de las lecturas, curvas de aforo y cálculo del caudal óptimo de explotación.
- Materiales usados para la rehabilitación.

Además de este expediente, es conveniente elaborar un reporte final en el cual se presente un extracto de las partes más significativas de las operaciones realizadas, con objeto de facilitar la comprensión de un futuro lector que puede no estar familiarizado con este tipo de actividades.

A continuación se tratarán algunos de los problemas que se presentan comúnmente en pozos profundos.

### 4.2 ADEMES ROTOS, COLAPSADOS O MAL SOLDADOS.

Se entiende por ademe colapsado, aquel que presenta una deformación de su sección circular original, pero sin llegar a la rotura.

La presencia de ademes en mal estado es común en pozos viejos. Las causas más frecuentes del defecto son:

- Aguas corrosivas que adelgazan paulatinamente el ademe, o agrandan las ranuras del cedazo. Esta gradual debilitación puede culminar en el colapso o la rotura del ademe.
- Ademes de mala calidad.

- Soldaduras defectuosas en las uniones entre tubos, o lo que es más frecuente, en las “orejas” que se abren en los tubos para atravesar la flecha que sostiene la tubería al bajarla durante la operación del ademado del pozo. Esta indeseable situación se soluciona si se usa tubería con rosca y cople, en lugar de la usual soldada a tope.
- El terreno presiona el ademe en tal forma que puede llegar a colapsarlo. La presión puede ser gradual y creciente o súbita, como se ha manifestado en algunas zonas sísmicas, como el Valle de México, donde el sismo de 1985 seccionó o colapsó varios pozos.

Generalmente es posible restituir el diámetro original de un ademe de acero mediante el empleo del “trompo”. La operación de trompear un pozo implica disponer de una máquina de percusión, con una sarta de perforación pesada que le imprima energía a la pesada herramienta de acero sólido, que a partir de golpes continuos restituya la geometría del ademe. El trompeo se inicia con una herramienta del diámetro inmediato superior al que queda libre en la zona colapsada y se irá cambiando a medida que va aumentando el diámetro abierto, conforme el colapso va cediendo, hasta llegar a su forma original.

Actualmente existe un equipo opcional, la “prensa electro-hidráulica”, con la que se obtiene un efecto similar al provocado por el trompo, consiste básicamente en un gato de gran capacidad, que se introduce hasta la zona de colapso, donde se expande para restituir la forma del ademe. La ventaja de este sistema estriba en la rapidez de operación con respecto al trompo, pero en cambio, su precio unitario horario es bastante mayor, por lo que no siempre es la mejor solución. El mismo equipo se emplea para colocar forros metálicos a presión que obturen la rotura. Estas camisas están formadas por lámina delgada, y es conveniente considerar que si el origen del problema son aguas corrosivas o derrumbes de la formación, pueden ser de vida bastante efímera. Más adelante se presenta una descripción detallada de esta herramienta y su operación.

Muchos ademes colapsados llegan a romperse y cuando la rotura alcanza un cierto tamaño, se manifiesta por la presencia de filtro granular en el interior del pozo y gran abundancia de azolve. En estas condiciones, la etapa correctiva preliminar consiste, también, en restituir el diámetro original a todo el pozo.

#### **4.2.1.- REPARACIÓN DE ADEMES COLAPSADOS**

- En el caso de ademes colapsados o desgarrados, la rehabilitación comienza por la corrida de calibradores de varios diámetros, para establecer cual es el mayor que deja pasar el colapso o rotura.
- Una vez establecida la magnitud del colapso, es necesario restituir el diámetro original al ademe del pozo mediante la corrida de trompos de diámetros crecientes (Lámina 4.1) o mediante la prensa electro-hidráulica.
- Si el defecto del pozo consiste solo en colapso de la tubería, con la restitución del diámetro, el trabajo se habrá terminado.

**Lámina 4.1 Trompo para rectificación de ademes**



#### **4.2.2.- REPARACIÓN DE ADEMES ROTOS**

En caso de que el ademe esté desgarrado, una unión de tubos mal soldada o una oreja destapada, es necesario tapar la rotura. Si la zona afectada no es muy extensa, la solución más rápida consiste en la colocación de una camisa con la prensa electro-hidráulica, pero si no se cuenta con una, o la zona de rotura fuera grande, se puede cementar, para lo cual se procede a:

- Colocar un tapón perforable alrededor de un metro abajo de la zona de la rotura. Si la rotura es cerca del fondo del pozo, resulta practico azolver el pozo hasta la rotura y sobre ese azolve colocar la lechada de cemento
- Cubicar el volumen de lechada de cemento necesario para llenar el pozo por lo menos un metro arriba de la parte superior de la rotura
- Colocar el volumen de lechada que resulte de la cubicada, con un acelerante de fraguado.
- Esperar unas horas y sondear la cima del tapón, que por lo general se encuentra abajo de la cota teórica, debido a la penetracion de la lechada en la formacion. Incluso puede darse el caso de que la lechada de cemento se haya perdido totalmente, lo que obliga a repetir la operación de cementado con lechadas mas espesas o incluso un concreto con agregados finos.
- De una u otra manera se obtura la zona problemática, se espera hasta el fraguado total y se procede a perforar el tapón con la mayor broca que quepa en el ademe reparado.

### **4.3.- CEMENTACIONES.**

La cementación es una operación rutinaria en la construcción y también es común en la rehabilitación de pozos.

#### **4.3.1.- TAPONES DE FONDO**

El tapón de fondo evita el “flujo de fondo” en los pozos, con la entrada de las aguas de menor calidad, que frecuentemente existen en la parte inferior de los acuíferos, además de la posibilidad de supresiones en el pozo. Por consiguiente, es parte de cualquier pozo correctamente construido, pero por negligencia o ignorancia del constructor y supervisión, es común encontrar pozos ya en operación que carecen de él, por lo que se puede considerar como una operación de rehabilitación. Por otra parte, puede suceder que exista una rotura en el ademe, lo suficientemente cercana al fondo del pozo como para indicar la conveniencia de extender el tapon de fondo hasta tapar dicha rotura.

Cuando se cuente con una perforadora rotaria, equipo poco usual en la rehabilitación de pozos, el medio de colocación de un tapon de fondo es la tubería de perforación, desprovista de barrena. Si se trabaja con máquina de percusión el tapón se coloca con una cuchara de dardo.

En cualquiera de los dos casos la tarea inicial consiste en la cubicación de la lechada necesaria para el tapón. Cuando se coloque con pulseta, se debe cubicar también la capacidad de la cuchara y establecer cuantas cucharadas se requieren para alcanzar el volumen deseado.

Si el tapón se desplaza por la tubería de perforación rotaria, se debe cubicar el interior de la misma y este volumen, como mínimo, se inyecta de agua, después de la lechada de cemento, para poder desplazarlo hasta el lugar deseado, asegurando, al terminar, la limpieza de la tubería de perforación empleada para la maniobra.

#### **4.3.2.- CEMENTACIONES INTERMEDIAS**

Cuando se tienen roturas de tubería en zonas amplias o si se requiere clausurar alguna zona indebidamente abierta, por donde penetran al pozo materiales finos, puede resultar más conveniente, desde el punto de vista técnico o económico, una cementación que la colocación de una camisa interior.

La operación de colocación es similar a la que se acaba de describir, pero previamente a la cementación es necesario colocar un tapón perforable que contenga el cemento durante su fraguado. Existen tapones perforables de diversos tipos que se emplean cotidianamente en la industria petrolera, pero su elevado costo y requerimientos técnicos, que generalmente no están al alcance del rehabilitador de pozos de agua, los tornan inusuales, por lo que en general se utilizan tapones habilitados en campo. Un tipo de tapón que suele dar buen resultado es el de madera, ajustado al diámetro interior del ademe y lo suficientemente grueso para impedir que gire en él.

Este tapón se baja suspendido con alambres o cable delgado, empujándolo con la herramienta de perforación.

Una vez colocado el tapón de lechada de cemento y después de esperar su fraguado, se verifica la posición del techo de la cementación. Aun cuando el volumen de lechada de cemento se cubique correctamente, es posible que éste se encuentre más abajo de lo esperado, sea por mala construcción del tapón de madera que dejó escapar parte del cemento, o por que el cemento, pasando a través de la rotura del ademe, rellenó huecos más o menos grandes en el exterior del pozo. Si esto ocurre puede ser necesario repetir la cementación una o más veces, después de ubicar nuevamente el volumen faltante. En estas nuevas cementaciones ya no se requiere tapón, pues la cementación anterior cumple su función.

Fraguada la lechada de cemento en la posición deseada, se reperfora junto con el tapón provisional, dejando solo un anillo alrededor del ademe que tapona y consolida la zona problemática.

Se debe considerar la posibilidad de que un tapón de cemento como el descrito forme un anillo alrededor del pozo, que en el futuro impida la reposición de filtro granular abajo de esa cota.

#### **4.3.3.- COMPOSICIÓN DE LA LECHADA DE CEMENTO**

Se recomienda emplear lechadas de densidad de  $1.8 \text{ gr/cm}^3$ , lo cual se logra con 27 l de agua por saco de 50 Kg de cemento. Conservando esta misma densidad, la preparación de  $1 \text{ m}^3$  de lechada requiere de 637 l de agua y 1,169 Kg de cemento.

La densidad mínima permisible es de 1.6, equivalente a 42.5 l de agua por saco de 50 Kg de cemento, o bien 730 l de agua y 869 Kg de cemento para preparar  $1 \text{ m}^3$  de lechada.

Para evitar el agrietamiento de la lechada al endurecerse, se puede agregar a la mezcla un 5 % de bentonita, con respecto al cemento. Esto no es recomendable cuando la lechada se bombea, si no se cuenta con una bomba de buena potencia, pues la adición de la bentonita eleva la viscosidad del fluido.

Para abreviar la espera del fraguado se emplean acelerantes, de los que el cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) es el más usual.

Los taponos, tanto de fondo como intermedios, cuando se colocan con cuchara, pueden construirse con concreto de baja proporción de grava, en lugar de lechada de cemento, lo cual presenta la ventaja de su mayor solidez. Si se trata de un tapón intermedio, esta característica permite que no se fracture con facilidad a la hora de ser perforado. En cambio, tiene el inconveniente de una menor movilidad para rellenar posibles cavidades.

#### 4.4.- CEPILLADO DE ADEMES.

Ademes incrustados, con costras de oxidación o colonias de bacterias ferruginosas y que se van a desarrollar física o químicamente, requieren de cepillado para limpiarlos en su interior, pues al eliminar con facilidad las costras interiores, total o parcialmente, se aumenta la eficacia del desarrollo.

El cepillo se construye (lámina 4.2) con dos placas de acero, que confinan trozos de cable también de acero, cuyas puntas floreadas sobresalen de las placas. Los cables cubren un diámetro igual al del ademe y las placas serán de diámetro menor unos 7.6 cm (3") al interior del ademe a cepillar. Además de estar oprimidos por las placas, los trozos de cable se sueldan a una de las placas, para evitar su caída al pozo durante la enérgica operación del cepillado. La rutina del cepillado es similar a la del pistoneo.

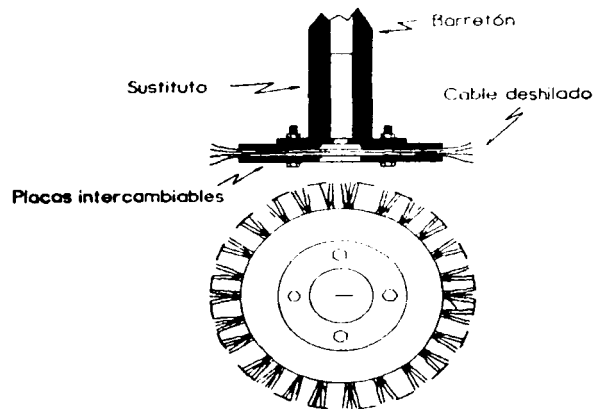


Lámina 4.2 Cepillo con cerdas intercambiables

#### 4.5.- COLOCACIÓN DE FALSOS ADEMES.

Se llama falso ademe o "camisa", a aquel cuya función reside en soportar parcialmente al terreno solo en ciertos tramos problemáticos, o bien en impedir el paso de sólidos a un pozo que los produce por la razón que fuera.

##### 4.5.1.- FALSOS ADEMES EN POZOS CON ADEMES ROTOS

Si el ademe original de un pozo presenta roturas, por lo general debidas a la corrosión, de tal magnitud que no resulta practico el colocar camisas con la prensa electro-hidráulica, la única posibilidad de rescatar el pozo afectado es la colocación de un falso ademe colocado en el interior del dañado. Si el unico problema es la rotura y el pozo no es productor de arena, el nuevo ademe puede ser de diámetro inmediato inferior al original y la longitud, como minimo, llegará desde el fondo del pozo, hasta unos 3 o 4 m arriba de la parte superior de la zona problematica, pero en pozos poco profundos, puede resultar conveniente prolongarlo hasta la superficie

La proporción y posición de los tramos ciegos y de cedazo, se proyecta con base en la información completa que se recabó en el pozo desde su construcción y si ésta no existe, siempre es recomendable la observación de un registro de video.

#### **4.5.2.- FALSOS ADEMES EN POZOS PRODUCTORES DE ARENA**

La colocación de nuevos ademes en pozos productores de arena requiere, por una parte, de un diseño de filtro granular, cedazo y velocidades de entrada del agua al pozo, similares a los que se realizan para un pozo nuevo, con la diferencia de que la muestra en que se basa el análisis granulométrico proviene de arena producida por el pozo

El diámetro exterior del nuevo ademe es de preferencia de 15.2 cm (6") y como mínimo 10.2 cm (4") menor que el diámetro interior del ademe defectuoso. El ademe a colocar debe estar provisto de centradores que aseguran que el filtro lo cubra perimetralmente. Esta condición es causa de que en muchas ocasiones sea imposible realizar esta rehabilitación, pues no se cuenta con el diámetro suficiente para dar cabida a la pareja ademe-filtro o bien el nuevo ademe es de un diámetro tal que impide la entrada de la bomba. Para eludir esta restricción de diámetro es frecuente que los nuevos ademes se coloquen solo en la porción filtrante del pozo abajo de la cámara de bombeo, lo que se conoce comúnmente como un ademe telescópico

Como ya se dijo, un falso ademe puede prolongarse hasta la superficie, en cuyo caso su colocación no difiere del ademado de un pozo nuevo o bien dejarse a partir de cierta profundidad, con lo que se abarata la operación y se respeta el diámetro de al menos la sección superior del pozo. En este caso la operación resulta algo más complicada, pues se requiere un dispositivo saltador para dejar en el fondo el falso ademe al llegar a la profundidad deseada. Además, se debe contar con un tapón cónico que impida la entrada del filtro granular al interior del falso ademe, pero que permita su colocación en el espacio anular entre ambos

Durante la colocación del filtro granular se debe sondear constantemente el pozo para verificar que no llegue a cubrir el tapón cónico provisional.

#### **4.6.- COLOCACIÓN DE CAMISAS.**

Dentro de las opciones que se tienen para reparar pozos colapsados o rotos se encuentra la de la prensa electro-hidráulica, con la que es posible colocar camisas interiores que tapen las roturas del ademe. Más adelante se describe y explica la operación de esta herramienta.



#### **4.7.- DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL POZO.**

Como premisa de cualquier trabajo de rehabilitación, es necesario conocer las condiciones del pozo, para así poder planear las acciones a efectuar. La buena calidad de los registros que se describen a continuación establece el éxito o fracaso de la rehabilitación.

##### **4.7.1.- BLOQUES IMPRESORES**

En numerosas tareas de rehabilitación, en especial las de pesca, es necesario conocer las condiciones reales en que se encuentra el objeto que causa el problema, para tal fin se emplean frecuentemente los bloques impresores que son herramientas, por lo general construidas en campo, que se unen firmemente a la sarta de perforación, o a una cuchara de dardo y que en la parte inferior constan de un receptáculo que contenga algún material plástico (asfalto, plastilina, jabón, etc.) que es el que recibe la impresión del objeto desconocido.

##### **4.7.2.- CALIBRACIÓN DEL POZO**

La sección transversal de un pozo debe ser perfectamente circular a lo largo de toda su profundidad y libre de bordes o cualquier otro tipo de obstáculos que impidan el descenso de la bomba, así mismo, no deben existir codos o cambios bruscos de dirección en el ademe. Con objeto de verificar las condiciones enunciadas se acostumbra correr en los pozos el llamado "registro de calibración", que consiste en pasar a todo lo largo del pozo un "calibrador" que debe bajar suave y libremente.

El Calibrador se construye con dos o tres tubos del diámetro comercial inmediato inferior al del ademe del pozo que se está probando, lo que resulta en una longitud de 12 m a 18 m. Evidentemente es recomendable un calibrador de 18 m respecto a uno de 12 m, pero cuando se está trabajando con máquinas pequeñas puede ser imposible el manejo de una tubería de esa longitud. La bajada de la herramienta debe ser suspendida con cable con el objeto de que cualquier obstáculo se pueda detectar con facilidad.

Con el registro de calibración se detectan ademes ovalados, soldaduras de tubos que no coinciden, orejas o roturas que doblen hacia el interior del pozo, así como cambios bruscos en la dirección del pozo. (codos)

Si se calibra un pozo de más de un diámetro se requiere de varios calibradores, de modo que si un tamaño determinado no alcanza a bajar a partir de una profundidad, se pueden correr otros de tamaños inferiores sucesivos, hasta que uno pase.

#### 4.7.3.- REGISTRO DE VIDEO

El registro de video es una herramienta de la que se dispone desde hace algunos años y que resulta invaluable para conocer el estado real de un pozo, por lo que se debe considerar como un requisito de rutina, previo a cualquier rehabilitación.

Este registro consiste en introducir en la estructura del pozo, una cámara de filmación sumergible con lámpara frontal, unida a un cable con el que se registra la profundidad del recorrido. A lo largo de la filmación se van observando en un monitor las condiciones del pozo y se detectan las posibles fallas que se pudieran presentar.

Antes de correr un registro de video, es recomendable dejar el pozo en reposo el tiempo necesario para que se depositen los sólidos en suspensión que pudiera haber. Esta clarificación del agua, que permite una imagen nítida, se favorece aplicando al pozo alumbre o hipoclorito de calcio, si bien el efecto de estos productos puede variar notablemente de pozo a pozo.

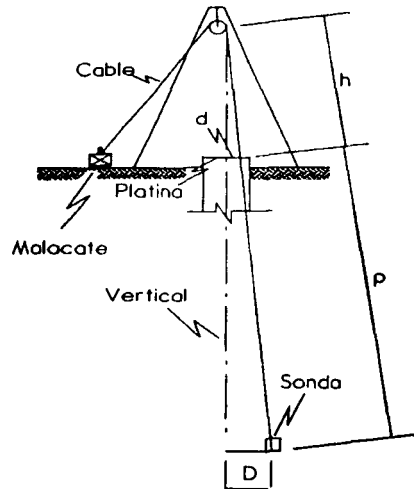
#### 4.7.4.- REGISTROS DE VERTICALIDAD

En la construcción de pozos profundos, perforados con maquina rotatoria, se pueden tomar lecturas de inclinaciones de la perforación, con inclinómetros que se corren por el interior de la tubería de perforación y reportan el ángulo que se tiene en el punto medido, pero esta técnica requiere de un equipo sofisticado y caro que no resulta práctico ni económico para el rehabilitador de pozos.

La falta de verticalidad de un pozo y lo que es más grave aún, el cambio en su dirección, se manifiesta con mayor intensidad en los pozos equipados con bomba de flecha, que en aquellos que tienen bomba sumergible, pero en cualquiera de los dos casos se tiene el problema del contacto entre la bomba y el ademe, que puede favorecer la corrosión de alguno de los dos o ambos, además de un cierto desgaste originado por la vibración que pudiera ocasionar la bomba.

El método más usado para medir la verticalidad de un pozo ya terminado se basa en el principio de los triángulos semejantes (lámina 4.3). Para su aplicación practica se forma un triángulo rectángulo cuya hipotenusa es **h** y su cateto horizontal es **d**, siendo **h** la altura desde una platina giratoria o juego de regletas, hasta el eje de la polea, de donde pende la sonda. Al inicio del registro, cuando la sonda se encuentra en la boca del pozo y el equipo bien centrado, **h** debe ser totalmente vertical y consecuentemente **d**, que es la desviación medida en la platina, es igual a 0. A medida que la sonda va descendiendo a lo largo de un pozo desviado se va generando el cateto **d**, cuya magnitud es proporcional a **D** en el triángulo cuya hipotenusa es **(h+p)** y su cateto horizontal **D**. Las lecturas generalmente se toman con intervalos de 3 m.

Lámina 4.3 Relación de triángulos semejantes en registros de verticalidad



#### 4.7.4.1.- Cálculo de la desviación.

$$\frac{h}{d} = \frac{(h + p)}{D} \quad (4.1)$$

$$D = (h + p) \frac{d}{h} \quad (4.2)$$

Donde:

- h - Altura del eje de la polea de donde cuelga la sonda respecto a la platina.
- d - Desviación leída en la platina.
- p - Profundidad de la sonda respecto a la platina.
- D - Desviación real

En la práctica resulta cómodo utilizar las siguientes unidades:

- h en m
- d en mm
- p en m
- D en cm.

Para lo cual la fórmula quedará:

$$D = (h + p) \frac{d}{10h} \quad (4.3)$$

#### 4.7.4.2.- LÍMITES PERMITIDOS EN LA DESVIACIÓN DE POZOS

El establecer límites a la desviación de un pozo puede resultar peligroso, pues fácilmente se puede caer en descalificar prácticamente cualquier pozo al que se le realice la medición. Por otra parte, en la mayoría de los casos no importa tanto el ángulo de desviación del pozo en que hacen énfasis las normas, sino la forma que esta adopte, pues lo que en verdad resulta funesto para una bomba de flecha son los cambios de dirección del pozo (los codos), que obligan a la columna a trabajar arqueada, con rápidos desgastes de las chumaceras y frecuentes roturas

No obstante, se presentan las dos normas usuales en México (láminas 4.4a y b) y una norma utilizada en Europa (lámina 4.4c), más tolerante, especialmente bajo la cámara de bombeo.

- Norma de la Antigua Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, adoptada por la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado del D.D.F.

En la cámara de bombeo se permiten desviaciones de hasta un diámetro del ademe (Da) cada 100 m.

$$\text{Desviación lineal permitida} = \frac{\text{Profundidad}(m) \times Da(m)}{100(m)} \quad (4.4)$$

- Norma de la Dirección de Geohidrología y Zonas Áridas de la Ex-secretaría de Recursos Hidráulicos

Se permiten desviaciones en la cámara de bombeo de hasta 2/3 del diámetro del ademe por cada 30 m de profundidad, pero siempre y cuando no rebase 0.5° cada 100 m de profundidad del pozo.

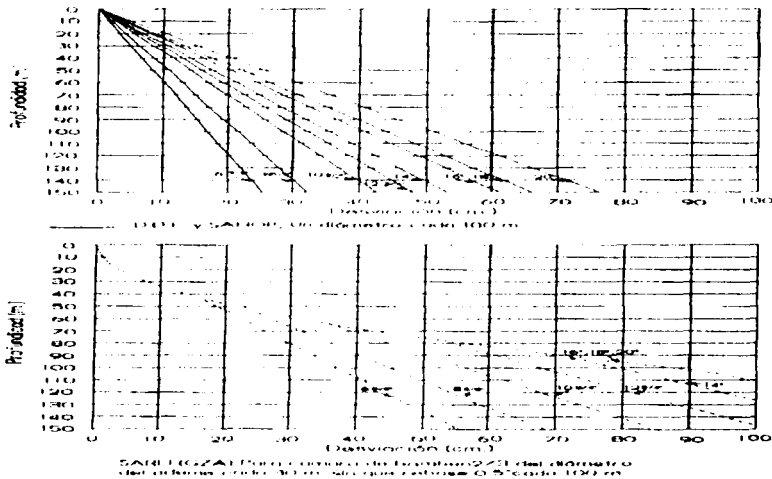
$$\text{Desviación permitida} = \frac{2}{3} \frac{Da}{30(m)} \quad (4.5)$$

$$\text{Desviación permitida} = \frac{\text{Profundidad}(m) \times 0.5^\circ}{100(m)} \quad (4.6)$$

- Norma Europea.

En cámara de bombeo: 0.5° cada 50 m.  
En porción filtrante: 1° cada 50 m.

ESTA TESIS NO SALI  
DE LA BIBLIOTECA



Láminas 4.4a y b Desviación permitida en pozos de agua

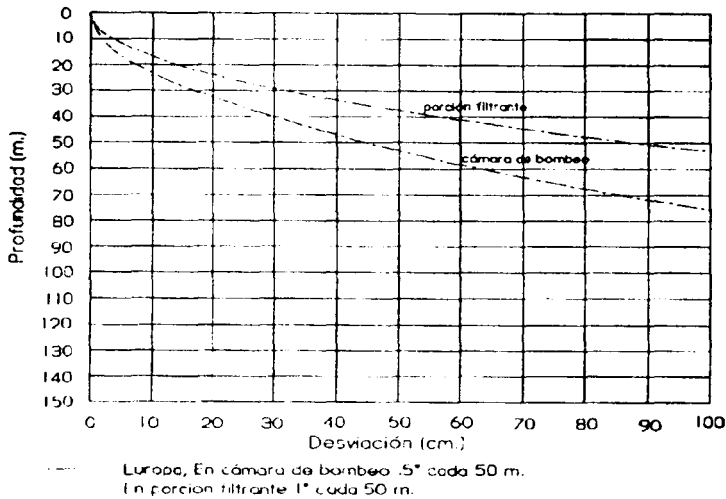


Lámina 4.4.c Desviación permitida en pozos de agua

$$\text{Desviación permitida en cámara de bombeo} = \frac{\text{Profundidad}(m) \times 0.5^\circ}{50(m)} \quad (4.7)$$

$$\text{Desviación permitida en porción filtrante} = \frac{\text{Profundidad}(m) \times 1^\circ}{50(m)} \quad (4.8)$$

#### **4.8.- PESCAS.**

La pesca de herramientas, cables, objetos caídos dentro del pozo e incluso los objetos a pescar es una labor que requiere de mucho tiempo e ingenio, por ser muy diversos los objetos a pescar. En consecuencia, la mejor recomendación consiste en tratar de evitar las pescas en lo posible, revisando y tomando las debidas precauciones, como el estado del cable, revisión periódica de uniones roscadas, y no exigir a los equipos condiciones de trabajo fuera de especificaciones.

Las operaciones de pesca son comúnmente sencillas, inmediatamente después de producirse el pescado, pero cualquier error puede complicarlas e incluso imposibilitarlas. Por lo que es preferible no hacer nada antes que proceder en forma inadecuada

Para realizar la maniobra de pesca, se tienen que conocer las dimensiones y posición de lo que se tiene que pescar, si el objeto ha quedado pegado, centrado, inclinado hacia algún lado, dentro de una cavidad, cubierto de desprendimientos, etc, o si la herramienta u otro objeto tienen deformaciones. Para conocer esto se pueden aplicar varios métodos, como el introducir una cámara de video hasta la profundidad de pesca, o correr un bloque de impresión.

Además, en prevención de posibles pescas, el operador del sistema de pozos debe siempre anotar las dimensiones de las diferentes herramientas y objetos introducidos al pozo.

##### **4.8.1.- APLICACIÓN DEL BLOQUE DE IMPRESIÓN**

El bloque de impresión es una herramienta que tiene por objetivo obtener una impresión de algún objeto extraño que se encuentre en el interior del pozo, ya sea para identificarlo o bien para establecer su posición

El bloque impresor es de un diametro cercano al interior del ademe del pozo y se fabrica a base de un material plastico, soportado por algún dispositivo. Los materiales plásticos más empleados son la plastilina, el jabon amasado, el plomo, o el chapopote y dependiendo del que se utilice se decide la construcción de la herramienta para que no se desprenda

Antes de tomar la impresión se debe marcar la profundidad exacta a la que se encuentra el cuerpo problema, de modo que al tomar la impresión, el bloque apenas toque al objeto, de modo que su huella sea nitida y sin deformación. El bloque impresor tiene la ventaja de manifestar la posición del cuerpo dentro del pozo y su forma, aun cuando solo se tenga una visión en "planta" de él.

Puede decirse con toda seguridad que la obtención de una buena impresión de un "pescado" significa un gran porcentaje del éxito de la pesca.

Cuando se cuenta con una perforadora de percusión, el bloque impresor puede manejarse con la sarta de perforación, o lo que es mas recomendable, con la línea de la cuchara.

Si se maneja con una cuchara de dardo, el bloque de impresión se hace con un taco cilíndrico de madera de 1 metro de longitud aproximadamente (lámina 4.5a), y de diámetro de 1 a 2.5 cm inferior al interior de la tubería. Si el ademe está colapsado o con roturas, conviene reducir aun más el diámetro del cilindro. A un extremo del taco se le da forma cónica para igualarlo con el diámetro de la cuchara y, se le practica una ranura para que entre la lengüeta de la válvula de dardo. Es necesario pasar un tomillo que fije el taco a la cuchara.

El extremo inferior se rodea con una chapa fina de unos 20 cm de ancho y de longitud suficiente para que lo envuelva por completo. Esta chapa se fija procurando que sobresalga unos 10 cm de su extremo. En el interior de la cavidad se clavan, aproximadamente hasta la mitad, algunas puntas, alambre o rejillas sostenidas al taco para ayudar a mantener dentro de la cavidad la sustancia plástica con que se ha de rellenar y que sirve para sacar la impresión o molde de la herramienta.

Para realizar la impresión se baja la cuchara sin el taco, para determinar la profundidad y se marca el cable exactamente. Se coloca el taco y se baja hasta tener contacto con la herramienta. La marca hecha en el cable indica cuando ocurre esto, desde luego restando la altura del taco. Conviene que la cuchara con el taco se asiente bien sobre el pescado, pero se tiene cuidado de no presionar demasiado. Después se sube el taco despacio y se retira el bloque con el molde deseado.

Si se desea tomar la impresión utilizando la línea de perforar, se debe contar con un sustituto de rosca cónica que se acople al barretón de la sarta. Esta pieza remata en la parte inferior en un disco de diámetro de unos 7.6 cm (3") mayor que el cuerpo del sustituto, con perforaciones para tomillos con que se fijan los bloques impresores de diferentes diámetros (lámina 4.5b). El modo de operación es similar al tomado con cuchara, pero las maniobras que requiere resultan más lentas y complicadas.

La gran diversidad de objetos a pescar origina a su vez una variedad similar de herramientas de pesca de fabricación de línea, sin que esto excluya que muchas pescas se realicen con pescantes contruidos en campo, y que varían notablemente según el ingenio y la experiencia del perforista.

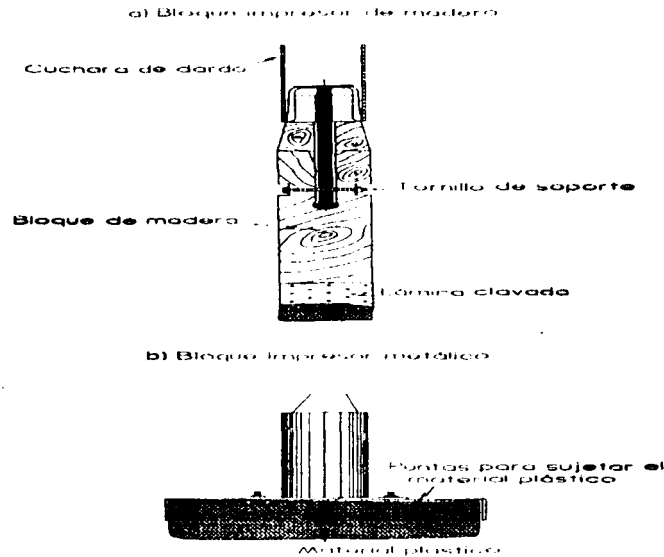


Lámina 4.5 Bloques de impresión

#### 4.9.- PRENSA ELECTROHIDRÁULICA.

Es una herramienta que consta de tres gajos que se pueden abrir y cerrar al ser accionados por un pistón al que se le aplica la presión con una bomba hidráulica. Este conjunto es el que se introduce al pozo y recibe la energía necesaria a través de un cable conductor eléctrico, que a su vez recibe la corriente de un generador con motor de combustión interna o de la energía eléctrica. Se ejerce una fuerza de hasta 150 toneladas.

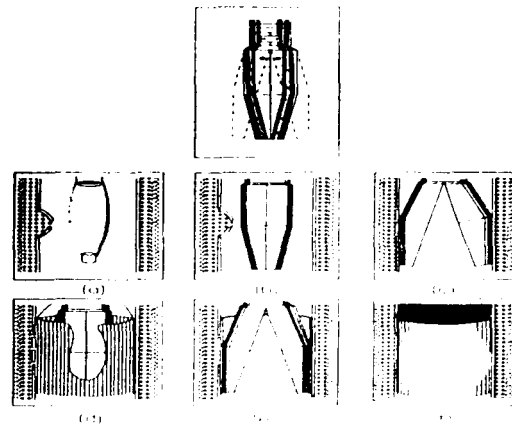
La prensa se baja hasta la profundidad donde se presenta la falla, por medio de flechas de bomba o con cable y es capaz de ejercer presiones suficientes para que las deformaciones o las puntas del ademe roto vuelvan a su posición original, generalmente esto se logra después de repetir la maniobra varias veces. Con estas maniobras se logra un efecto similar al que se consigue con un trompo.

Una vez que se enderezó el ademe roto o colapsado, se procede a colocar una camisa de lámina (8 mm) cuyo diámetro exterior corresponde al interior del ademe que se pretende reparar. La camisa lleva unas estrias o canales con el fin de disminuir el diámetro durante el descenso de la herramienta y permitir que sea alcanzada la profundidad requerida. Cuando se aplica presión, los canales se planchan y la camisa alcanza su diámetro definitivo (lámina 4.6). Las camisas tienen una longitud aproximada de un metro y conviene soldar, en el perímetro superior e inferior de ellas, cuatro tuercas, que al ser incrustadas en el ademe original, por la presión de la prensa, incrementan la adherencia entre camisa y ademe.



Para la instalación de una camisa, se monta ésta en la prensa hidráulica cerrada, empleando un cable, que en la primera vez que se accione la prensa se rompe, dejando adherida la camisa al ademe, por medio de las tuercas y la fricción; la prensa se vuelve a accionar hasta dejar completamente adherida la camisa.

Lámina 4.6 Prensa electrohidráulica



(a) Se detecta el problema de un pozo que no funciona por de T.V.  
(b) y (c) La prensa se baja hasta el fondo del pozo y se presiona el ademe hasta ocupar el diámetro original.  
(d) y (e) Se baja una camisa y se impacta contra la presión contra el ademe.  
(f) La camisa queda colocada.

#### 4.10.- PROFUNDIZACIÓN DE POZOS.

En ocasiones, debido a la sobreexplotación de un acuífero, los niveles de bombeo descienden y un pozo puede resultar corto e ineficiente para las nuevas condiciones. Si sus características geométricas lo permiten, el pozo puede ser perforado por su interior hasta alcanzar las condiciones de explotación actuales. Para que esta operación sea posible se requiere de tres condiciones preliminares:

- Que el pozo tenga un diámetro suficientemente amplio para permitir la reperforación por su interior y posteriormente el ademado y colocación del filtro cuando la reperforación se efectúa en materiales no coherentes. Por tanto, si se requiere de filtro granular, el diámetro mínimo necesario para efectuar esta operación será el de 32.39 cm (12 3/4") y si se deja el pozo descubierto en un acuífero en rocas coherentes, de 21.91 cm (8 5/8").
- El pozo a profundizar se debe terminar con tapon de cemento sin modificación del diámetro original del ademe. Nunca con terminación de "punta de lápiz".
- El ademe original del pozo debe ser de acero, con cedazo de ranura, de tipo canastilla o tipo concha, pues ademes menos resistentes, como el de PVC o el cedazo de alambre helicoidal, difícilmente resisten el roce o incluso golpes de la pesada herramienta de perforación durante las operaciones de reperforación.

La profundización del pozo se puede realizar con una perforadora de cualquiera de los sistemas usuales, pero excluyendo, el sistema de perforación rotaria directa con lodo bentonítico, ya que contamina la parte superior del pozo ya desarrollada.

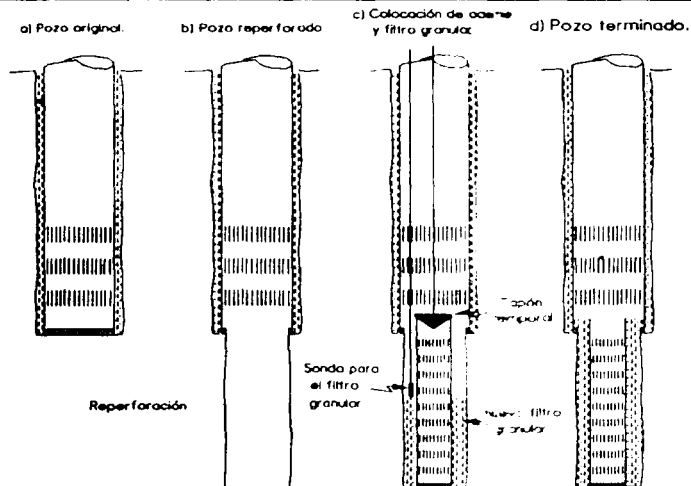
En la reperfusión de un pozo se debe mantener el mismo control litológico y se corren los registros habituales de un pozo nuevo. Asimismo, el diseño del filtro granular y cedazo es similar.

El ademe que soporta la porción reperfusión del pozo, por lo general, no continúa dentro del ademe original, para no limitar el diámetro de la cámara de bombeo, no efectuar un gasto innecesario, ni aumentar las pérdidas de carga al penetrar el agua al pozo; pero como medida de seguridad, la nueva tubería se traslapa al menos unos tres metros dentro de la antigua y se deja en el fondo mediante un dispositivo soltador, variable según el tipo de perforadora empleada en la maniobra.

La operación de colocación del filtro granular dentro del tramo reperfusión, una vez soltado el ademe (lámina 4.7), se debe realizar de la siguiente forma:

- Colocación de un tapón cónico, bajado con cable o tubería, con el vértice hacia abajo, de modo que se introduzca dentro de la boca del nuevo ademe. La base del cono debe ser del mismo diámetro exterior que la tubería que tapona, o lo que es lo mismo, solo 1.25 cm (1/2") mayor que el interior de la tubería.
- El filtro granular, previamente cubicado, se vierte desde la superficie, su colocación se debe verificar continuamente mediante una sonda, pues nunca debe sobrepasar la cota de la boca donde se encuentra el tapón. En caso de que se rebase dicha cota, antes de haber tomado al menos el volumen teórico, es indicio de acuñaamiento del filtro ("puenteo"), en cuyo caso se intentará romper el "puente", agitando el pozo lo más suavemente posible, con alguno de los métodos de desarrollo.
- Es frecuente que el pozo tome un volumen de filtro superior al teórico, al rellenar la posible sobre-excavación que se pudo tener durante la perforación, por lo que conviene adquirir un volumen de filtro que exceda en un 20 a 30%, el volumen teórico, según el material reperfusión.
- Cuando el filtro alcance la cota de la boca del tubo nuevo se suspende el engravado y se extrae el tapón cónico, procediéndose a desarrollar el pozo, como si se tratara de uno nuevo.
- Por último, se procede a aforar o se prueba el pozo con su bomba de operación, comparando la nueva capacidad específica con la que se tenía antes de la rehabilitación. Si se encuentra una variación notable en este valor, conviene realizar un aforo formal, que quizás concluya en una nueva selección de bomba.

Lámina 4.7. Profundización de un pozo



#### 4.11.- REPOSICIÓN DEL FILTRO GRANULAR.

A medida que un pozo permanece en operación y preferentemente si está mal desarrollado, el filtro granular va sufriendo un cierto reacomodo entre gránulos, que se traduce en un descenso del nivel que se manifiesta en la superficie, hasta que alcanza la mejor compactación. Este descenso es más notorio cuando el pozo es productor de arena, pues el material extraído va dejando huecos que el filtro rellena, consecuentemente en estos casos el descenso del filtro es más acelerado, y permanente. En cambio, cuando un pozo explota acuíferos cársticos en fracturas, el asentamiento del filtro es leve y solo ocurre durante el inicio de la operación.

Cuando un pozo se desarrolla mecánicamente, dentro de las maniobras de rehabilitación, la extracción de finos que se produce ocasiona un notable descenso del nivel del filtro. Este descenso es una de las señales determinantes de que el desarrollo se está efectuando eficientemente.

Sea cual sea el motivo del descenso del filtro granular, este se debe reponer a la brevedad posible, a partir de un volumen de filtro que se debe tener cerca del pozo para estos fines, y por otra parte, el pozo debe contar, desde su construcción, de algún conducto para reponer el filtro, sin necesidad de efectuar maniobras complicadas.

#### 4.12.- VERIFICACIÓN DE LA REHABILITACIÓN.

Si la rehabilitación está enfocada a reparar un defecto físico en el pozo, como ademes colapsados o rotos, pescas, etc, evidentemente el éxito de la maniobra se manifiesta en la reparación del daño, y la supervisión a lo más requerirá de una inspección visual del pozo con un registro de video.

Si la rehabilitación se originó por una baja de eficiencia, provocada por incrustación, azolve, bloqueo de acuífero y filtro por finos, o problemas regionales, la verificación de los resultados de las maniobras de rehabilitación se mide por medio de un aforo. Este aforo normalmente es más corto que el realizado en un pozo nuevo (de 24 a 48 hr), pues ya se tienen antecedentes de las características del pozo. Los resultados se comparan con los datos de operación previos a la rehabilitación

Se debe hacer énfasis que el éxito de la rehabilitación no se calibra en función al incremento en el caudal, sino en el de su eficiencia, o como mínimo, cuando el pozo no se vuelve a aforar, en su capacidad específica para un caudal o un nivel determinado, lo que se manifiesta como distintas combinaciones de caudal-nivel dinámico en alguna de las condiciones siguientes:

- Mismo caudal que antes de la rehabilitación pero menor nivel dinámico
- Mayor caudal para un mismo nivel dinámico
- Mejoran las dos condiciones anteriores
- Una condición mejora y la otra empeora pero de tal modo que la relación beneficio-costo-oportunidad resulta positiva

Cuando se corre el registro de video preliminar a la rehabilitación, suele resultar incompleto, pues no es posible bajar la cámara hasta el extremo del pozo, por impedirlo algún obstáculo (“pescado” o azolve), por lo que es conveniente correr un nuevo registro para completar la información y comprobar los resultados de la rehabilitación. (cementaciones, cepillado, etc.)

## **CAPÍTULO 5**

### **EJEMPLO PRÁCTICO DE APLICACIÓN AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN EL INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

#### **Antecedentes**

En la zona nordeste de la Región Lagunera, que comprende los municipios de Fco. I. Madero y San Pedro de las Colonias, en el estado de Coahuila y Tlahualilo de Zaragoza, en el estado de Durango, las comunidades asentadas en dichos municipios utilizaban como fuentes de abastecimiento agua de pozos y norias ubicadas en las cercanías de las diversas localidades, las cuales en su mayoría contenían concentraciones de arsénico por encima de la norma. Por esta razón se planteo la necesidad de sustituir las fuentes contaminadas por otras de adecuada calidad para el consumo humano, y los Gobiernos Federal, Estatales y Municipales, conscientes de la gravedad del problema, decidieron unir sus esfuerzos y en los años de 1987 y 1988, construyeron el acueducto Sistemas Rurales de los Municipios en cuestión, el cual, junto con las redes de distribución de los Sistemas Tlahualilo, Madero, Finisterre y San Pedro es conocido como Sistema Interestatal.

Dicho sistema esta diseñado para satisfacer las demandas de agua de la población, aproximadamente hasta el año 2015, se basa en la explotación de 16 pozos profundos fuera de la zona con problemas de calidad. La batería de pozos se localiza aproximadamente a una distancia de 30 kilómetros al sudoeste de los municipios mencionados, en el acuífero principal dentro de la Comarca Lagunera (lámina 5.1), con un gasto original de aforo de 865 lps y un gasto de diseño de 675 lps.

En sus inicios la operación del Sistema Interestatal estuvo a cargo del Gobierno Federal hasta 1990, fecha en que se entregó a las autoridades estatales, quienes a su vez hicieron responsables a los Organismos Operadores de los municipios mencionados, sin embargo, ninguno de estos Organismos se encontraban y hasta la fecha constituidos y organizados formalmente, por lo que la prestación del servicio ha sido deficiente, dando como resultado que los usuarios ante la falta del vital líquido, hayan dejado de cubrir las cuotas por los derechos correspondientes, con lo que se dificulta el pago por concepto de energía eléctrica para alimentar los equipos de bombeo en la fuentes de abastecimiento, provocando con esto su paro y disminuyendo así el caudal aportado, aunado a lo anterior, la falta de operación y funcionamiento además del mantenimiento prácticamente inexistente ha generado el deterioro de todos y cada uno de los elementos del sistema.

En 1998 nuevamente el Gobierno Federal intervino como regulador de las acciones para el mejoramiento de la eficiencia del sistema sin quitar la operación a los Organismos Operadores. Para dar solución a la problemática descrita, el Gobierno conjuntamente con los Organismos Estatales en Coahuila y Durango realizaron acciones para la reactivación y/o rehabilitación de varios pozos del sistema.

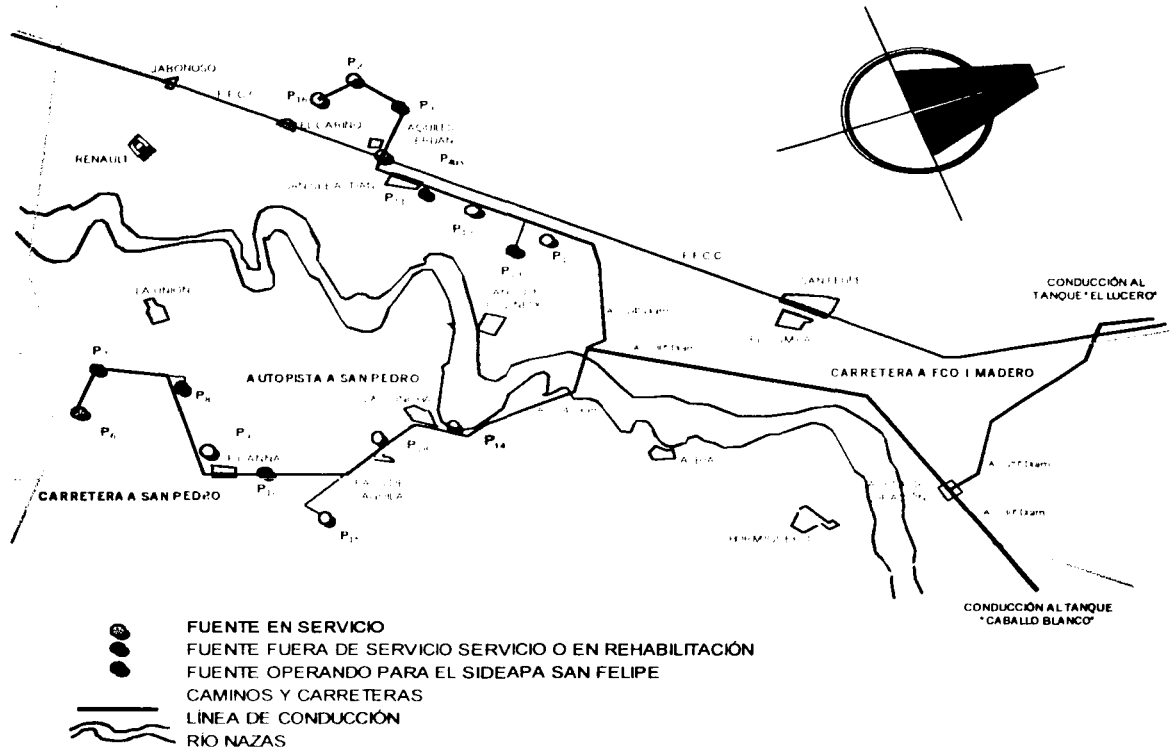


Lámina 5.1 Zona de captación

El Sistema Interestatal actualmente atiende a una población de 150,000 habitantes a través de los Subsistemas Tlahualilo, Francisco I. Madero, Finisterre y San Pedro. La cobertura de agua potable es del 98% con una población atendida de 147,171 habitantes.

Dado lo anterior se analiza la situación actual del funcionamiento del sistema encontrándose lo siguiente:

De los 16 pozos que integran el Sistema Interestatal, dos se encuentran prestados a otros sistemas, cuatro más se encuentra en rehabilitación, otro dejó de aportar agua, y de los nueve que se encuentran funcionando, se tienen los siguientes datos; presentaron un gasto original en conjunto de 617.20 lps, se diseñaron para aportar 475.00 lps y actualmente se les extraen 283.50 lps, que representa el 59.68% de gasto de diseño. (tabla 5.1)

Dadas las condiciones actuales de funcionamiento, se tiene el proyecto original no cumplirá con la meta de llegar al año 2015 y abastecer a la población futura.

Para el tercer trimestre del año 1999 se tendrán en operación trece pozos, los cuales se espera aporten un gasto de 518 lps, adicionalmente con la recuperación de los pozos prestados temporalmente a otros sistemas, se espera contar con 16 pozos en condiciones de operar con una aportación aproximada de 617 lps.

Dado lo anterior se pretende llevar a cabo el "Proyecto ejecutivo para la adecuación y/o rehabilitación de la infraestructura de equipamiento electromecánico de las fuentes de abastecimiento del Sistema Interestatal Coahuila-Durango en los municipios de Tlahualilo, Dgo., Francisco I. Madero y San Pedro en el estado de Coahuila, con los siguientes objetivos:

- Efectuar el diagnóstico de la infraestructura (conjunto pozo-bomba-motor-línea de conducción; del equipo electromecánico de rebombes en tanques y de la caseta de cloración), que sirva de base para la eficientización del sistema.
- Elaborar el proyecto ejecutivo para la adecuación y/o rehabilitación del equipamiento electromecánico de los pozos profundos para eficientizar el sistema.
- Elaboración de un manual de operación del sistema interestatal que incluye las acciones de operación mantenimiento preventivo y correctivo.
- Presupuestar de manera aproximada, los costos de las acciones de rehabilitación y mejoramiento de la eficiencia del sistema.

POZO	UBICACIÓN	GASTO (LPS)			SITUACIÓN ACTUAL
		Aforo original	Gasto de diseño	Aforo actual	
<b>Pozos operando</b>					
1	Dgo	80.0	60.0	33.7	Operando
2	Dgo	76.7	60.0	30.8	Operando
4bis	Dgo	75.1	50.0	27.0	Operando
6	Coah	60.0	60.0	27.7	Operando
9	Coah	74.4	60.0	24.3	Operando
12	Dgo	53.4	40.0	32.0	Operando
15	Coah	68.5	50.0	21.3	Operando
16	Dgo	77.1	55.0	49.2	Operando
18	Coah	52.0	40.0	37.4	Operando
<b>9 POZOS</b>		<b>617.2</b>	<b>475.0</b>	<b>283.4</b>	
<b>Pozos en rehabilitación o reparación</b>					
3	Dgo	60.0	60.0	30.0	Actualmente en rehabilitación, su tazon lo tiene prestado el pozo 9
8	Coah	47.0	40.0	18.7	Fuera de servicio, tiene el transformador quemado
13	Dgo	47.0	40.0	26.5	Fuera de servicio, en proceso de rehabilitación
14	Coah	50.0	43.0	50.0	Fuera de servicio, no se ha conectado a la red
<b>4 POZOS</b>		<b>204.0</b>	<b>183.0</b>	<b>125.2</b>	
<b>Pozos asignados temporalmente a otros sistemas</b>					
11	Dgo	46.0	35.0	35.0	Operando para el sistema San Felipe de Gomez Palacio (En calidad de préstamo)
17	Dgo	19.8	—	25.0	Operando para el sistema San Felipe de Gomez Palacio (En calidad de préstamo)
<b>2 POZOS</b>		<b>65.8</b>	<b>35.0</b>	<b>60.0</b>	
<b>Pozos fuera de servicio</b>					
5	Dgo	56.0	45.0	0.0	Sin equipar, sin interconexion, existe unicamente la perforacion
7	Coah	44.7	40.0	45.0	Fuera de servicio (Ajustado a unos meses de su inicio de operación)
10	Coah	28.6	25.0	4.0	Flejo de aportar agua
<b>3 POZOS</b>		<b>129.3</b>	<b>110.0</b>	<b>49.0</b>	

Tabla 5.1 Situación actual de las fuentes de abastecimiento

## **5.1 DEFINICIÓN DE DATOS BÁSICOS DE PROYECTO**

Los estudios básicos comprenden el desarrollo de actividades para definir la población y demanda actual, y su proyección, estudios que estarán apoyados en la información recopilada, como podrá ser:

- Población actual y su distribución
- Poblados incorporados al sistema
- Análisis de demandas de agua por uso
- Nivel y tipo de industrias integradas al sistema
- Tendencias de crecimiento y existencia de limitantes físicas
- Cobertura de agua potable por sistema y subsistema
- Infraestructura hidráulica existente

### **5.1.1 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN ACTUAL Y FUTURA**

Para la determinación de la población actual se solicitó a cada uno de los municipios su relación de población, así como, también a cada una de las oficinas de C.F.E. y de los responsables de los Organismos Operadores (San Pedro, Fco. I. Madero y Tlahualilo) y se procedió a obtener en el Consejo Nacional de Población (CONAPO), los resultados de los Censos de Población correspondientes al periodo de 1950 a 1995, con los cuales se determinó la población actual correspondiente que se ajustó a los datos y cálculos realizados para cada una de las dependencias antes mencionadas.

En la tabla 5.2 se presenta datos obtenidos para calcular la población actual del municipio de Fco. I. Madero, datos que se obtuvieron para cada uno de los municipios que integran al sistema y en la tabla 5.3 se presenta la población actual de todos ellos.

Con los resultados de la proyección de población al presente año, se procedió a proyectar dicha información a un horizonte de proyecto de 21 años (2020). (Tabla 5.4)

### **5.1.2 DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS Y DEMANDAS DE AGUA POTABLE**

#### **Dotación**

A falta de una estadística de consumo de agua potable en las localidades y a falta también de micromedición en las tomas domiciliarias que permita fijar los consumos reales de agua potable, se adoptaron los valores correspondientes a las dotaciones para consumo doméstico per cápita para un clima semicálido, establecidos por la Comisión Nacional del Agua.



Dado lo anterior se consideran los porcentajes de clases socioeconómicas proporcionados por las autoridades de cada municipio en estudio. (tabla 5.5)

POBLACION	MUNICIPIO	ORGANISMO OPERADOR	C.F.E.	METODO		
				MIN. CUADR. 1999	ARITMETICO 1999	GEOMETRICO 1999
Alamito	76.2	727	752	674	792	798
Banco de Lindero	308	305	287	253	304	306
Buena vista de arriba	1,081	940	931	882	905	908
Colón	0	0	949	817	865	866
Compuertas	1,051	1,019	1,043	846	959	967
Coruña La	1,244	920	912	1,025	988	989
Cuije El	975	1,074	954	848	958	958
Fco. I Madero	26,197	25,184	30,263	15,980	28,103	30,467
Floresncia	1,040	327	888	924	826	827
Florida La	1,699	1,865	1,988	2,034	1,684	1,684
Francisco Villa	185	155	0	162	144	140
Hidalgo	648	2,370	2,115	1,205	952	953
Requetito	2,983	2,648	2,380	2,257	2,764	2,792
Mercedes Las	990	1,351	705	698	776	782
Nuevo Leon	1,232	1,025	1,076	1,125	1,179	1,183
Retoño	398	303	0	369	262	263
Salón (Tres norias)	199	155	169	125	158	160
San Agustín de Ulua	462	376	385	385	382	394
San Esteban de Egipto	698	747	729	698	643	644
San Juan de Ulua	392	237	254	297	294	295
Veinte de Noviembre	944	1,074	973	1,282	1,064	1,060
Virginias	1,706	1,084	1,029	893	1,801	1,861
Yucatán	161	179	174	73	174	202
<b>TOTAL</b>	<b>45,645</b>	<b>43,448</b>	<b>48,847</b>	<b>33,851</b>	<b>46,968</b>	<b>49,500</b>
<b>POBLACION ACTUAL PROMEDIO</b>		<b>46,882 hab</b>				
Se debe señalar que para la obtención de este dato no se consideró la población obtenida por el método de mínimos cuadrados.						

Tabla 5.2 Resumen de poblaciones para el subsistema Fco. I. Madero

SUBSISTEMA	POBLACION ACTUAL DE PROYECTO
San Pedro	85,027
Fco. I. Madero	46,882
Tlahualilo	23,062
Finisterre	21,511

Tabla 5.3 Resumen de poblaciones actuales

SUBSISTEMA	MÍNIMOS CUADRADOS		ARITMETICO		GEOMETRICO		PROMEDIO	
	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Tlahualilo	20,242	20,242	25,245	27,495	28,278	31,912	24,585	27,216
Caboacera municipal	8,173	8,172	12,057	13,533	14,313	18,372	11,514	13,359
Fco. I. Madero	33,850	33,850	53,288	59,033	66,934	90,036	51,358	60,973
Caboacera municipal	15,980	15,979	33,335	38,090	46,133	67,267	31,816	40,446
Finisterre	21,232	21,232	21,290	22,068	21,712	23,159	21,411	22,153
San Pedro	59,556	59,556	81,837	88,478	87,561	100,424	84,699	94,451
Caboacera municipal	31,749	31,748	49,697	54,769	54,615	64,975	52,156	59,872

Tabla 5.4 Resumen de poblaciones futuras

### Coefficientes de variación

Para tomar en cuenta el efecto de las variaciones diarias y horarias en el consumo de agua potable, se adoptaron como coeficientes de variación 1.2 y 1.55 respectivamente.

PORCENTAJE DE CLASES SOCIOECONÓMICAS	SUBSISTEMA			
	SAN PEDRO	FCO. L. MADERO	TLAHUALILO	FINISTERRE
RESIDENCIAL (%)	3.0	3.0	0.0	0.0
MEDIA (%)	25.0	25.0	25.0	25.0
POPULAR (%)	72.0	72.0	75.0	75.0
TEMPERATURA MEDIA ANUAL	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C
CLIMA	Semicalido	Semicalido	Semicalido	Semicalido
INDICE DE HACINAMIENTO (hab/vivienda)	4.8	4.7	4.7	4.8
COBERTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE (%)	85.0	95.0	95.0	85.0
COBERTURA DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (%)	100.0	100.0	100.0	100.0
ACOMETIDAS ELÉCTRICAS DE C.F.E. (DOMÉSTICAS)	19,751	10,393	4,767	4,194
TASA DE CRECIMIENTO APLICADA (% anual)	1.10	1.09	0.82	0.39
TOMAS DOMICILIARIAS (DOMÉSTICAS)	16,610	8,782	5,095	4,144

Tabla 5.5 Datos socioeconómicos de los subsistemas

### Demanda de agua potable

En base a las poblaciones actuales y futuras, se calcularon los gastos medio ( $Q_{med}$ ), máximo diario ( $Q_{MD}$ ) y máximo horario ( $Q_{MH}$ ), tanto para el presente año como para el horizonte de proyecto (2020).

Para la determinación del consumo de agua para las actividades industriales, comerciales y de servicios, se consideraron los datos de la tabla 5.6.

La tabla 5.7 presenta el resumen de la demanda actual en los diferentes subsistemas, así como los resultados de la demanda para los años 2010 y 2020.

DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACIÓN EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO

DOTACIÓN DOMÉSTICA EN (l/hab/día)

CLIMA	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
SEMICALIDO	300	205	130

CONSUMO DOMÉSTICO EN (l/día) (\*)

RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
478,985	2,727,532	9,116,253

CONSUMO EN COMERCIOS, HOTELES E INDUSTRIA

ESTABLECIMIENTO	DOTACIÓN		CANTIDAD DE ESTABLECIMIENTOS	UNIDAD POR ESTABLECIMIENTO	CONSUMO MENSUAL	CONSUMO REAL
OFICINAS	20	l/m <sup>2</sup> /día	118	9	21,240	18,206
LOCALES COMERCIALES	6	l/m <sup>2</sup> /día	14	18	1,312	1,296
MERCADOS	100	l/m <sup>2</sup> /día	1	142	14,200	426,000
CLUBES DEPORTIVOS Y SERVICIOS PRIVADOS (**)	150	l/asistente/día	10	43	64,286	17,143
CINES Y TEATROS (***)	6	l/asistente/día	4	79	686	274
HOTELES (***)	400	l/cuarto/día	5	20	40,000	16,000
INDUSTRIA	100	l/trabajador/jornada	19	1,349	2,563,100	2,196,943
IND. MAQUILADORA	30	l/trabajador/jornada	10	3,127	938,100	804,084

CONSUMO PARA USOS PÚBLICOS

SALUD						
HOSPITALES, CLINICAS Y CENTROS DE SALUD (***)	800	l/cama/día	14	117	1,310,400	524,160
EDUCACION						
ELEMENTAL	20	l/alumno/turmo	179	16,458	58,919,640	42,085,457
MEDIA Y SUPERIOR	25	l/alumno/turmo	19	5,486	2,665,850	1,861,321
RECREACION						
ALIMENTOS Y BEBIDAS (**)	12	l/comida	4	100	4,800	1,280
ENTRETENIMIENTO (**)	6	l/asiento/día	9	43	2,314	617
RECREACION SOCIAL (DEPORTIVOS MUNICIPALES) (**)	25	l/asistente/día	3	29	2,143	571
DEPORTES AL AIRE LIBRE, BANOS Y VESTIDORES (**)	150	l/persona/día	1	36	5,357	1,428
ESTADIOS (**)	10	l/asiento/día	71	29	20,286	5,410
SEGURIDAD						
DELEGACION	150	l/persona/día	2	50	15,000	12,857
COMUNICACIONES Y TRANSPORTE						
ESTACIONES DE TRANSPORTE	10	l/pasajero/día	1	850	8,500	255,000
ESPACIOS ABIERTOS						
JARDINES Y PARQUES (**)	5	l/m <sup>2</sup> /día	18	2,000	180,000	48,000

CONSUMO MENSUAL LPS	CONSUMO MENSUAL REAL LITROS	CONSUMO DIARIO LITROS	CONSUMO DIARIO TOTAL LITROS (*)	CONSUMO DIARIO EN LPS	GASTO MÁXIMO DIARIO LPS (**)
66,717,413	48,276,050	1,609,202	16,718,392	193.50	232.20

(\*) SE CONSIDERA LA POBLACION DEL PROMEDIO OBTENIDO DEL RESUMEN DE POBLACIONES, SIN CONSIDERAR MENORES CUADRADOS

(\*\*) SE CONSIDERA QUE EN PROMEDIO 2 DIAS A LA SEMANA SE OCUPAN EN SU TOTALIDAD

(\*\*\*) SE CONSIDERA QUE EN PROMEDIO 3 DIAS A LA SEMANA SE OCUPAN EN SU TOTALIDAD

(\*) SE CONSIDERA EL 20% DE PERDIDAS EN LA CONDUCCION

(\*\*) SE CONSIDERA UN COEFICIENTE DE VARIACION DIARIA (CV) DE 1.2

SE PREVE UN CRECIMIENTO CONSTANTE EN LAS ACTIVIDADES COMERCIALES, INDUSTRIALES Y DE SERVICIOS DE 1.47% ANUAL DURANTE LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS, CONSIDERANDO LA TASA DE CRECIMIENTO QUE RESULTA DE LOS CALCULOS POR EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS EN LOS ÚLTIMOS 15 AÑOS

EL CONSUMO INDUSTRIAL, COMERCIAL, DE SERVICIOS PARA EL AÑO 2010 SERA DE:

Ce = 1,609,202 (1.0147)<sup>10</sup> = 1,839,404 litros/día

EL CONSUMO INDUSTRIAL, COMERCIAL, DE SERVICIOS PARA EL AÑO 2020 SERA DE:

Ce = 1,609,202 (1.0147)<sup>20</sup> = 2,106,258 litros/día

Tabla 5.6 Determinación de la dotación de agua para el subsistema San Pedro

SUBSISTEMAS	POBLACION			ABASTECIMIENTO (LPS)						
	URBANA	RURAL	TOTAL	DOMÉSTICA			COMERCIAL INDUSTRIAL (%)	Qmd	QMD	QMH
				URBANA	RURAL	TOTAL				
TLAHUALILO	10,247	12,815	23,062	17,664	19,285	36,922	0.00	11.31	54.17	82.41
ECCO. L. MADERO	28,643	18,849	46,882	49,934	28,354	78,738	9.87	165.78	126.94	196.75
FINISTERRE	21,511	21,511	43,022	32,337	32,337	64,674	0.00	88.84	46.61	72.24
SAN PEDRO	53,271	31,806	85,077	93,777	47,869	142,622	18.63	193.50	232.20	359.92
<b>TOTALES</b>	<b>91,511</b>	<b>84,971</b>	<b>176,482</b>	<b>162,344</b>	<b>127,866</b>	<b>290,199</b>	<b>28.56</b>	<b>382.43</b>	<b>458.92</b>	<b>711.33</b>

DOTACION MEDIA 187.23 L/H/D

Tabla 5.7 Demanda de agua potable actual

SUBSISTEMAS	POBLACION (2010)			ABASTECIMIENTO (LPS)						
	URBANA	RURAL	TOTAL	DOMÉSTICA			COMERCIAL INDUSTRIAL (%)	Qmd	QMD	QMH
				URBANA	RURAL	TOTAL				
TLAHUALILO	11,516	13,071	24,585	19,827	19,677	39,499	0.00	17.39	56.87	88.13
ECCO. L. MADERO	31,816	19,542	51,358	56,654	29,409	86,066	13.34	119.28	143.13	221.85
FINISTERRE	21,411	21,411	42,822	32,222	32,222	64,444	0.00	88.66	46.39	71.91
SAN PEDRO	52,156	32,543	84,699	92,827	48,977	141,804	21.87	196.45	235.73	365.38
<b>TOTALES</b>	<b>95,486</b>	<b>86,567</b>	<b>182,053</b>	<b>169,344</b>	<b>130,266</b>	<b>299,610</b>	<b>35.21</b>	<b>401.78</b>	<b>482.13</b>	<b>747.25</b>

DOTACION MEDIA 190.67 L/H/D

SUBSISTEMAS	POBLACION (2010)			ABASTECIMIENTO (LPS)						
	URBANA	RURAL	TOTAL	DOMÉSTICA			COMERCIAL INDUSTRIAL (%)	Qmd	QMD	QMH
				URBANA	RURAL	TOTAL				
TLAHUALILO	13,399	13,857	27,256	23,000	20,854	43,854	0.00	52.02	63.14	97.82
ECCO. L. MADERO	40,446	20,527	60,973	72,022	40,809	112,911	16.48	143.22	171.87	266.30
FINISTERRE	22,153	22,153	44,306	33,333	33,333	66,666	0.00	80.00	48.00	74.43
SAN PEDRO	59,872	34,579	94,451	106,611	52,034	158,645	25.40	220.73	264.88	410.57
<b>TOTALES</b>	<b>113,677</b>	<b>91,116</b>	<b>204,793</b>	<b>201,633</b>	<b>137,110</b>	<b>338,743</b>	<b>41.75</b>	<b>456.57</b>	<b>547.89</b>	<b>849.24</b>

DOTACION MEDIA 192.62 L/H/D

DOTACIONES POR CLASE SOCIOECONÓMICA:		INCIDENCIA DE CLASES SOCIOECONÓMICAS EN LAS LOCALIDADES URBANAS:	
RESIDENTIAL	300 L/H/D	1%	0%
MEDIA	205 L/H/D	25%	25%
POPULAR	140 L/H/D	74%	75%

LA CLASE SOCIOECONÓMICA POPULAR SE CONSIDERA EN UN 100% PARA LAS LOCALIDADES RURALES SE EMPLEA UN PORCENTAJE DE FUGAS DEL 20% Y UN COEFICIENTE DE VARIACION DIARIA DE 1.4

(\*) SE TIENEN DATOS PROPORCIONALES POR EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO, MAS NO DEL RESTO DE LOS MUNICIPIOS. POR LO QUE A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL ANALISIS REALIZADO PARA SAN PEDRO SE OBTIENE LOS VALORES DE LOS DEMAS MUNICIPIOS EN LA MISMA PROPORCION

Tabla 5.8 Demanda de agua potable futura

## 5.2 ESTUDIO DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Para establecer con precisión el estado actual de las fuentes de abastecimiento, la evolución de los niveles estáticos, disminución del gasto de explotación, su potencial de explotación actual y conocer los requerimientos para incrementar la producción y eficientar los equipos electromecánicos, se elaboraron los estudios técnicos que se describen a continuación en los pozos 1, 2, 4bis, 6, 8, 9, 12, 13, 15, 16 y 18.

### **5.2.1 DESINSTALACIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPO BOMBA-MOTOR**

Para llevar a cabo las actividades correspondientes, se realizó un programa de paro de pozos y una vez confirmada la autorización por parte de los Organismos, así como, de la Comisión Nacional del Agua (CNA) para la desinstalación de los accesorios del pozo, se procedió a ejecutar las maniobras necesarias. Previo a la desinstalación se realizaron las siguientes actividades: prueba de bombeo, revisión y diagnóstico del equipo electromecánico y posteriormente a su desinstalación se llevo a cabo la inspección del pozo por medio de un video.

En la tabla 5.9a y b, se presentan los resultados de los trabajos de desinstalación realizados en los pozos 8 y 4bis, y posteriormente se presenta un resumen con los resultados de todos los pozos.

### **5.2.2 INSPECCIÓN CON CÁMARA DE VIDEO EN POZOS PROFUNDOS**

Previo autorización de los Organismos y con el propósito de establecer las características actuales de la estructura de los pozos existentes, se realizó una inspección con cámara de video. La filmación se obtuvo a color, generándose a su vez un informe técnico por escrito en el que se analiza la grabación y se observa el estado actual en que se encuentra la estructura del pozo, además se establecen las recomendaciones pertinentes para llevar a cabo los trabajos necesarios para su adecuación.

Cabe señalar que una de las actividades necesarias para el diagnóstico es llevar a cabo un aforo durante 24 horas, el cual no se llevo a cabo y se explican las razones en el capítulo de conclusiones.

## **5.3 DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA**

Con los resultados obtenidos del estudio de las fuentes de abastecimiento, se definieron los problemas principales de operación del sistema, diferenciando los problemas estructurales, de equipamiento y de operación.

### **Zona de captación**

Su ubicación se encuentra en el área conocida como "La Burbuja". Esta se localiza al norte de la zona conurbana de Torreón, Coah. y Gómez Palacio, Dgo., sobre las márgenes del Río Nazas. La captación se encuentra integrada por un total de 18 pozos profundos, diez de los cuales se encuentran en el estado de Durango y los ocho restantes en el estado de Coahuila. La condición actual se de estos pozos se observa en la tabla 5.1.

Para el aprovechamiento se interconectan por medio de tuberías de asbesto cemento que van desde 10" (254mm) y hasta 24" (6096mm) de diámetro. Estas confluyen en un punto común, considerado como inicio de la línea principal de conducción, el cual se identifica como km 9+000, por corresponder al kilometraje del trazo original de esta línea. La capacidad actual de producción de cada uno de estos pozos, se encuentra entre 18.7 y 50 lps, con lo que el gasto total que se puede extraer con estas obras, es de 468.6 lps

SISTEMA:	SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO		
FECHA:	29 DE OCTUBRE DE 1999		
POZO:	8		
MOTOR		CUERPO DE TAZONES	
MARCA	I E M	MARCA	PEERLESS
Nº DE SERIE	8910003	MODELO	10-MA
POTENCIA	200 HP	SERIE	S/S
VELOCIDAD	1777 RPM	DIAMETRO EXTERIOR	No 10
		No. DE PASOS	15
		CURVA DEL IMPULSOR	S/C
		TIPO DE IMPULSOR	Cerrado
CABEZAL DE DESCARGA			
MARCA	OCELCO	COLADOR	
Nº DE SERIE	OVT21213	TIPO	S/C
TAMAÑO	16 1/2"	DIAMETRO	S/C
DIAMETRO DE DESCARGA	8"	LONGITUD	S/C
DIAMETRO DE COLUMNA	6"		
COLUMNA		FLECHA SUPERIOR	
LUBRICACION	Acoste	LONGITUD	
DIAMETRO DE COLUMNA	6"	DIAMETRO	1 1/2"
DIAMETRO DE FLECHA	1 1/2"		
LONGITUD	540		
DIAMETRO DE LA CAMISA	2 1/2"		
Nº DE TRAMOS	54		
DIAGNÓSTICO	Gasto específico muy por debajo del promedio de la zona de bombeo		
	Eficiencia electromecánica baja		
	El gasto se midió con manpurga de 8" a 4", con altura piezométrica de 71 cm promedio		
	Gasto en el medidor volumétrico 17.5 lps		
	Infiltraciones y aire en el caudal a descarga libre		
VIDEO	294. Lagro desprendimiento de las uniones del tubo con entrada de agua y ligera desviación. Aumenta el grado de incrustación		
	285. Línea tubería ranurada tipo canastilla con alto grado de incrustación		
	298. Aportación pequeña de agua		
	381. Desarticulación del adorne con ligera proyección lateral		
	418. Nivel estático. Se observan las ranuras libres de incrustación		
	510. Se observa arena en las ranuras del adorno		
	541. Se observa mara del tubo encajado en el tubo		
	550. Se observa rotura causada por la vibración del paso de succión del bazon		
	561. Profundidad libre registrada. Se observa material sólido alojado, tal vez en el nivel de azolve. Ranuras saturadas de arena		
TRABAJOS DE REHABILITACION	Se recomienda la colocación de un pistón a la profundidad de 381, 404 y 550. Trabajo con barrenos para eliminar el material sólido		
	Realizar los trabajos de desazolve, utilizando para el efecto el método de culebrero y tratar de alcanzar las condiciones originales de profundidad		
	Se recomienda la limpieza de la porción ranurada del adorno en toda su longitud, utilizando el método de cepillado con sistema rotatorio, haciendo especial cuidado con el o los perfiles instalados previamente		
	Las condiciones del proyecto se darán una vez que se incrementa el gasto específico a por lo menos 0.75 lps/m de abatimiento		
	Se recomienda la aplicación con anhelo y aplicación de agua en el filtro de grava y un alfor para determinar los resultados de los trabajos de saneamiento		

Tabla 5.9a Reporte de instalación o desinstalación

### Pozos profundos

En la actualidad, las fuentes de abastecimiento no operan de manera regular debido a que, como consecuencia de la escasa recaudación por parte de los diferentes Organismos Operadores, se producen dos efectos, el primero se refiere a que, como no cubren con oportunidad los pagos correspondientes al consumo de energía, la Comisión Federal de Electricidad corta el suministro de energía y para el funcionamiento de la fuente de abastecimiento, y el segundo se refleja en el mantenimiento preventivo, el cual no se lleva a cabo, provocando que hasta que el equipo o el pozo presentan fallas de consideración se revise su estado físico.

<b>SISTEMA</b>		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO	
<b>FECHA</b>		31 DE DICIEMBRE DE 1999	
<b>POZO</b>		4bs	
<b>MOTOR</b>		<b>CUERPO DE LAZONES</b>	
MARCA	I E M	MARCA	PEERLESS
Nº DE SERIE	9901012	MODELO	10-MA
POTENCIA	200 HP	SERIE	S/S
VELOCIDAD	1777 RPM	DIAMETRO EXTERIOR	No 10
		No. DE PASOS	13
		CURVA DEL IMPULSOR	S/C
		TIPO DE IMPULSOR	Cerrado
<b>CABEZAL DE DESCARGA</b>		<b>COLADOR</b>	
MARCA	OCELCO	TIPO	Cónico de repita
Nº DE SERIE	OVT21210	DIAMETRO	8"
TAMANO	16 1/2"	LONGITUD	30 cm
DIAMETRO DE DESCARGA	8"		
DIAMETRO DE COLUMNA	8"		
<b>COLUMNA</b>		<b>FLECHA SUPERIOR</b>	
LUBRICACION	Acate	LONGITUD	
DIAMETRO DE COLUMNA	8"	DIAMETRO	1 1/2"
DIAMETRO DE FLECHA	1 1/2"		
LONGITUD	450		
DIAMETRO DE LA CAMISA	2 1/2"		
Nº DE TRAMOS	45		
<b>DIAGNOSTICO</b>			
Máquina electromecánica regular			
El gasto promedio con manopla de 8" a 6", con altura piezométrica de 23 cm a diámetro libre			
Gasto en el medidor volumétrico: 29 lps			
Intermitencia y aire en el caudal a descarga libre			
<b>VIDEO</b>			
294 - Injca tubería de ademe con ranurado tipo longitudinal, con manifestaciones severas			
296 - Desanclación con exposición de oja del tubo inferior			
400 - Nivel estático			
480 - Manifestación biológica (bacterias)			
63 - Nivel de azule			
<b>TRABAJOS DE REHABILITACION</b>			
Se recomienda la colocación de un parche a la profundidad de 396			
Desazolve del pozo hasta su profundidad original utilizando el método de cuchara			
Se recomienda la limpieza de la perforación ranurada del ademe de los 400 en adelante, utilizando el método de cepillado con sistema rotatorio, teniendo especial cuidado con el o los parches instalados previamente			

Tabla 5.9b Reporte de instalación o desinstalación

En la tabla 5.10 se presentan las características hidráulicas de los pozos y las electromecánicas de los equipos de bombeo para cada uno de ellos.

Actualmente los municipios de San Pedro y Fco. I. Madero cuentan cada uno con dos pozos adicionales que aportan en conjunto 48 y 30 lps respectivamente, aun cuando estos datos son realmente estimados, ya que no se cuenta con información resultado de algún aforo.









## **5.4 DIAGNÓSTICO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

Está formada por una línea principal y dos ramales que salen de ésta. La línea principal de conducción consiste en una tubería de asbesto cemento de 30" (762 mm) de diámetro, con una longitud de 19 kms, cuyo inicio es el punto donde confluyen las líneas de interconexión de los pozos, conocido como km 9+000, el cual se localiza a 1.5 kms al oriente del poblado San José de Viñedo, sobre la margen izquierda del canal Sacramento. A partir de la confluencia de ambas líneas, sigue paralelamente el trazo del canal hasta llegar a su punto final en el tanque Caballo Blanco, con kilometraje 28+001, donde entrega agua en bloque para abastecer a los Subsistemas San Pedro y Feo I. Madero.

El ramal al tanque Primero de Mayo consiste en una tubería de asbesto cemento de 14" (356 mm) de diámetro y 9,537 metros de longitud, que se rebombeea con un equipo a partir del tanque Caballo Blanco y finaliza en el tanque Primero de Mayo, donde le es entregada agua en bloque al Subsistema Finisterre.

El ramal al tanque El Lucero consiste en una tubería de asbesto de 24" (609 mm) con una longitud de 21,841 m, que parte de la línea principal de conducción a la altura del km 16+170 (Caseta de Cloración) hasta el tanque Lucero, localizado en las afueras de la población del mismo nombre en el estado de Durango, donde entrega en bloque el agua que demanda el Subsistema Tlahualilo.

Con el objeto de verificar el funcionamiento hidráulico de las tuberías y equipos de bombeo de las diversas líneas de conducción de los subsistemas en estudio, se procedió a efectuar simulaciones para cada uno de ellos, empleando para tal fin los programas AH version 2.07 y ARIETE versión 3.4, elaborados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Para proporcionar información de partida al programa, se numeraron todos los nudos, identificando aquellos donde se efectúa el consumo, asignando a cada uno su elevación topográfica, así mismo se identificó la longitud y material de cada uno de los tramos, asignándoles un número.

Se emplea la fórmula de Manning, con coeficiente de rugosidad de 0.012 para tubería de asbesto cemento.

Los resultados presentados por el programa son: cota piezométrica, cargas disponibles en cada nudo, pérdidas por fricción y gastos en cada uno de los tramos.

Se analizan primero las condiciones actuales, para lo cual se consideraron siete alternativas, la primera en la que se tienen funcionando todos los equipos y se presentan las siguientes características: las presiones positivas en los nudos son menores a los 100 mca y las negativas menores a los 10 mca, lo que representa que la tubería no se encuentra sometida a condiciones extremas. El gasto que conduce la Línea Principal es de 356 lps, y distribuye un gasto de 111 lps al Tanque Lucero y 245 lps al Tanque Caballo Blanco.

En las siguientes seis alternativas se consideran una serie de combinaciones de equipos que pueden ser parados, y cuya aportación no altera de manera significativa la aportación actual al sistema. El gasto que se extrae en estas alternativas, varía entre 275 y 287 lps. De igual forma las presiones positivas en los nudos son menores a los 100 mca y las negativas menores a los 10 mca.

Posteriormente se analizan las condiciones de trabajo una vez rehabilitados los pozos, para lo cual se consideran siete alternativas, la primera en la trabajan todos los equipos, aportando un gasto de 456 lps. Se consideran cinco alternativas más en las que se para un pozo cuya producción es de 40 lps.

En todos estos análisis no se presentan presiones negativas y las presiones positivas son menores a los 100 mca.

Cabe señalar que estos cálculos están analizados con el programa AH.

Para fines ilustrativos se muestran las tablas con los resultados de la alternativa 1 (situación actual, trabajando todos los pozos), otra tabla en la que comparan los resultados de dos alternativas en condiciones actuales con la alternativa 1, finalmente se presenta una tabla en la que comparan los resultados que se tienen al estar funcionando todos los equipos en condición actual contra todo los equipos funcionando una vez rehabilitados.

De igual forma se analizan cada una de las 14 alternativas por el programa de Ariete, con en fin de obtener la evolución de las cargas en cada pozo.

Para fines ilustrativos se presentan las graficas resultantes de la alternativa número 14, en la que se analiza el comportamiento transitorio de la línea de conducción considerando la rehabilitación de los pozos y en la que durante la operación, se paran los equipos 1 y 13, produciéndose una variación de presiones que oscilan entre los 69 mca (puntual positiva en el tramo 35) y 8 mca (negativa a partir del tramo 32).

**DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

ANALISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA		JMPM		
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO		
VARIANTE		CON TODAS LAS VAEAS		
FECHA		DICIEMBRE DE 1999		
OBSERVACIONES		ALTERNATIVA 1 SITUACION ACTUAL TRABAJANDO TODOS LOS POZOS		
DATOS DE NUDOS		archivo usado: ALITER-1		TOTAL DE NUDOS: 80
NUDO	TIPO	DESCRIPCION	COTAS (m)	DATO ESPECIFICO DEL NUDO
1	POZO 6	13 BOMBA (trabajando)	1128.43	
2	V-1	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1128.56	
3	POZO 7	0 NUDO SIMPLE	1128.27	
4	V-2	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1128.52	
5	CON-1	0 NUDO SIMPLE	1127.38	
6	POZO 8	13 BOMBA (trabajando)	1127.65	
7	V-3	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1127.05	
8	CON-2	0 NUDO SIMPLE	1125.38	
9	POZO 9	13 BOMBA (trabajando)	1125.45	
10	V-4	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1126.21	
11	POZO 10	0 NUDO SIMPLE	1124.43	
12	V-5	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1124.31	
13	CON-3	0 NUDO SIMPLE	1123.69	
14	POZO 15	13 BOMBA (trabajando)	1123.50	
15	V-6	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1123.70	
16	CON-4	0 NUDO SIMPLE	1123.72	
17	POZO 18	13 BOMBA (trabajando)	1123.45	
18	V-7	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1124.75	
19	CON-5	0 NUDO SIMPLE	1124.46	
20	POZO 14	0 NUDO SIMPLE	1124.35	
21	V-8	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1123.67	
22	V-9	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1122.03	
23	V-10	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1124.40	
24	POZO 16	13 BOMBA (trabajando)	1125.23	
25	V-11	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1125.49	
26	CON-6	0 NUDO SIMPLE	1124.07	
27	POZO 2	13 BOMBA (trabajando)	1124.35	
28	POZO 3	0 NUDO SIMPLE	1123.68	
29	CON-7	0 NUDO SIMPLE	1124.23	
30	POZO 4bis	13 BOMBA (trabajando)	1124.35	
31	V-12	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1122.60	
32	POZO 11	0 NUDO SIMPLE	1122.82	
33	CON-8	0 NUDO SIMPLE	1122.56	
34	POZO 12	13 BOMBA (trabajando)	1122.71	
35	CON-9	0 NUDO SIMPLE	1121.59	
36	POZO 13	13 BOMBA (que para)	1122.10	
37	CON-10	0 NUDO SIMPLE	1120.21	
38	POZO 1	13 BOMBA (que para)	1120.15	
39	V-13	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1119.44	
40	V-14	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1118.44	
41	V-15	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1119.50	
42	INT-PRI	0 NUDO SIMPLE	1122.47	
43	V-16	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1120.00	
44	V-17	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1119.21	
45	V-18	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1120.98	
46	V-19	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1119.45	
47	V-20	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1117.25	
48	V-21	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1119.82	
49	V-22	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1119.20	
50	INT-TLA	0 NUDO SIMPLE	1116.87	
51	V-23	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1117.90	

PROYECTISTA	JMPM			
PROYECTO	SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO			
VARIANTE	CON TODAS LAS VAEAS			
FECHA	DICIEMBRE DE 1999			
OBSERVACIONES	ALTERNATIVA 1 SITUACION ACTUAL TRABAJANDO TODOS LOS POZOS			
DATOS DE NUDOS		archivo usado: ALITER-1		TOTAL DE NUDOS: 80
NUDO	HP (o)	DESCRIPCION	COTA T (m)	DATO ESPECIFICO DEL NUDO
52	V-24	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1118.34	
53	V-25	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1118.54	
54	V-26	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1117.71	
55	V-27	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1116.78	
56	V-28	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1118.12	
57	V-29	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1113.40	
58	V-30	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1112.85	
59	V-31	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1108.67	
60	V-32	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1110.01	
61	V-33	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1110.30	
62	T-CB	7 TANQUE (nivel constante)	1112.28	c. piezométrica 1113.67
63	V-34	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1117.17	
64	V-35	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1116.89	
65	V-36	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1113.49	
66	V-37	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1113.78	
67	V-38	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1113.45	
68	V-39	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1111.55	
69	V-40	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1110.86	
70	V-41	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1111.62	
71	V-42	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1109.55	
72	V-43	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1107.59	
73	V-44	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1108.68	
74	V-45	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1107.25	
75	V-46	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1106.48	
76	V-47	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1104.96	
77	D-1	0 NUDO SIMPLE	1103.60	
78	D-2	0 NUDO SIMPLE	1102.11	
79	V-48	5 VALV ADMIS Y EXPUT. DE AIRE	1102.20	
80	T-LUC	7 TANQUE (nivel constante)	1101.06	c. piezométrica 1102.45

DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO

ANALISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA		JHPM											
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO											
VARIANTE		CON TODAS LAS VALAS											
FECHA		DICIEMBRE DE 1999											
OBSERVACIONES		ALTERNATIVA 1 SITUACION ACTUAL TRABAJANDO TODOS LOS POZOS											
DATOS DE LOS TRAMOS		archivo usado: ALTER-1										TOTAL DE TRAMOS:	79
TRAMO	HIP	DESCRIPCION	PUNTO		LONGITUD	H MÁXIMA	H MÍNIMA	INDICE	DIAMETRO	COEF. DE PERDIDAS			
			inicial	final						(m)	(m)	(m)	n de Man.
1	1	0	Conduc Simple	POZO 6	V-1	443.58			1	250.0	0.012		
2	2	0	Conduc Simple	V-1	POZO 7	447.21			1	250.0	0.012		
3	3	0	Conduc Simple	POZO 7	V-2	625.94			3	350.0	0.012		
4	4	0	Conduc Simple	V-2	CON-1	417.22			5	450.0	0.012		
5	5	0	Conduc Simple	CON-1	POZO 8	150.00			2	300.0	0.012		
6	6	0	Conduc Simple	CON-1	V-3	637.91			5	450.0	0.012		
7	7	0	Conduc Simple	V-3	CON-2	1030.34			5	450.0	0.012		
8	8	0	Conduc Simple	CON-2	POZO 9	25.00			2	300.0	0.012		
9	9	0	Conduc Simple	CON-2	V-4	205.38			6	500.0	0.012		
10	10	0	Conduc Simple	V-4	POZO 10	1365.80			6	500.0	0.012		
11	11	0	Conduc Simple	POZO 10	V-5	103.29			7	600.0	0.012		
12	12	0	Conduc Simple	V-5	CON-3	1193.98			7	600.0	0.012		
13	13	0	Conduc Simple	CON-3	POZO 15	1185.70			2	300.0	0.012		
14	14	0	Conduc Simple	CON-3	V-6	32.91			7	600.0	0.012		
15	15	0	Conduc Simple	V-6	CON-4	647.45			7	600.0	0.012		
16	16	0	Conduc Simple	CON-4	POZO 18	25.00			2	300.0	0.012		
17	17	0	Conduc Simple	CON-4	V-7	1024.24			7	600.0	0.012		
18	18	0	Conduc Simple	V-7	CON-5	788.47			7	600.0	0.012		
19	19	0	Conduc Simple	CON-5	POZO 14	25.00			2	300.0	0.012		
20	20	0	Conduc Simple	CON-5	V-8	373.56			7	600.0	0.012		
21	21	0	Conduc Simple	V-8	V-9	1841.12			7	600.0	0.012		
22	22	0	Conduc Simple	V-9	V-10	298.49			7	600.0	0.012		
23	23	0	Conduc Simple	V-10	INT-PRI	23.16			7	600.0	0.012		
24	24	0	Conduc Simple	POZO 16	V-11	102.96			2	300.0	0.012		
25	25	0	Conduc Simple	V-11	CON-6	606.08			2	300.0	0.012		
26	26	0	Conduc Simple	CON-6	POZO 2	87.50			2	300.0	0.012		
27	27	0	Conduc Simple	CON-6	POZO 3	574.14			4	400.0	0.012		
28	28	0	Conduc Simple	POZO 3	CON-7	692.63			5	450.0	0.012		
29	29	0	Conduc Simple	CON-7	POZO 4bus	25.00			2	300.0	0.012		
30	30	0	Conduc Simple	CON-7	V-12	1203.13			6	500.0	0.012		
31	31	0	Conduc Simple	V-12	POZO 11	297.30			6	500.0	0.012		
32	32	0	Conduc Simple	POZO 11	CON-8	616.59			7	600.0	0.012		
33	33	0	Conduc Simple	CON-8	POZO 12	25.00			2	300.0	0.012		
34	34	0	Conduc Simple	CON-8	CON-9	982.72			7	600.0	0.012		
35	35	0	Conduc Simple	CON-9	POZO 13	755.30			2	300.0	0.012		
36	36	0	Conduc Simple	CON-9	CON-10	228.85			7	600.0	0.012		
37	37	0	Conduc Simple	CON-10	POZO 1	50.00			2	300.0	0.012		
38	38	0	Conduc Simple	CON-10	V-13	752.08			7	600.0	0.012		
39	39	0	Conduc Simple	V-13	V-14	1121.40			7	600.0	0.012		
40	40	0	Conduc Simple	V-14	V-15	1125.32			7	600.0	0.012		
41	41	0	Conduc Simple	V-15	INT-PRI	286.21			7	600.0	0.012		
42	42	0	Conduc Simple	INT-PRI	V-16	377.70			8	750.0	0.012		
43	43	0	Conduc Simple	V-16	V-17	1054.21			8	750.0	0.012		
44	44	0	Conduc Simple	V-17	V-18	541.17			8	750.0	0.012		
45	45	0	Conduc Simple	V-18	V-19	1586.90			8	750.0	0.012		
46	46	0	Conduc Simple	V-19	V-20	1195.85			8	750.0	0.012		
47	47	0	Conduc Simple	V-20	V-21	1096.37			8	750.0	0.012		
48	48	0	Conduc Simple	V-21	V-22	722.14			8	750.0	0.012		
49	49	0	Conduc Simple	V-22	INT-IT-A	564.75			8	750.0	0.012		
50	50	0	Conduc Simple	INT-IT-A	V-23	823.19			8	750.0	0.012		
51	51	0	Conduc Simple	V-23	V-24	293.85			8	750.0	0.012		
52	52	0	Conduc Simple	V-24	V-25	905.50			8	750.0	0.012		
53	53	0	Conduc Simple	V-25	V-26	235.29			8	750.0	0.012		
54	54	0	Conduc Simple	V-26	V-27	1193.45			8	750.0	0.012		
55	55	0	Conduc Simple	V-27	V-28	1475.12			8	750.0	0.012		

**DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

ANALISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA		JHPM									
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO									
VARIANTE		CON TODAS LAS VAEAS									
FECHA		DICIEMBRE DE 1999									
OBSERVACIONES		ALTERNATIVA 1 SITUACION ACTUAL TRABAJANDO TODOS LOS POZOS									
DATOS DE LOS TRAMOS		archivo usado: ALTER-1								TOTAL DE TRAMOS: 79	
TRAMO	HP (l)	DESCRIPCION	NUDOS		LONGITUD (m)	H MAXIMA (m)	H MINIMA (m)	INDICE	DIAMETRO (mm)	COEF. DE PERDIDAS	
			inicial	final						n de Man	K
56	56	0	Conduc Simple	V-28	V-29	1031.58			8	750.0	0.012
57	57	0	Conduc Simple	V-29	V-30	2877.00			8	750.0	0.012
58	58	0	Conduc Simple	V-30	V-31	937.90			8	750.0	0.012
59	59	0	Conduc Simple	V-31	V-32	1271.02			8	750.0	0.012
60	60	0	Conduc Simple	V-32	V-33	672.88			8	750.0	0.012
61	61	0	Conduc Simple	V-33	T-CB	112.87			8	750.0	0.012
62	62	0	Conduc Simple	INT-TLA	V-34	881.18			6	500.0	0.012
63	63	0	Conduc Simple	V-34	V-35	1302.68			6	500.0	0.012
64	64	0	Conduc Simple	V-35	V-36	1207.46			6	500.0	0.012
65	65	0	Conduc Simple	V-36	V-37	1052.21			6	500.0	0.012
66	66	0	Conduc Simple	V-37	V-38	619.92			6	500.0	0.012
67	67	0	Conduc Simple	V-38	V-39	915.94			6	500.0	0.012
68	68	0	Conduc Simple	V-39	V-40	1080.00			6	500.0	0.012
69	69	0	Conduc Simple	V-40	V-41	1157.35			6	500.0	0.012
70	70	0	Conduc Simple	V-41	V-42	1031.18			6	500.0	0.012
71	71	0	Conduc Simple	V-42	V-43	788.98			6	500.0	0.012
72	72	0	Conduc Simple	V-43	V-44	2400.85			6	500.0	0.012
73	73	0	Conduc Simple	V-44	V-45	1526.55			6	500.0	0.012
74	74	0	Conduc Simple	V-45	V-46	573.57			6	500.0	0.012
75	75	0	Conduc Simple	V-46	V-47	1577.73			6	500.0	0.012
76	76	0	Conduc Simple	V-47	D-1	814.20			6	500.0	0.012
77	77	0	Conduc Simple	D-1	D-2	2058.20			6	500.0	0.012
78	78	0	Conduc Simple	D-2	V-48	1238.92			6	500.0	0.012
79	79	0	Conduc Simple	V-48	T-LUC	1614.68			6	500.0	0.012



DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO

ANALISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA	JMPM								
PROYECTO	SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO								
VARIANTE	CON TODAS LAS VAEAS								
FECHA	DICIEMBRE DE 1999								
OBSERVACIONES	ALTERNATIVA Y SITUACION ACTUAL TRABAJANDO TODOS LOS POZOS								
RESULTADOS PARA NUDOS				archivo usado:	ALTER-1			TOTAL DE NUDOS	80
NUDO	HIP (O)	DESCRIPCION	C. PIEZ (m)	COTA T (m)	PRESTON (m)	CONSUMO (l/s)	ERROR (l/s)		
1	POZO 6	13 BOMBA (trabajando)	1130.46	1128.43	2.03	-29.73	0.000		
2	V-1	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1129.51	1128.56	0.95	0.00	0.000		
3	POZO 7	0 NUDO SIMPLE	1128.56	1128.27	0.29	0.00	0.000		
4	V-2	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1128.34	1128.52	-0.18	0.00	0.000		
5	CON-1	0 NUDO SIMPLE	1128.30	1127.38	0.92	0.00	0.000		
6	POZO 8	13 BOMBA (trabajando)	1128.39	1127.65	0.74	-25.88	0.000		
7	V-3	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1128.09	1127.05	1.04	0.00	0.000		
8	CON-2	0 NUDO SIMPLE	1127.76	1125.38	2.38	0.00	0.000		
9	POZO 9	13 BOMBA (trabajando)	1127.77	1125.45	2.32	-27.30	0.000		
10	V-4	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1127.67	1126.21	1.46	0.00	0.000		
11	POZO 10	0 NUDO SIMPLE	1127.11	1124.43	2.68	0.00	0.000		
12	V-5	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1127.09	1124.41	2.78	0.00	0.000		
13	CON-3	0 NUDO SIMPLE	1126.91	1123.69	3.22	0.00	0.000		
14	POZO 15	13 BOMBA (trabajando)	1127.50	1123.50	4.00	23.39	0.000		
15	V-6	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1126.90	1123.70	3.20	0.00	0.000		
16	CON-4	0 NUDO SIMPLE	1126.73	1123.72	3.01	0.00	0.000		
17	POZO 18	13 BOMBA (trabajando)	1126.76	1123.45	3.31	-34.84	0.000		
18	V-7	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1126.27	1124.75	1.52	0.00	0.000		
19	CON-5	0 NUDO SIMPLE	1125.92	1124.46	1.46	0.00	0.000		
20	POZO 14	0 NUDO SIMPLE	1125.92	1124.35	1.57	0.00	0.000		
21	V-8	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1125.75	1123.67	2.08	0.00	0.000		
22	V-9	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1124.92	1122.03	2.89	0.00	0.000		
23	V-10	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1124.78	1124.40	0.38	0.00	0.000		
24	POZO 16	13 BOMBA (trabajando)	1133.38	1125.23	8.15	-52.02	0.000		
25	V-11	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1133.12	1125.49	7.63	0.00	0.000		
26	CON-6	0 NUDO SIMPLE	1131.63	1124.07	7.56	0.00	0.000		
27	POZO 2	13 BOMBA (trabajando)	1131.72	1124.35	7.37	-33.58	0.000		
28	POZO 3	0 NUDO SIMPLE	1130.80	1123.68	7.12	0.00	0.000		
29	CON-7	0 NUDO SIMPLE	1130.27	1124.23	6.04	0.00	0.000		
30	POZO 4bis	13 BOMBA (trabajando)	1130.29	1124.35	5.94	-30.63	0.000		
31	V-12	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1129.30	1122.60	6.70	0.00	0.000		
32	POZO 11	0 NUDO SIMPLE	1129.06	1122.82	6.24	0.00	0.000		
33	CON-8	0 NUDO SIMPLE	1128.87	1122.56	6.31	0.00	0.000		
34	POZO 12	13 BOMBA (trabajando)	1128.90	1122.71	6.19	-34.37	0.000		
35	CON-9	0 NUDO SIMPLE	1128.37	1121.59	6.78	0.00	0.000		
36	POZO 13	13 BOMBA (que para)	1128.96	1122.10	6.86	-29.26	0.000		
37	CON-10	0 NUDO SIMPLE	1128.20	1120.21	7.99	0.00	0.000		
38	POZO 1	13 BOMBA (que para)	1128.26	1120.15	8.11	-34.96	0.000		
39	V-13	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1127.42	1119.44	7.98	0.00	0.000		
40	V-14	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1126.25	1118.34	7.91	0.00	0.000		
41	V-15	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1125.07	1119.50	5.57	0.00	0.000		
42	INT-PRI	0 NUDO SIMPLE	1124.77	1122.47	2.30	0.00	0.000		
43	V-16	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1124.44	1120.00	4.44	0.00	0.000		
44	V-17	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1123.53	1119.21	4.32	0.00	0.000		
45	V-18	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1123.05	1120.98	2.07	0.00	0.000		
46	V-19	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1121.67	1119.45	2.22	0.00	0.000		
47	V-20	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1120.63	1117.25	3.38	0.00	0.000		
48	V-21	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1119.67	1119.82	-0.15	0.00	0.000		
49	V-22	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1119.04	1119.20	-0.16	0.00	0.000		
50	INT-FLA	0 NUDO SIMPLE	1118.55	1116.87	1.68	0.00	0.000		
51	V-23	5 VALV. ADMIS. Y EXPUL. DE AIRE	1118.21	1117.90	0.31	0.00	0.000		

**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

ANÁLISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA	JMPM						
PROYECTO	SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO						
VARIANTE	CON TODAS LAS VALVAS						
FECHA	DICIEMBRE DE 1999						
OBSERVACIONES	ALTERNATIVA 1 SITUACION ACTUAL TRABAJANDO TODOS LOS POZOS						
RESULTADOS PARA NUDOS	archivo usado: AL TER-1					TOTAL DE NUDOS	80
NUDO	TIP O	DESCRIPCION	C PIEZ (m)	COLA T (m)	PREISION (m)	CONSUMO (l/s)	ERROR (l/s)
52	V-24	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1118.09	1118.34	-0.25	0.00	0.000
53	V-25	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1117.72	1118.54	-0.82	0.00	0.000
54	V-26	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1117.62	1117.71	-0.09	0.00	0.000
55	V-27	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1117.13	1116.78	0.35	0.00	0.000
56	V-28	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1116.52	1118.12	-1.60	0.00	0.000
57	V-29	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1116.09	1113.49	2.69	0.00	0.000
58	V-30	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1114.91	1112.85	2.06	0.00	0.000
59	V-31	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1114.52	1108.67	5.85	0.00	0.000
60	V-32	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1113.99	1110.01	3.98	0.00	0.000
61	V-33	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1113.72	1110.40	3.32	0.00	0.000
62	T-CB	7 TANQUE (nivel constante)	1113.67	1112.28	1.39	244.99	0.000
63	V-34	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1112.90	1117.17	-0.73	0.00	0.000
64	V-35	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1116.94	1116.89	0.05	0.00	0.000
65	V-36	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1116.05	1113.49	2.56	0.00	0.000
66	V-37	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1115.28	1113.78	1.50	0.00	0.000
67	V-38	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1114.82	1113.45	1.37	0.00	0.000
68	V-39	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1114.14	1111.55	2.59	0.00	0.000
69	V-40	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1113.45	1110.86	2.49	0.00	0.000
70	V-41	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1112.49	1111.62	0.87	0.00	0.000
71	V-42	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1111.73	1109.55	2.18	0.00	0.000
72	V-43	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1111.15	1107.59	3.56	0.00	0.000
73	V-44	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1109.48	1108.68	0.70	0.00	0.000
74	V-45	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1108.26	1107.25	1.01	0.00	0.000
75	V-46	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1107.83	1106.48	1.35	0.00	0.000
76	V-47	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1106.67	1104.96	1.71	0.00	0.000
77	D-1	0 NUDO SIMPLE	1106.07	1103.60	2.47	0.00	0.000
78	D-2	0 NUDO SIMPLE	1104.55	1102.11	2.44	0.00	0.000
79	V-48	5 VALV. ADMIS Y EXPUL. DE AIRE	1103.64	1102.20	1.44	0.00	0.000
80	T-LUC	7 TANQUE (nivel constante)	1102.45	1101.06	1.39	111.07	0.000

**DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

ANÁLISIS HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE TUBERÍAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA:		JIPM												
PROYECTO:		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO												
VARIANTE:		CON TODAS LAS VALAS												
FECHA:		DICIEMBRE DE 1999												
OBSERVACIONES:		ALTERNATIVA 1 SITUACION ACTUAL TRABAJANDO TODOS LOS POZOS												
RESULTADOS PARA LOS TRAMOS:							archivo usado: AL TER-1					TOTAL DE TRAMOS: 79		
TRAMO	PIP (°)	DESCRIPCION	NUDOS		LONGITUD (m)	n de Mann	DIAM (mm)	Q dist (l/s)	Q inc (l/s)	Q final (l/s)	V inc (m/s)	V final (m/s)	PERD (m)	Hadic. (m)
			inicial	final										
1	1	0	Conduc. Simple	POZO 6	V-1	443.58	0.012	250.0		29.73	29.73	0.61	0.61	0.94
2	2	0	Conduc. Simple	V-1	POZO 7	447.21	0.012	250.0		29.73	29.73	0.61	0.61	0.95
3	3	0	Conduc. Simple	POZO 7	V-2	625.94	0.012	350.0		29.73	29.73	0.31	0.31	0.22
4	4	0	Conduc. Simple	V-2	CON-1	417.22	0.012	450.0		29.73	29.73	0.19	0.19	0.04
5	5	0	Conduc. Simple	CON-1	POZO 8	150.00	0.012	300.0		-25.88	-25.88	0.37	0.37	0.09
6	6	0	Conduc. Simple	CON-1	V-3	637.91	0.012	450.0		55.61	55.61	0.35	0.35	0.21
7	7	0	Conduc. Simple	V-3	CON-2	1030.34	0.012	450.0		55.61	55.61	0.35	0.35	0.33
8	8	0	Conduc. Simple	CON-2	POZO 9	25.00	0.012	300.0		-27.40	-27.40	0.49	0.49	0.02
9	9	0	Conduc. Simple	CON-2	V-4	205.38	0.012	500.0		83.01	83.01	0.42	0.42	0.08
10	10	0	Conduc. Simple	V-4	POZO 10	1365.80	0.012	500.0		83.01	83.01	0.42	0.42	0.56
11	11	0	Conduc. Simple	POZO 10	V-5	103.29	0.012	600.0		83.01	83.01	0.29	0.29	0.02
12	12	0	Conduc. Simple	V-5	CON-3	1193.98	0.012	600.0		83.01	83.01	0.29	0.29	0.19
13	13	0	Conduc. Simple	CON-3	POZO 15	1185.70	0.012	300.0		-23.39	-23.39	0.33	0.33	0.59
14	14	0	Conduc. Simple	CON-3	V-6	32.91	0.012	600.0		106.40	106.40	0.38	0.38	0.01
15	15	0	Conduc. Simple	V-6	CON-4	647.45	0.012	600.0		106.40	106.40	0.38	0.38	0.17
16	16	0	Conduc. Simple	CON-4	POZO 18	25.00	0.012	300.0		-34.84	-34.84	0.49	0.49	0.03
17	17	0	Conduc. Simple	CON-4	V-7	1024.24	0.012	600.0		141.24	141.24	0.50	0.50	0.46
18	18	0	Conduc. Simple	V-7	CON-5	788.47	0.012	600.0		141.24	141.24	0.50	0.50	0.56
19	19	0	Conduc. Simple	CON-5	POZO 14	25.00	0.012	300.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	20	0	Conduc. Simple	CON-5	V-8	373.56	0.012	600.0		141.24	141.24	0.50	0.50	0.12
21	21	0	Conduc. Simple	V-8	V-9	1841.12	0.012	600.0		141.24	141.24	0.50	0.50	0.83
22	22	0	Conduc. Simple	V-9	V-10	298.49	0.012	600.0		141.24	141.24	0.50	0.50	0.13
23	23	0	Conduc. Simple	V-10	INT-PRI	23.16	0.012	600.0		141.24	141.24	0.50	0.50	0.01
24	24	0	Conduc. Simple	POZO 16	V-11	102.96	0.012	300.0		52.02	52.02	0.24	0.24	0.25
25	25	0	Conduc. Simple	V-11	CON-6	606.08	0.012	300.0		52.02	52.02	0.24	0.24	1.49
26	26	0	Conduc. Simple	CON-6	POZO 2	87.50	0.012	300.0		-33.58	-33.58	0.47	0.47	0.09
27	27	0	Conduc. Simple	CON-6	POZO 3	574.14	0.012	400.0		85.60	85.60	0.68	0.68	0.83
28	28	0	Conduc. Simple	POZO 3	CON-7	692.63	0.012	450.0		85.60	85.60	0.54	0.54	0.53
29	29	0	Conduc. Simple	CON-7	POZO 4bus	25.00	0.012	300.0		-30.63	-30.63	0.4	0.4	0.02
30	30	0	Conduc. Simple	CON-7	V-12	1203.14	0.012	500.0		116.22	116.22	0.59	0.59	0.97
31	31	0	Conduc. Simple	V-12	POZO 11	297.30	0.012	500.0		116.22	116.22	0.59	0.59	0.24
32	32	0	Conduc. Simple	POZO 11	CON-8	616.59	0.012	600.0		116.22	116.22	0.41	0.41	0.19
33	33	0	Conduc. Simple	CON-8	POZO 12	25.00	0.012	300.0		-34.37	-34.37	0.49	0.49	0.05
34	34	0	Conduc. Simple	CON-8	CON-9	982.72	0.012	600.0		150.60	150.60	0.53	0.53	0.50
35	35	0	Conduc. Simple	CON-9	POZO 13	755.30	0.012	300.0		-29.26	-29.26	0.41	0.41	0.59
36	36	0	Conduc. Simple	CON-9	CON-10	228.85	0.012	600.0		179.86	179.86	0.54	0.54	0.17
37	37	0	Conduc. Simple	CON-10	POZO 1	50.00	0.012	300.0		-34.96	-34.96	0.49	0.49	0.06
38	38	0	Conduc. Simple	CON-10	V-13	752.08	0.012	600.0		214.82	214.82	0.26	0.26	0.78
39	39	0	Conduc. Simple	V-13	V-14	1121.40	0.012	600.0		214.82	214.82	0.26	0.26	1.17
40	40	0	Conduc. Simple	V-14	V-15	1125.32	0.012	600.0		214.82	214.82	0.26	0.26	1.17
41	41	0	Conduc. Simple	V-15	INT-PRI	286.21	0.012	600.0		214.82	214.82	0.26	0.26	0.30
42	42	0	Conduc. Simple	INT-PRI	V-16	377.70	0.012	750.0		356.05	356.05	0.81	0.81	0.33
43	43	0	Conduc. Simple	V-16	V-17	1054.21	0.012	750.0		356.05	356.05	0.81	0.81	0.92
44	44	0	Conduc. Simple	V-17	V-18	541.17	0.012	750.0		356.05	356.05	0.81	0.81	0.47
45	45	0	Conduc. Simple	V-18	V-19	1586.90	0.012	750.0		356.05	356.05	0.81	0.81	1.38
46	46	0	Conduc. Simple	V-19	V-20	1195.85	0.012	750.0		356.05	356.05	0.81	0.81	1.04
47	47	0	Conduc. Simple	V-20	V-21	1096.37	0.012	750.0		356.05	356.05	0.81	0.81	0.96
48	48	0	Conduc. Simple	V-21	V-22	722.14	0.012	750.0		356.05	356.05	0.81	0.81	0.63
49	49	0	Conduc. Simple	V-22	INT-ILA	564.75	0.012	750.0		356.05	356.05	0.81	0.81	0.49
50	50	0	Conduc. Simple	INT-ILA	V-23	823.19	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.44
51	51	0	Conduc. Simple	V-23	V-24	293.85	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.12
52	52	0	Conduc. Simple	V-24	V-25	905.50	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.37
53	53	0	Conduc. Simple	V-25	V-26	235.29	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.10
54	54	0	Conduc. Simple	V-26	V-27	1193.45	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.49
55	55	0	Conduc. Simple	V-27	V-28	1475.12	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.61
56	56	0	Conduc. Simple	V-28	V-29	1031.58	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.43
57	57	0	Conduc. Simple	V-29	V-30	2877.00	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	1.19
58	58	0	Conduc. Simple	V-30	V-31	937.90	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.39
59	59	0	Conduc. Simple	V-31	V-32	1271.02	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.52

DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO

ANÁLISIS HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE TUBERÍAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA	JHPM
PROYECTO	SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO
VARIANTE	CON TODAS LAS VALVAS
FECHA	DICIEMBRE DE 1999
OBSERVACIONES	ALTERNATIVA 1 SITUACION ACTUAL TRABAJANDO TODOS LOS POZOS

RESULTADOS PARA LOS TRAMOS archivo usado: AL TER-1 TOTAL DE TRAMOS: 79

TRAMO	HIP (0)	DESCRIPCION	NUDOS		LONGITUD (m)	n de Mann	DIAM. (mm)	Q dist (l/s)	Q inic (l/s)	Q final (l/s)	V inic (m/s)	V final (m/s)	PERD (m)	Hadic (m)
			inicial	final										
60	60	0	Conduc Simple	V-32	V-33	672.88	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.28
61	61	0	Conduc Simple	V-33	V-34	112.87	0.012	750.0		244.99	244.99	0.55	0.55	0.05
62	62	0	Conduc Simple	ENL-11A	V-34	881.18	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.65
63	63	0	Conduc Simple	V-34	V-35	1302.68	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.96
64	64	0	Conduc Simple	V-35	V-36	1207.46	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.89
65	65	0	Conduc Simple	V-36	V-37	1052.21	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.78
66	66	0	Conduc Simple	V-37	V-38	619.97	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.46
67	67	0	Conduc Simple	V-38	V-39	915.94	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.68
68	68	0	Conduc Simple	V-39	V-40	1080.00	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.80
69	69	0	Conduc Simple	V-40	V-41	1157.35	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.85
70	70	0	Conduc Simple	V-41	V-42	1031.18	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.76
71	71	0	Conduc Simple	V-42	V-43	788.98	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.58
72	72	0	Conduc Simple	V-43	V-44	2400.85	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	1.77
73	73	0	Conduc Simple	V-44	V-45	1526.55	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	1.13
74	74	0	Conduc Simple	V-45	V-46	573.57	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.42
75	75	0	Conduc Simple	V-46	V-47	1577.73	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	1.16
76	76	0	Conduc Simple	V-47	D-1	814.20	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.60
77	77	0	Conduc Simple	D-1	D-2	2058.20	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	1.52
78	78	0	Conduc Simple	D-2	V-48	1238.92	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	0.91
79	79	0	Conduc Simple	V-48	T-LUX	1614.68	0.012	500.0		111.07	111.07	0.57	0.57	1.19

DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO

ANÁLISIS HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE TUBERÍAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA		JNPM									
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO									
VARIANTE		CON TODAS LAS VARIAS									
FECHA:		DICIEMBRE DE 1999									
OBSERVACIONES		RESULTADOS PARA TRES ALTERNATIVAS EN CONDICIONES ACTUALES									
RESULTADOS PARA NUDOS		archivo usado						TOTAL DE NUDOS: 80			
NUDO	COTA E (m)	C. PIEZ (m)	PREISION (m)	CONSUMO (l/s)	C. PIEZ (m)	PREISION (m)	CONSUMO (l/s)	C. PIEZ (m)	PREISION (m)	CONSUMO (l/s)	
CONDICIÓN		TODOS LOS EQUIPOS TRABAJAN			PARAN LOS EQUIPOS 6, 8 Y 13			PARAN LOS EQUIPOS 1, 4 bis Y 15			
1	POZO 6	1128.33	1130.36	2.03	-29.73	1120.07	-8.36	0.00	1125.53	-2.90	-30.69
2	V-1	1128.56	1129.51	0.95	0.00	1120.07	-8.49	0.00	1124.52	-4.04	0.00
3	POZO 7	1128.27	1128.56	0.29	0.00	1120.07	-8.20	0.00	1123.51	-4.76	0.00
4	V-2	1128.52	1128.34	-0.18	0.00	1120.07	-8.35	0.00	1123.27	-5.25	0.00
5	CON-1	1127.48	1128.30	0.82	0.00	1120.07	-7.31	0.00	1123.23	-4.15	0.00
6	POZO 8	1127.65	1128.39	0.74	-25.88	1120.07	-7.58	0.00	1123.33	-4.32	-26.88
7	V-3	1127.05	1128.09	1.04	0.00	1120.07	-6.98	0.00	1123.01	-4.04	0.00
8	CON-2	1125.38	1127.76	2.38	0.00	1120.07	-5.31	0.00	1122.65	-2.73	0.00
9	POZO 9	1125.45	1127.77	2.32	-27.40	1120.08	-5.37	-28.76	1122.67	-2.78	-28.31
10	V-4	1126.21	1127.67	1.46	0.00	1120.06	-6.15	0.00	1122.56	-3.65	0.00
11	POZO 10	1124.43	1127.11	2.68	0.00	1119.99	-4.41	0.00	1121.96	-2.47	0.00
12	V-5	1124.41	1127.09	2.78	0.00	1119.99	4.32	0.00	1121.94	-2.37	0.00
13	CON-3	1123.69	1126.91	3.22	0.00	1119.96	-3.73	0.00	1121.74	-1.95	0.00
14	POZO 15	1123.50	1127.50	4.00	-23.39	1120.63	-2.87	-24.73	1121.74	-1.76	0.00
15	V-6	1123.70	1126.90	3.20	0.00	1119.96	-3.74	0.00	1121.74	-1.96	0.00
16	CON-4	1123.72	1126.73	3.01	0.00	1119.92	-3.80	0.00	1121.63	-2.09	0.00
17	POZO 18	1123.45	1126.76	3.31	-34.84	1119.96	-3.49	-39.47	1121.66	-1.79	-38.32
18	V-7	1124.75	1126.27	1.52	0.00	1119.72	-5.03	0.00	1121.77	-3.48	0.00
19	CON-5	1124.46	1125.92	1.46	0.00	1119.57	-4.89	0.00	1121.00	-3.46	0.00
20	POZO 14	1124.35	1125.92	1.57	0.00	1119.57	-4.78	0.00	1121.00	-3.35	0.00
21	V-8	1124.67	1125.75	2.08	0.00	1119.49	-4.18	0.00	1120.87	-2.80	0.00
22	V-9	1122.03	1124.92	2.89	0.00	1119.13	-2.90	0.00	1120.22	-1.81	0.00
23	V-10	1124.40	1124.78	0.38	0.00	1119.08	-5.32	0.00	1120.12	-4.28	0.00
24	POZO 16	1125.23	1133.38	8.15	-52.02	1127.48	2.25	-54.58	1126.70	1.47	-54.90
25	V-11	1125.49	1133.12	7.63	0.00	1127.20	1.71	0.00	1126.41	0.92	0.00
26	CON-6	1124.07	1131.65	7.56	0.00	1125.55	1.48	0.00	1124.75	0.68	0.00
27	POZO 2	1124.35	1131.72	7.37	-33.58	1125.65	1.30	-34.89	1124.85	0.50	-35.06
28	POZO 3	1123.68	1130.80	7.12	0.00	1124.65	0.97	0.00	1123.84	0.16	0.00
29	CON-7	1124.23	1130.27	6.04	0.00	1124.07	-0.16	0.00	1123.25	-0.98	0.00
30	POZO 4bis	1124.35	1130.29	5.94	-30.63	1124.09	-0.26	-31.76	1123.25	-1.10	0.00
31	V-12	1122.60	1129.30	6.70	0.00	1123.01	0.41	0.00	1122.67	0.07	0.00
32	POZO 11	1122.82	1129.06	6.24	0.00	1122.75	-0.07	0.00	1122.52	-0.30	0.00
33	CON-8	1122.56	1128.87	6.31	0.00	1122.55	-0.01	0.00	1122.41	-0.15	0.00
34	POZO 12	1122.71	1128.90	6.19	-34.37	1122.58	-0.13	-35.97	1122.44	-0.27	-36.00
35	CON-9	1121.59	1128.37	6.78	0.00	1122.00	0.41	0.00	1122.06	0.47	0.00
36	POZO 13	1122.10	1128.96	6.86	-29.26	1122.00	-0.10	0.00	1122.70	0.60	-30.56
37	CON-10	1120.21	1128.20	7.99	0.00	1121.87	1.66	0.00	1121.93	1.72	0.00
38	POZO 1	1120.15	1128.26	8.11	-34.96	1121.93	1.78	-36.98	1121.93	1.78	0.00
39	V-13	1119.44	1127.42	7.98	0.00	1121.23	1.79	0.00	1121.52	2.08	0.00
40	V-14	1118.34	1126.25	7.91	0.00	1120.27	1.93	0.00	1120.89	2.55	0.00
41	V-15	1119.50	1125.07	5.57	0.00	1119.31	-0.19	0.00	1120.27	0.77	0.00
42	INT-PRI	1122.47	1124.72	2.20	0.00	1119.07	-3.40	0.00	1120.11	-2.36	0.00
43	V-16	1120.00	1124.44	4.44	0.00	1118.86	-1.14	0.00	1119.91	-0.09	0.00
44	V-17	1119.21	1123.53	4.32	0.00	1118.26	-0.95	0.00	1119.34	0.13	0.00
45	V-18	1120.98	1123.05	2.07	0.00	1117.95	-3.03	0.00	1119.04	-1.94	0.00
46	V-19	1119.45	1121.67	2.22	0.00	1117.05	-2.40	0.00	1118.18	-1.27	0.00
47	V-20	1117.25	1120.63	3.38	0.00	1116.38	-0.87	0.00	1117.54	0.29	0.00
48	V-21	1119.82	1119.67	-0.15	0.00	1115.75	-4.07	0.00	1116.94	-2.88	0.00
49	V-22	1119.20	1119.04	-0.16	0.00	1115.34	-3.86	0.00	1116.55	-2.65	0.00
50	INT-ITA	1116.87	1118.55	1.68	0.00	1115.02	-1.85	0.00	1116.24	-0.63	0.00
51	V-23	1117.90	1118.21	0.31	0.00	1114.83	-3.07	0.00	1116.07	-1.83	0.00

DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACIÓN EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO

ANÁLISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA		JMPM									
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO									
VARIANTE		CON TODAS LAS VARIAS									
FECHA		DICIEMBRE DE 1999									
OBSERVACIONES		RESULTADOS PARA TRES ALTERNATIVAS EN CONDICIONES ACTUALES									
RESULTADOS PARA NUDO 6:		archivo usado						TOTAL DE NUDOS: 80			
NUMERO	COLA 1 (m)	C. PIEZ (m)	PRESION (m)	CONSUMO (l/s)	C. PIEZ (m)	PRESION (m)	CONSUMO (l/s)	C. PIEZ (m)	PRESION (m)	CONSUMO (l/s)	
CONDICIÓN		TODOS LOS EQUIPOS TRABAJAN			PARA LOS EQUIPOS 6, 8 Y 13			PARA LOS EQUIPOS 1, 4 bis Y 15			
1	POZO 6	1128.43	1130.46	2.03	-29.73	1120.07	-8.36	0.00	1125.53	-2.90	-30.69
2	V-1	1128.56	1129.51	0.95	0.00	1120.07	-8.49	0.00	1124.52	-4.04	0.00
3	POZO 7	1128.27	1128.56	0.29	0.00	1120.07	-8.20	0.00	1123.51	-4.76	0.00
4	V-2	1128.52	1128.34	-0.18	0.00	1120.07	-8.45	0.00	1123.27	5.25	0.00
5	CON-1	1127.38	1128.30	0.92	0.00	1120.07	-7.31	0.00	1123.23	-4.15	0.00
6	POZO 8	1127.65	1128.39	0.74	-25.88	1120.07	-7.58	0.00	1123.33	-4.32	-26.88
7	V-3	1127.05	1128.09	1.04	0.00	1120.07	6.98	0.00	1123.01	-4.04	0.00
8	CON-2	1125.38	1127.76	2.38	0.00	1120.07	-5.31	0.00	1122.65	-2.73	0.00
9	POZO 9	1125.45	1127.77	2.32	-27.40	1120.08	-5.37	-28.76	1122.67	-2.78	-28.31
10	V-4	1126.21	1127.67	1.46	0.00	1120.06	-6.15	0.00	1122.56	-3.65	0.00
11	POZO 10	1124.43	1127.11	2.68	0.00	1119.99	3.44	0.00	1121.96	-2.47	0.00
12	V-5	1124.31	1127.09	2.78	0.00	1119.99	-3.32	0.00	1121.94	-2.37	0.00
13	CON-3	1123.69	1126.91	3.22	0.00	1119.96	-3.73	0.00	1121.74	-1.95	0.00
14	POZO 15	1123.50	1127.50	4.00	-23.39	1120.63	-2.87	-24.73	1121.74	-1.76	0.00
15	V-6	1123.70	1126.90	3.20	0.00	1119.96	-3.74	0.00	1121.74	-1.96	0.00
16	CON-4	1123.72	1126.73	3.01	0.00	1119.92	-3.80	0.00	1121.63	-2.09	0.00
17	POZO 18	1123.45	1126.76	3.31	-34.84	1119.96	-3.49	-39.47	1121.66	-1.79	-38.32
18	V-7	1124.75	1126.27	1.52	0.00	1119.72	-5.03	0.00	1121.27	-3.48	0.00
19	CON-5	1124.46	1125.92	1.46	0.00	1119.57	-4.89	0.00	1121.00	-3.46	0.00
20	POZO 14	1124.35	1125.92	1.57	0.00	1119.57	-4.78	0.00	1121.00	-3.35	0.00
21	V-8	1123.67	1125.75	2.08	0.00	1119.49	-4.18	0.00	1120.87	-2.80	0.00
22	V-9	1122.04	1124.92	2.89	0.00	1119.13	-2.90	0.00	1120.22	-1.81	0.00
23	V-10	1124.40	1124.78	0.38	0.00	1119.08	-5.32	0.00	1120.12	-4.28	0.00
24	POZO 16	1125.23	1133.38	8.15	-52.02	1127.48	2.25	-54.58	1126.70	1.47	-54.90
25	V-11	1125.49	1133.12	7.63	0.00	1127.20	1.71	0.00	1126.41	0.92	0.00
26	CON-6	1124.07	1131.63	7.56	0.00	1125.55	1.48	0.00	1124.75	0.68	0.00
27	POZO 2	1124.35	1131.72	7.37	-33.58	1125.65	1.30	-34.89	1124.85	0.50	-35.06
28	POZO 3	1123.68	1130.80	7.12	0.00	1124.65	0.97	0.00	1123.84	0.16	0.00
29	CON-7	1124.23	1130.27	6.04	0.00	1124.07	-0.16	0.00	1123.25	-0.98	0.00
30	POZO 4bis	1124.35	1130.29	5.94	-30.63	1124.09	-0.26	-31.76	1123.25	-1.10	0.00
31	V-12	1122.60	1129.30	6.70	0.00	1123.01	0.41	0.00	1122.67	0.07	0.00
32	POZO 11	1122.82	1129.06	6.24	0.00	1122.75	-0.07	0.00	1122.52	-0.30	0.00
33	CON-8	1122.56	1128.87	6.31	0.00	1122.55	-0.01	0.00	1122.41	-0.15	0.00
34	POZO 12	1122.71	1128.90	6.19	-34.37	1122.58	-0.13	-35.97	1122.44	-0.27	-36.00
35	CON-9	1121.59	1128.37	6.78	0.00	1122.00	0.41	0.00	1122.06	0.47	0.00
36	POZO 13	1122.10	1128.96	6.86	-29.26	1122.00	-0.10	0.00	1122.70	0.60	-30.56
37	CON-10	1120.21	1128.20	7.99	0.00	1121.87	1.66	0.00	1121.93	1.72	0.00
38	POZO 1	1120.15	1128.26	8.11	-34.96	1121.93	1.78	-36.98	1121.93	1.78	0.00
39	V-13	1119.44	1127.42	7.98	0.00	1121.23	1.79	0.00	1121.52	2.08	0.00
40	V-14	1118.34	1126.25	7.91	0.00	1120.27	1.93	0.00	1120.89	2.55	0.00
41	V-15	1119.50	1125.07	5.57	0.00	1119.31	-0.19	0.00	1120.27	0.77	0.00
42	INT-PRI	1122.47	1124.77	2.30	0.00	1119.07	-3.40	0.00	1120.11	-2.36	0.00
43	V-16	1120.00	1124.44	4.44	0.00	1118.86	-1.14	0.00	1119.91	-0.09	0.00
44	V-17	1119.21	1123.53	4.32	0.00	1118.26	-0.95	0.00	1119.34	0.13	0.00
45	V-18	1120.98	1123.05	2.07	0.00	1117.95	-3.03	0.00	1119.04	-1.94	0.00
46	V-19	1119.45	1121.67	2.22	0.00	1117.05	-2.40	0.00	1118.18	-1.27	0.00
47	V-20	1117.25	1120.63	3.38	0.00	1116.38	-0.87	0.00	1117.54	0.29	0.00
48	V-21	1119.82	1119.67	-0.15	0.00	1115.75	-4.07	0.00	1116.94	-2.88	0.00
49	V-22	1119.20	1119.04	-0.16	0.00	1115.34	-3.86	0.00	1116.55	-2.65	0.00
50	INT-ILA	1116.87	1118.55	1.68	0.00	1115.02	-1.85	0.00	1116.24	-0.63	0.00
51	V-23	1117.90	1118.21	0.31	0.00	1114.83	-3.07	0.00	1116.07	-1.83	0.00

DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REABILITACIÓN EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO

ANÁLISIS HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE TUBERÍAS

(versión: 2.04 1993)

PROYECTISTA		JMPM										
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO										
VARIANTE		CON TODAS LAS VARIAS										
FECHA		DICIEMBRE DE 1999										
OBSERVACIONES		RESULTADOS PARA TRES ALTERNATIVAS EN CONDICIONES ACTUALES										
RESULTADOS PARA NUDOS		archivo usado								TOTAL DE NUDOS:		80
NUDO	COTA I (m)	C. PIEZ (m)	PRESION (m)	CONSUMO (l/s)	C. PIEZ (m)	PRESION (m)	CONSUMO (l/s)	C. PIEZ (m)	PRESION (m)	CONSUMO (l/s)		
52	V-24	1118.54	1118.09	-0.25	0.00	1114.77	-3.57	0.00	1116.00	-2.34	0.00	
53	V-25	1118.54	1117.72	-0.82	0.00	1114.56	-3.98	0.00	1115.80	-2.74	0.00	
54	V-26	1117.71	1117.62	-0.09	0.00	1114.50	-3.21	0.00	1115.75	-1.96	0.00	
55	V-27	1116.78	1117.13	0.35	0.00	1114.22	-2.56	0.00	1115.49	-1.29	0.00	
56	V-28	1118.12	1116.52	-1.60	0.00	1113.88	-4.24	0.00	1115.17	-2.95	0.00	
57	V-29	1113.40	1116.09	2.69	0.00	1113.64	0.24	0.00	1114.95	1.55	0.00	
58	V-30	1112.85	1114.91	2.06	0.00	1112.97	0.12	0.00	1114.32	1.47	0.00	
59	V-31	1108.67	1114.52	5.85	0.00	1112.76	4.09	0.00	1114.12	5.45	0.00	
60	V-32	1110.01	1113.99	3.98	0.00	1112.46	2.45	0.00	1113.84	3.83	0.00	
61	V-33	1110.30	1113.72	3.42	0.00	1112.31	2.01	0.00	1113.69	3.39	0.00	
62	T-CB	1112.28	1113.67	1.39	244.99	1112.28	0.00	183.70	1113.67	1.39	177.92	
63	V-34	1117.17	1117.90	0.73	0.00	1114.46	-2.71	0.00	1115.69	-1.48	0.00	
64	V-35	1116.89	1116.94	0.05	0.00	1113.63	-3.26	0.00	1114.87	-2.02	0.00	
65	V-36	1113.49	1116.05	2.56	0.00	1112.86	-0.63	0.00	1114.10	0.61	0.00	
66	V-37	1113.78	1115.28	1.50	0.00	1112.18	-1.60	0.00	1113.44	-0.34	0.00	
67	V-38	1113.45	1114.82	1.37	0.00	1111.79	-1.66	0.00	1113.05	-0.40	0.00	
68	V-39	1111.55	1114.14	2.59	0.00	1111.20	-0.35	0.00	1112.47	0.92	0.00	
69	V-40	1110.86	1113.35	2.49	0.00	1110.51	-0.35	0.00	1111.79	0.93	0.00	
70	V-41	1111.62	1112.49	0.87	0.00	1109.77	-1.85	0.00	1111.06	-0.56	0.00	
71	V-42	1109.55	1111.73	2.18	0.00	1109.11	-0.44	0.00	1110.40	0.85	0.00	
72	V-43	1107.59	1111.15	3.56	0.00	1108.61	1.02	0.00	1109.91	2.32	0.00	
73	V-44	1108.68	1109.38	0.70	0.00	1107.07	-1.61	0.00	1108.39	-0.29	0.00	
74	V-45	1107.25	1108.26	1.01	0.00	1106.10	-1.15	0.00	1107.43	0.18	0.00	
75	V-46	1106.48	1107.83	1.35	0.00	1105.73	-0.75	0.00	1107.06	0.58	0.00	
76	V-47	1104.96	1106.67	1.71	0.00	1104.72	-0.24	0.00	1106.07	1.11	0.00	
77	D-1	1103.60	1106.07	2.47	0.00	1104.20	0.60	0.00	1105.55	1.95	0.00	
78	D-2	1102.11	1104.55	2.44	0.00	1102.88	0.77	0.00	1104.25	2.14	0.00	
79	V-48	1102.20	1103.64	1.44	0.00	1102.09	-0.11	0.00	1103.47	1.27	0.00	
80	T-LUC	1101.06	1102.45	1.39	111.07	1101.06	0.00	103.43	1102.45	1.39	102.80	

**DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR HOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRAJAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

ANALISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(version 2.04 - 1993)

PROYECTISTA		JHPM																	
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO																	
VARIANTE		CON TODAS LAS VARAS																	
FECHA		DICIEMBRE DE 1999																	
OBSERVACIONES		RESULTADOS PARA TRES ALTERNATIVAS EN CONDICIONES ACTUALES																	
RESULTADOS PARA LOS TRAMOS												archivos=ak4			TOTAL DE TRAMOS				
TRAMO	DESCRIPCION	NUTROS		LONGITUD (m)	n de Manos	PIAM (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	PERD (m)	Q (l/s)	V (m/s)	PERD (m)	Q (l/s)	V (m/s)	PERD (m)				
		inicial	final																
CONDICION		<table border="0" style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:33%;"></td> <td style="width:33%; text-align:center;"><b>TODOS LOS EQUIPOS TRABAJAN</b></td> <td style="width:33%; text-align:center;"><b>PARAN LOS EQUIPOS 6, 8 Y 13</b></td> <td style="width:33%; text-align:center;"><b>PARAN LOS EQUIPOS 1, 4 bis Y 15</b></td> </tr> </table>															<b>TODOS LOS EQUIPOS TRABAJAN</b>	<b>PARAN LOS EQUIPOS 6, 8 Y 13</b>	<b>PARAN LOS EQUIPOS 1, 4 bis Y 15</b>
	<b>TODOS LOS EQUIPOS TRABAJAN</b>	<b>PARAN LOS EQUIPOS 6, 8 Y 13</b>	<b>PARAN LOS EQUIPOS 1, 4 bis Y 15</b>																
1	1	Conduc Simple	POZO 6	V 1	443.58	0.012	280.0	29.73	0.61	0.31	0.00	0.00	0.00	30.69	0.63	1.01			
2	2	Conduc Simple	V 1	POZO 7	447.21	0.012	280.0	29.73	0.61	0.95	0.00	0.00	0.00	30.69	0.63	1.02			
3	3	Conduc Simple	POZO 7	V 2	628.91	0.012	330.0	29.73	0.31	0.22	0.00	0.00	0.00	30.69	0.32	0.24			
4	4	Conduc Simple	V 2	CON-1	417.22	0.012	330.0	29.73	0.19	0.03	0.00	0.00	0.00	30.69	0.19	0.04			
5	5	Conduc Simple	CON-1	POZO 8	150.00	0.012	300.0	28.88	0.3	0.09	0.00	0.00	0.00	26.87	0.38	0.10			
6	6	Conduc Simple	CON-1	V 3	637.91	0.012	350.0	35.61	0.35	0.21	0.00	0.00	0.00	37.5	0.36	0.22			
7	7	Conduc Simple	V 3	CON-2	1030.34	0.012	350.0	35.61	0.35	0.33	0.00	0.00	0.00	37.5	0.36	0.36			
8	8	Conduc Simple	CON-2	POZO 9	25.00	0.012	300.0	27.40	0.39	0.02	28.76	0.41	0.02	28.31	0.40	0.02			
9	9	Conduc Simple	CON-2	V 4	205.38	0.012	300.0	33.01	0.37	0.08	28.76	0.15	0.01	35.88	0.43	0.09			
10	10	Conduc Simple	V 4	POZO 10	1365.89	0.012	300.0	33.01	0.37	0.36	28.76	0.15	0.07	35.88	0.44	0.60			
11	11	Conduc Simple	POZO 10	V 5	103.29	0.012	300.0	33.01	0.29	0.02	28.76	0.10	0.00	35.88	0.30	0.02			
12	12	Conduc Simple	V 5	CON-3	1193.98	0.012	300.0	33.01	0.29	0.19	28.76	0.10	0.02	35.88	0.30	0.20			
13	13	Conduc Simple	CON-3	POZO 15	1185.70	0.012	300.0	23.36	0.33	0.59	23.73	0.35	0.66	0.00	0.00	0.00			
14	14	Conduc Simple	CON-3	V 6	42.91	0.012	300.0	106.40	0.38	0.01	33.49	0.19	0.00	35.88	0.30	0.01			
15	15	Conduc Simple	V 6	CON-4	617.45	0.012	300.0	106.40	0.38	0.17	33.49	0.19	0.03	35.88	0.30	0.11			
16	16	Conduc Simple	CON-4	POZO 18	25.00	0.012	300.0	33.83	0.3	0.03	33.4	0.36	0.03	38.32	0.53	0.03			
17	17	Conduc Simple	CON-4	V 7	1023.24	0.012	300.0	131.23	0.50	0.36	32.96	0.33	0.20	123.20	0.44	0.36			
18	18	Conduc Simple	V 7	CON-5	388.43	0.012	300.0	131.23	0.50	0.36	32.96	0.33	0.15	123.20	0.43	0.27			
19	19	Conduc Simple	CON-5	POZO 14	25.00	0.012	300.0	109.0	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
20	20	Conduc Simple	CON-5	V 8	333.56	0.012	300.0	131.23	0.50	0.17	32.96	0.33	0.07	123.20	0.43	0.13			
21	21	Conduc Simple	V 8	V 9	1801.12	0.012	300.0	131.23	0.50	0.83	32.96	0.33	0.36	123.20	0.44	0.64			
22	22	Conduc Simple	V 9	V 10	298.49	0.012	300.0	131.23	0.50	0.13	32.96	0.33	0.06	123.20	0.43	0.10			
23	23	Conduc Simple	V 10	INT-PR1	23.16	0.012	300.0	337.73	0.88	0.01	32.96	0.33	0.00	123.20	0.43	0.01			
24	24	Conduc Simple	POZO 16	V 11	102.96	0.012	300.0	32.02	0.3	0.25	33.58	0.77	0.28	34.90	0.78	0.28			
25	25	Conduc Simple	V 11	CON-6	696.98	0.012	300.0	32.02	0.3	1.49	33.58	0.77	1.65	34.90	0.78	1.66			
26	26	Conduc Simple	CON-6	POZO 2	8.50	0.012	300.0	33.58	0.47	0.09	33.89	0.49	0.10	35.00	0.50	0.10			
27	27	Conduc Simple	CON-6	POZO 3	873.14	0.012	300.0	35.60	0.68	0.83	39.47	0.71	0.90	39.96	0.72	0.91			
28	28	Conduc Simple	POZO 3	CON-7	692.63	0.012	300.0	35.60	0.53	0.53	39.47	0.56	0.38	39.96	0.57	0.59			
29	29	Conduc Simple	CON-7	POZO 4bis	25.00	0.012	300.0	30.63	0.33	0.02	31.76	0.48	0.02	0.00	0.00	0.00			
30	30	Conduc Simple	CON-7	V 12	1203.13	0.012	300.0	116.22	0.59	0.97	123.23	0.62	1.06	39.96	0.36	0.58			
31	31	Conduc Simple	V 12	POZO 11	29.30	0.012	300.0	116.22	0.59	0.24	123.23	0.62	0.26	39.96	0.36	0.13			
32	32	Conduc Simple	POZO 11	CON-8	616.59	0.012	300.0	116.22	0.31	0.19	123.23	0.43	0.20	39.96	0.32	0.11			
33	33	Conduc Simple	CON-8	POZO 12	25.00	0.012	300.0	33.3	0.39	0.03	33.9	0.51	0.03	36.00	0.51	0.03			
34	34	Conduc Simple	CON-8	CON-9	982.72	0.012	300.0	139.66	0.53	0.80	137.29	0.56	0.55	125.96	0.45	0.35			
35	35	Conduc Simple	CON-9	POZO 13	755.30	0.012	300.0	29.26	0.31	0.59	0.00	0.00	0.00	30.56	0.43	0.64			
36	36	Conduc Simple	CON-9	CON-10	228.85	0.012	300.0	179.86	0.64	0.17	137.20	0.56	0.13	156.52	0.55	0.13			
37	37	Conduc Simple	CON-10	POZO 1	30.00	0.012	300.0	33.96	0.39	0.06	36.98	0.52	0.06	0.00	0.00	0.00			
38	38	Conduc Simple	CON-10	V 13	752.00	0.012	300.0	213.82	0.36	0.78	193.18	0.69	0.63	35.52	0.55	0.42			
39	39	Conduc Simple	V 13	V 14	1123.49	0.012	300.0	213.82	0.36	1.1	193.18	0.69	0.66	35.52	0.55	0.62			
40	40	Conduc Simple	V 13	V 15	1125.32	0.012	300.0	213.82	0.36	1.17	193.18	0.69	0.96	35.52	0.55	0.62			
41	41	Conduc Simple	V 15	INT-PR1	286.21	0.012	300.0	213.82	0.36	0.30	193.18	0.69	0.24	35.52	0.55	0.16			
42	42	Conduc Simple	INT-PR1	V 16	377.70	0.012	750.0	356.05	0.81	0.33	287.13	0.65	0.21	280.73	0.64	0.20			
43	43	Conduc Simple	V 16	V 17	1053.21	0.012	750.0	356.05	0.81	0.92	287.13	0.65	0.60	280.73	0.63	0.57			
44	44	Conduc Simple	V 17	V 18	541.17	0.012	750.0	356.05	0.81	0.47	287.13	0.65	0.31	280.73	0.63	0.29			
45	45	Conduc Simple	V 18	V 19	1589.90	0.012	750.0	356.05	0.81	1.48	287.13	0.65	0.90	280.73	0.63	0.86			
46	46	Conduc Simple	V 19	V 20	1149.85	0.012	750.0	356.05	0.81	1.03	287.13	0.65	0.68	280.73	0.63	0.65			
47	47	Conduc Simple	V 20	V 21	1096.37	0.012	750.0	356.05	0.81	0.96	287.13	0.65	0.62	280.73	0.63	0.59			
48	48	Conduc Simple	V 21	V 22	722.13	0.012	750.0	356.05	0.81	0.63	287.13	0.65	0.31	280.73	0.63	0.39			
49	49	Conduc Simple	V 22	INT-FLA	543.75	0.012	750.0	356.05	0.81	0.39	287.13	0.65	0.42	280.73	0.63	0.31			
50	50	Conduc Simple	INT-FLA	V 23	823.49	0.012	750.0	243.99	0.55	0.43	183.70	0.42	0.19	177.92	0.40	0.18			
51	51	Conduc Simple	V 23	V 24	293.85	0.012	750.0	243.99	0.55	0.12	183.70	0.42	0.07	177.92	0.40	0.06			
52	52	Conduc Simple	V 24	V 25	965.50	0.012	750.0	243.99	0.55	0.37	183.70	0.42	0.21	177.92	0.40	0.20			
53	53	Conduc Simple	V 25	V 26	235.29	0.012	750.0	243.99	0.55	0.10	183.70	0.42	0.05	177.92	0.40	0.05			
54	54	Conduc Simple	V 26	V 27	1193.35	0.012	750.0	333.69	0.55	0.39	183.70	0.42	0.25	177.92	0.40	0.26			
55	55	Conduc Simple	V 27	V 28	1375.12	0.012	750.0	243.99	0.55	0.61	183.70	0.42	0.33	177.92	0.40	0.32			
56	56	Conduc Simple	V 28	V 29	1031.58	0.012	750.0	243.99	0.55	0.43	183.70	0.42	0.21	177.92	0.40	0.22			
57	57	Conduc Simple	V 29	V 30	2877.00	0.012	750.0	243.99	0.55	1.19	183.70	0.42	0.67	177.92	0.40	0.63			
58	58	Conduc Simple	V 30	V 31	937.90	0.012	750.0	243.99	0.55	0.49	183.70	0.42	0.22	177.92	0.40	0.20			
59	59	Conduc Simple	V 31	V 32	1273.02	0.012	750.0	243.99	0.55	0.52	183.70	0.42	0.29	177.92	0.40	0.28			
60	60	Conduc Simple	V 32	V 33	62.88	0.012	750.0	243.99	0.55	0.28	183.70	0.42	0.16	177.92	0.40	0.15			
61	61	Conduc Simple	V 33	INT-3	112.87	0.012	750.0	243.99	0.55	0.05	183.70	0.42	0.03	177.92	0.40	0.02			
62	62	Conduc Simple	INT-FLA	V 34	881.18	0.012	500.0	111.07	0.57	0.65	103.33	0.53	0.56	102.80	0.52	0.56			
63	63	Conduc Simple	V 34	V 35	1302.68	0.012	500.0	111.07	0.57	0.96	103.33	0.53	0.83	102.80	0.52	0.82			



**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACIÓN EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

ANÁLISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(version 2.04 1993)

PROYECTISTA		JHPM													
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO													
VARIANTE		CON TODAS LAS VAEAS													
FECHA		DICIEMBRE DE 1999													
OBSERVACIONES		RESULTADOS PARA TRES ALTERNATIVAS EN CONDICIONES ACTUALES													
RESULTADOS PARA LOS TRAMOS												TOTAL DE TRAMOS			
archivo usado												79			
TRAMO	DESCRIPCION	NUEDOS		LONGITUD (m)	n de Mam	DIAM (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	PERD (m)	Q (l/s)	V (m/s)	PERD (m)	Q (l/s)	V (m/s)	PERD (m)
		inicial	final												
64	Conduc Simple	V-35	V-36	120.46	0.012	800.0	111.07	0.57	0.89	103.43	0.53	0.77	102.80	0.52	0.76
65	Conduc Simple	V-36	V-37	1052.21	0.012	800.0	111.07	0.57	0.78	103.43	0.53	0.67	102.80	0.52	0.66
66	Conduc Simple	V-37	V-38	619.92	0.012	800.0	111.07	0.57	0.46	103.43	0.53	0.40	102.80	0.52	0.39
67	Conduc Simple	V-38	V-39	915.94	0.012	800.0	111.07	0.57	0.68	103.43	0.53	0.59	102.80	0.52	0.58
68	Conduc Simple	V-39	V-40	1060.00	0.012	800.0	111.07	0.57	0.80	103.43	0.53	0.69	102.80	0.52	0.68
69	Conduc Simple	V-40	V-41	1157.35	0.012	800.0	111.07	0.57	0.85	103.43	0.53	0.74	102.80	0.52	0.73
70	Conduc Simple	V-41	V-42	1051.38	0.012	800.0	111.07	0.57	0.76	103.43	0.53	0.66	102.80	0.52	0.65
71	Conduc Simple	V-42	V-43	788.98	0.012	800.0	111.07	0.57	0.58	103.43	0.53	0.50	102.80	0.52	0.50
72	Conduc Simple	V-43	V-44	2409.88	0.012	800.0	111.07	0.57	1.77	103.43	0.53	1.54	102.80	0.52	1.52
73	Conduc Simple	V-44	V-45	1526.88	0.012	800.0	111.07	0.57	1.43	103.43	0.53	0.98	102.80	0.52	0.96
74	Conduc Simple	V-45	V-46	573.57	0.012	800.0	111.07	0.57	0.42	103.43	0.53	0.37	102.80	0.52	0.36
75	Conduc Simple	V-46	V-47	127.73	0.012	800.0	111.07	0.57	0.16	103.43	0.53	0.01	102.80	0.52	0.00
76	Conduc Simple	V-47	V-48	243.20	0.012	800.0	111.07	0.57	0.60	103.43	0.53	0.52	102.80	0.52	0.51
77	Conduc Simple	D-1	D-2	2058.20	0.012	800.0	111.07	0.57	1.52	103.43	0.53	1.32	102.80	0.52	1.30
78	Conduc Simple	D-2	V-48	1238.92	0.012	800.0	111.07	0.57	0.91	103.43	0.53	0.79	102.80	0.52	0.78
79	Conduc Simple	V-48	V-49	1614.68	0.012	800.0	111.07	0.57	1.19	103.43	0.53	1.03	102.80	0.52	1.02

**DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

ANÁLISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(versión 2 04 1993)

PROYECTISTA	JMPM						
PROYECTO	SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO						
VARIANTE	CON TODAS LAS VAEAS						
FECHA	DICIEMBRE DE 1999						
OBSERVACIONES	COMPARACION DE RESULTADOS						
RESULTADOS PARA NUDOS			archivo usado		TOTAL DE NUDOS		80
NUDO	COOTA (m)	C. PIEZ (m)	PREISION (m)	CONSUMO (l/s)	C. PIEZ (m)	PREISION (m)	CONSUMO (l/s)
CONDICION		TODOS LOS EQUIPOS TRABAJAN (ACTUAL)			TODOS LOS EQUIPOS TRABAJAN (REHABILITADOS)		
1 POZO 6	1128.43	1140.46	2.03	-29.73	1142.63	14.20	-39.87
2 V-1	1128.56	1129.51	0.95	0.00	1140.93	12.37	0.00
3 POZO 7	1128.27	1128.56	0.29	0.00	1139.22	10.95	0.00
4 V-2	1128.52	1128.31	-0.18	0.00	1138.82	10.30	0.00
5 CON-1	1127.38	1128.40	0.92	0.00	1138.75	11.37	0.00
6 POZO 8	1127.65	1128.49	0.74	25.88	1138.85	11.20	-26.94
7 V-3	1127.05	1128.09	1.04	0.00	1138.35	11.40	0.00
8 CON-2	1125.48	1127.76	2.38	0.00	1137.99	12.59	0.00
9 POZO 9	1125.45	1127.77	2.32	-27.40	1138.00	12.55	-35.35
10 V-4	1126.21	1127.67	1.46	0.00	1137.84	11.63	0.00
11 POZO 10	1124.43	1127.11	2.68	0.00	1136.99	12.56	0.00
12 V-5	1124.31	1127.09	2.78	0.00	1136.96	12.65	0.00
13 CON-3	1123.69	1126.91	3.22	0.00	1136.68	12.99	0.00
14 POZO 15	1123.50	1127.50	4.00	-23.39	1137.74	14.24	-31.34
15 V-6	1123.70	1126.90	3.20	0.00	1136.67	12.97	0.00
16 CON-4	1123.72	1126.73	3.01	0.00	1136.41	12.69	0.00
17 POZO 18	1123.45	1126.76	3.31	-34.84	1136.33	12.98	-27.99
18 V-7	1124.75	1126.27	1.52	0.00	1135.80	11.05	0.00
19 CON-5	1124.46	1125.92	1.46	0.00	1135.34	10.88	0.00
20 POZO 14	1124.35	1125.92	1.57	0.00	1135.39	11.04	-45.52
21 V-8	1123.67	1125.75	2.08	0.00	1134.98	11.31	0.00
22 V-9	1122.03	1124.92	2.89	0.00	1134.20	11.17	0.00
23 V-10	1124.40	1124.78	0.38	0.00	1132.91	8.51	0.00
24 POZO 16	1125.21	1133.38	8.15	-52.02	1144.35	18.12	-51.13
25 V-11	1125.49	1133.12	7.63	0.00	1143.10	17.61	0.00
26 CON-6	1124.07	1131.63	7.56	0.00	1141.66	17.59	0.00
27 POZO 2	1124.35	1131.72	7.37	-33.58	1141.78	17.43	-39.82
28 POZO 3	1123.68	1130.80	7.12	0.00	1140.72	17.04	0.00
29 CON-7	1124.23	1130.27	6.04	0.00	1140.12	15.89	0.00
30 POZO 4bis	1124.35	1130.29	5.94	-30.63	1140.16	15.81	-40.60
31 V-12	1122.60	1129.30	6.70	0.00	1138.88	16.28	0.00
32 POZO 11	1122.82	1129.06	6.24	0.00	1138.57	15.75	0.00
33 CON-8	1122.56	1128.87	6.31	0.00	1138.33	15.77	0.00
34 POZO 12	1122.71	1128.90	6.19	-34.37	1138.36	15.65	-33.62
35 CON-9	1121.59	1128.37	6.78	0.00	1137.73	16.14	0.00
36 POZO 13	1122.10	1128.96	6.86	-29.26	1138.76	16.66	-38.74
37 CON-10	1120.21	1128.20	7.99	0.00	1137.51	17.30	0.00
38 POZO 1	1120.15	1128.26	8.11	-34.96	1137.61	17.46	-45.73
39 V-13	1119.44	1127.42	7.98	0.00	1136.45	17.01	0.00
40 V-14	1118.34	1126.25	7.91	0.00	1134.87	16.53	0.00
41 V-15	1119.50	1125.07	5.57	0.00	1133.29	13.79	0.00
42 INT-PRI	1122.47	1124.77	2.30	0.00	1132.88	10.41	0.00
43 V-16	1120.00	1124.44	4.44	0.00	1132.34	12.34	0.00
44 V-17	1119.21	1123.53	4.32	0.00	1130.83	11.62	0.00
45 V-18	1120.98	1123.05	2.07	0.00	1130.05	9.07	0.00
46 V-19	1119.45	1121.67	2.22	0.00	1127.78	8.33	0.00
47 V-20	1117.25	1120.63	3.38	0.00	1126.07	8.82	0.00
48 V-21	1119.82	1119.67	-0.15	0.00	1124.49	4.67	0.00
49 V-22	1119.20	1119.04	-0.16	0.00	1123.46	4.26	0.00

**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

ANÁLISIS HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE TUBERÍAS

(version 2.04 1993)

PROYECTISTA		JMPM						
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO						
VARIANTE		CON TODAS LAS VARIAS						
FECHA		DICIEMBRE DE 1999						
OBSERVACIONES		COMPARACION DE RESULTADOS						
RESULTADOS PARA NUDOS				archivo usado	TOTAL DE NUDOS			
NUDO	COTA I (m)	C PIEZ (m)	PRESION (m)	CONSUMO (l/s)	C PIEZ (m)	PRESION (m)	CONSUMO (l/s)	
50	INT-11A	1116.87	1118.55	1.68	0.00	1122.65	5.78	0.00
51	V-23	1117.90	1118.21	0.31	0.00	1122.02	4.12	0.00
52	V-24	1118.34	1118.09	-0.25	0.00	1121.80	3.46	0.00
53	V-25	1118.54	1117.72	-0.82	0.00	1121.11	2.57	0.00
54	V-26	1117.71	1117.62	-0.09	0.00	1120.93	3.22	0.00
55	V-27	1116.78	1117.13	0.35	0.00	1120.03	3.25	0.00
56	V-28	1118.12	1116.52	-1.60	0.00	1118.91	0.79	0.00
57	V-29	1113.40	1116.09	2.69	0.00	1118.13	4.73	0.00
58	V-30	1112.85	1114.91	2.06	0.00	1115.93	3.09	0.00
59	V-31	1108.67	1114.52	5.85	0.00	1115.23	6.56	0.00
60	V-32	1110.01	1113.99	3.98	0.00	1114.27	4.26	0.00
61	V-33	1110.30	1113.72	3.42	0.00	1113.76	3.46	0.00
62	T-CB	1112.28	1113.67	1.39	244.99	1113.67	1.39	332.26
63	V-34	1117.17	1117.90	0.73	0.00	1121.83	4.66	0.00
64	V-35	1116.89	1116.94	0.05	0.00	1120.63	3.74	0.00
65	V-36	1113.49	1116.05	2.56	0.00	1119.51	6.02	0.00
66	V-37	1113.78	1115.28	1.50	0.00	1118.54	4.76	0.00
67	V-38	1113.45	1114.82	1.37	0.00	1117.97	4.52	0.00
68	V-39	1111.55	1114.14	2.59	0.00	1117.12	5.57	0.00
69	V-40	1110.86	1113.35	2.49	0.00	1116.12	5.26	0.00
70	V-41	1111.62	1112.49	0.87	0.00	1115.05	3.43	0.00
71	V-42	1109.55	1111.73	2.18	0.00	1114.10	4.55	0.00
72	V-43	1107.59	1111.15	3.56	0.00	1113.37	5.78	0.00
73	V-44	1108.68	1109.38	0.70	0.00	1111.15	2.47	0.00
74	V-45	1107.25	1108.26	1.01	0.00	1109.73	2.48	0.00
75	V-46	1106.48	1107.83	1.35	0.00	1109.20	2.72	0.00
76	V-47	1104.96	1106.67	1.71	0.00	1107.75	2.79	0.00
77	D-1	1103.60	1106.07	2.47	0.00	1106.99	3.39	0.00
78	D-2	1102.11	1104.55	2.44	0.00	1105.09	2.98	0.00
79	V-48	1102.20	1103.64	1.44	0.00	1103.93	1.74	0.00
80	T-LUC	1101.06	1102.45	1.39	111.07	1102.45	1.39	124.40

DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO

ANALISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

(version 2.04 1993)

PROYECTISTA		JHPM												
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO												
VARIANTE		CON TODAS LAS VAEAS												
FECHA		DICIEMBRE DE 1999												
OBSERVACIONES		COMPARACION DE RESULTADOS												
RESULTADOS PARA LOS TRAMOS					archivo usado					TOTAL DE TRAMOS			79	
TRAMO	DESCRIPCION	NUDOS		LONGITUD	n de Mamm	DIAM	Q	V	PERD	Q	V	PERD		
		inicial	final	(m)		(mm)	(l/s)	(m/s)	(m)	(l/s)	(m/s)	(m)		
CONDICION		TODOS LOS EQUIPOS TRABAJAN (ACTUAL)										TODOS LOS EQUIPOS TRABAJAN (REHABILITADOS)		
1	1	Conduc Simple	POZO 6	V-1	443.58	0.012	250.0	29.73	0.61	0.94	39.87	0.81	1.70	
2	2	Conduc Simple	V-1	POZO 7	447.21	0.012	250.0	29.73	0.61	0.95	39.87	0.81	1.71	
3	3	Conduc Simple	POZO 7	V-2	625.94	0.013	350.0	29.73	0.41	0.22	39.87	0.41	0.40	
4	4	Conduc Simple	V-2	CON-1	417.22	0.012	450.0	29.73	0.19	0.04	39.87	0.25	0.07	
5	5	Conduc Simple	CON-1	POZO 8	150.00	0.012	300.0	25.88	0.37	0.09	26.94	0.48	0.10	
6	6	Conduc Simple	CON-1	V-3	637.91	0.012	450.0	55.61	0.35	0.21	66.81	0.42	0.30	
7	7	Conduc Simple	V-3	CON-2	1030.34	0.012	450.0	55.61	0.35	0.33	66.81	0.42	0.48	
8	8	Conduc Simple	CON-2	POZO 9	25.00	0.012	300.0	27.10	0.49	0.02	35.35	0.50	0.03	
9	9	Conduc Simple	CON-2	V-4	205.38	0.012	500.0	83.01	0.42	0.08	102.17	0.52	0.13	
10	10	Conduc Simple	V-4	POZO 10	1365.80	0.012	500.0	83.01	0.42	0.56	102.17	0.52	0.85	
11	11	Conduc Simple	POZO 10	V-5	104.29	0.012	600.0	83.01	0.29	0.02	102.17	0.36	0.00	
12	12	Conduc Simple	V-5	CON-3	1193.98	0.012	600.0	83.01	0.29	0.19	102.17	0.36	0.28	
13	13	Conduc Simple	CON-3	POZO 15	1185.70	0.012	300.0	23.49	0.33	0.59	31.34	0.44	1.06	
14	14	Conduc Simple	CON-3	V-6	32.91	0.012	600.0	106.40	0.38	0.01	133.50	0.47	0.01	
15	15	Conduc Simple	V-6	CON-4	647.45	0.012	600.0	106.40	0.38	0.12	133.50	0.47	0.26	
16	16	Conduc Simple	CON-4	POZO 18	25.00	0.012	300.0	34.81	0.49	0.03	27.99	0.40	0.02	
17	17	Conduc Simple	CON-4	V-7	1024.24	0.012	600.0	141.24	0.50	0.36	161.49	0.57	0.60	
18	18	Conduc Simple	V-7	CON-5	788.47	0.012	600.0	141.24	0.50	0.36	161.49	0.57	0.46	
19	19	Conduc Simple	CON-5	POZO 14	25.00	0.012	300.0	0.00	0.00	0.00	45.52	0.64	0.05	
20	20	Conduc Simple	CON-5	V-8	373.56	0.012	600.0	141.24	0.50	0.17	207.01	0.73	0.36	
21	21	Conduc Simple	V-8	V-9	1841.12	0.012	600.0	141.24	0.50	0.33	207.01	0.73	1.78	
22	22	Conduc Simple	V-9	V-10	298.49	0.012	600.0	141.24	0.50	0.13	207.01	0.73	0.29	
23	23	Conduc Simple	V-10	INT-PRI	23.16	0.012	600.0	141.24	0.50	0.01	207.01	0.73	0.02	
24	24	Conduc Simple	POZO 16	V-11	102.96	0.012	300.0	57.02	0.74	0.25	81.13	0.72	0.25	
25	25	Conduc Simple	V-11	CON-6	606.08	0.012	300.0	57.02	0.74	1.49	81.13	0.72	1.44	
26	26	Conduc Simple	CON-6	POZO 2	87.50	0.012	300.0	33.88	0.47	0.09	39.87	0.56	0.13	
27	27	Conduc Simple	CON-6	POZO 3	574.14	0.012	300.0	85.60	0.68	0.83	90.95	0.72	0.93	
28	28	Conduc Simple	POZO 3	CON-7	692.63	0.012	450.0	85.60	0.81	0.53	90.95	0.57	0.60	
29	29	Conduc Simple	CON-7	POZO 4bis	25.00	0.012	300.0	30.33	0.43	0.02	30.60	0.57	0.04	
30	30	Conduc Simple	CON-7	V-12	1203.13	0.012	500.0	116.22	0.59	0.27	131.55	0.67	1.24	
31	31	Conduc Simple	V-12	POZO 11	292.30	0.012	500.0	116.22	0.59	0.24	131.55	0.67	0.31	
32	32	Conduc Simple	POZO 11	CON-8	616.59	0.012	600.0	116.22	0.41	0.19	131.55	0.47	0.24	
33	33	Conduc Simple	CON-8	POZO 12	25.00	0.012	300.0	34.37	0.49	0.03	33.67	0.48	0.03	
34	34	Conduc Simple	CON-8	CON-9	982.72	0.012	600.0	150.60	0.53	0.50	165.17	0.58	0.61	
35	35	Conduc Simple	CON-9	POZO 13	755.40	0.012	600.0	29.26	0.44	0.59	38.74	0.55	1.03	
36	36	Conduc Simple	CON-9	CON-10	228.85	0.012	600.0	129.86	0.64	0.17	203.91	0.72	0.22	
37	37	Conduc Simple	CON-10	POZO 1	50.00	0.012	300.0	34.26	0.49	0.06	35.73	0.65	0.10	
38	38	Conduc Simple	CON-10	V-13	782.08	0.012	600.0	214.82	0.76	0.78	219.64	0.88	1.06	
39	39	Conduc Simple	V-13	V-14	1121.40	0.012	600.0	214.82	0.76	1.17	219.64	0.88	1.58	
40	40	Conduc Simple	V-14	V-15	1125.32	0.012	600.0	214.82	0.76	1.17	219.64	0.88	1.58	
41	41	Conduc Simple	V-15	INT-PRI	286.21	0.012	600.0	214.82	0.76	0.30	219.64	0.88	0.40	
42	42	Conduc Simple	INT-PRI	V-16	372.70	0.012	750.0	356.05	0.81	0.33	456.66	1.03	0.54	
43	43	Conduc Simple	V-16	V-17	1054.21	0.012	750.0	356.05	0.81	0.27	456.66	1.03	1.51	
44	44	Conduc Simple	V-17	V-18	541.17	0.012	750.0	356.05	0.81	0.17	456.66	1.03	0.78	
45	45	Conduc Simple	V-18	V-19	1586.90	0.012	750.0	356.05	0.81	1.38	456.66	1.03	2.28	
46	46	Conduc Simple	V-19	V-20	1195.85	0.012	750.0	356.05	0.81	1.04	456.66	1.03	1.71	
47	47	Conduc Simple	V-20	V-21	1096.37	0.012	750.0	356.05	0.81	0.96	456.66	1.03	1.57	
48	48	Conduc Simple	V-21	V-22	722.14	0.012	750.0	356.05	0.81	0.63	456.66	1.03	1.04	
49	49	Conduc Simple	V-22	INT-II A	564.75	0.012	750.0	356.05	0.81	0.49	456.66	1.03	0.81	
50	50	Conduc Simple	INT-II A	V-23	824.19	0.012	750.0	244.99	0.55	0.34	332.26	0.75	0.62	
51	51	Conduc Simple	V-23	V-24	293.85	0.012	750.0	244.99	0.55	0.12	332.26	0.75	0.22	
52	52	Conduc Simple	V-24	V-25	905.50	0.012	750.0	244.99	0.55	0.37	332.26	0.75	0.69	
53	53	Conduc Simple	V-25	V-26	235.29	0.012	750.0	244.99	0.55	0.10	332.26	0.75	0.18	
54	54	Conduc Simple	V-26	V-27	1193.45	0.012	750.0	244.99	0.55	0.49	332.26	0.75	0.91	

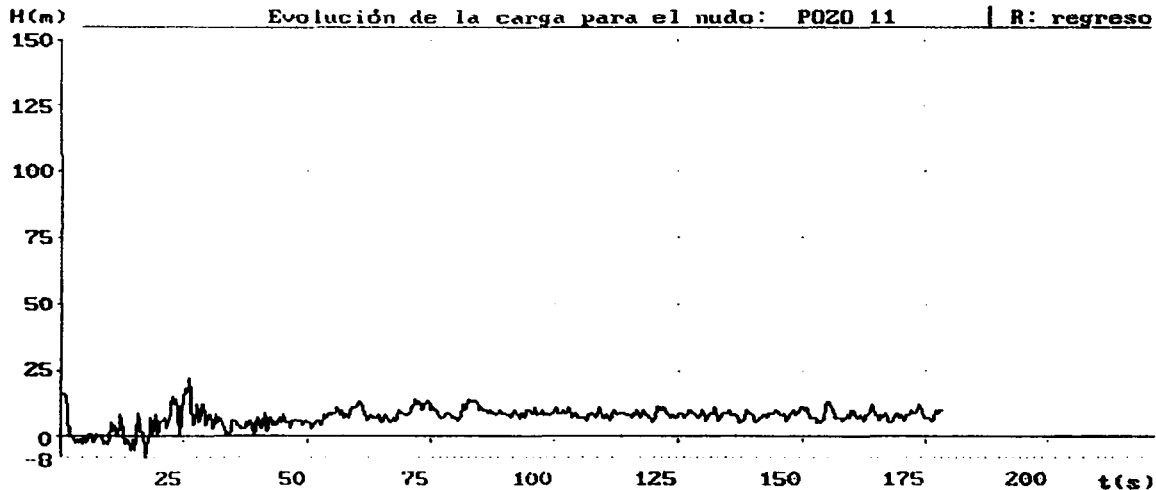
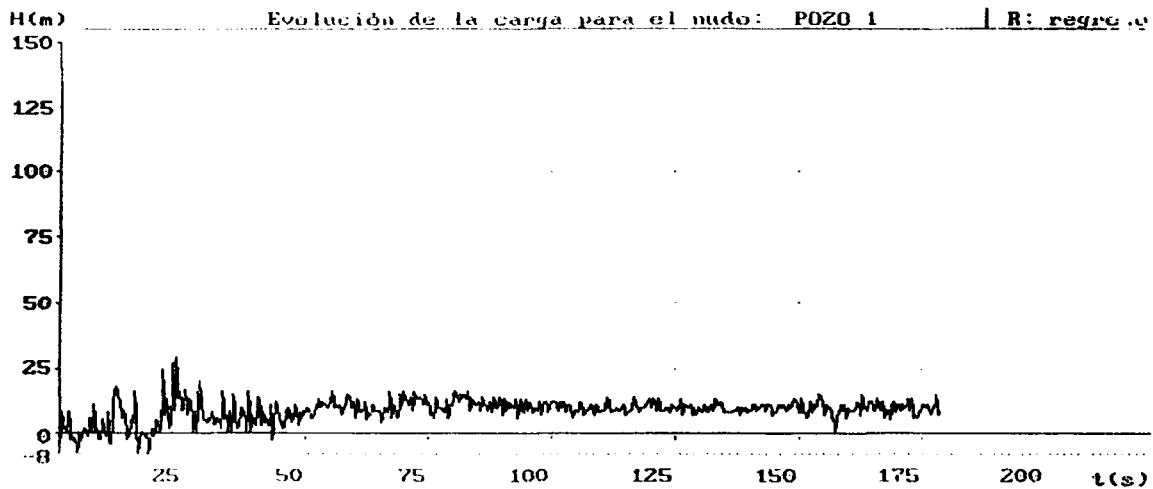
**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

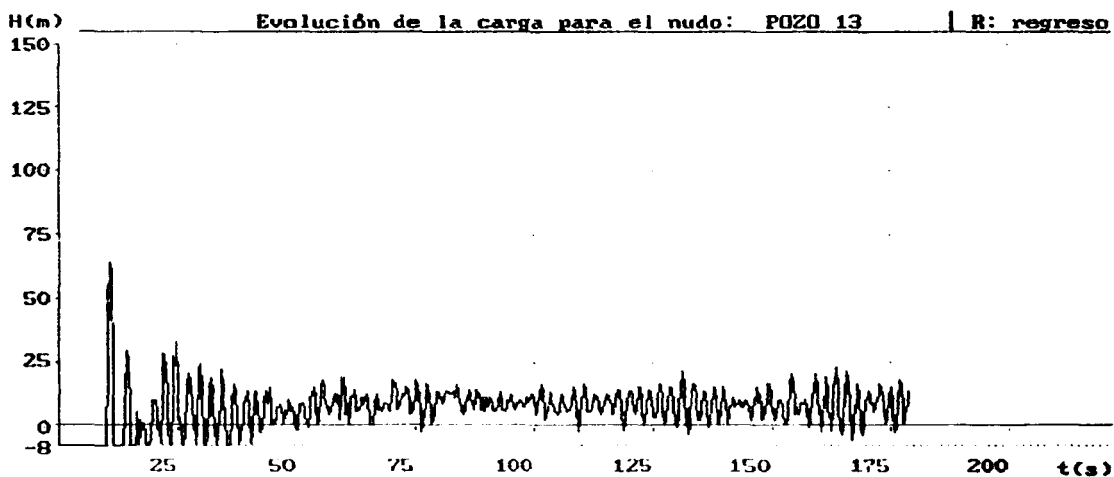
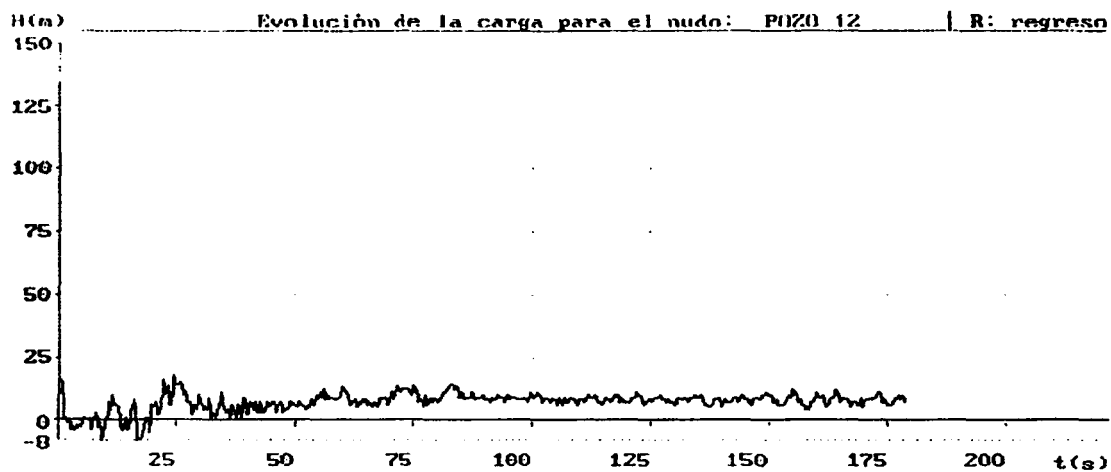
ANÁLISIS HIDRAULICO DE SISTEMAS DE TUBERIAS

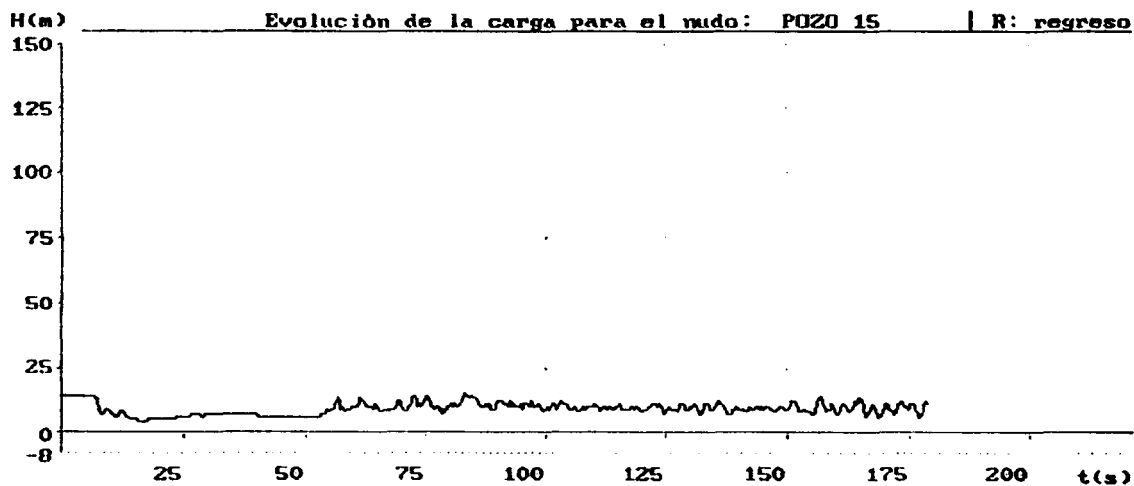
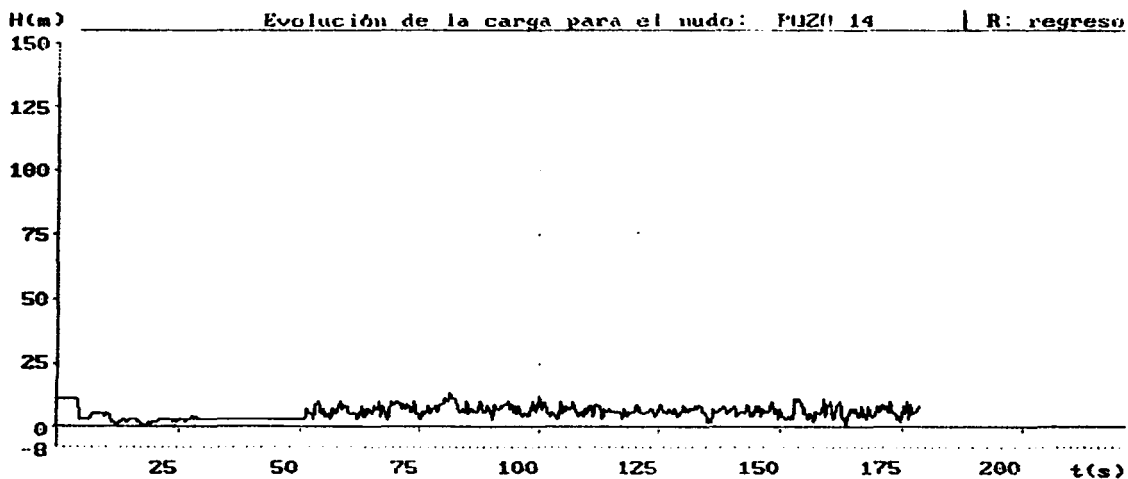
(version: 2.04 1993)

PROYECTISTA		JHPM											
PROYECTO		SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO											
VARIANTE		CON TODAS LAS VAJAS											
FECHA		DICIEMBRE DE 1999											
OBSERVACIONES		COMPARACION DE RESULTADOS											
RESULTADOS PARA LOS TRAMOS					archivo usado					TOTAL DE TRAMOS		79	
TRAMO	DESCRIPCION	NUDOS		LONGITUD (m)	n de Mann	DIAM (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	PERD (m)	Q (l/s)	V (m/s)	PERD (m)	
		inicial	final										
55	55	Conduc. Simple	V-27	V-28	1475.12	0.012	750.0	244.99	0.55	0.61	332.26	0.75	1.12
56	56	Conduc. Simple	V-28	V-29	1031.58	0.012	750.0	244.99	0.55	0.43	332.26	0.75	0.78
57	57	Conduc. Simple	V-29	V-30	2877.00	0.012	750.0	244.99	0.55	1.19	332.26	0.75	2.18
58	58	Conduc. Simple	V-30	V-31	937.90	0.012	750.0	244.99	0.55	0.39	332.26	0.75	0.71
59	59	Conduc. Simple	V-31	V-32	1271.02	0.012	750.0	244.99	0.55	0.52	332.26	0.75	0.96
60	60	Conduc. Simple	V-32	V-33	672.88	0.012	750.0	244.99	0.55	0.28	332.26	0.75	0.51
61	61	Conduc. Simple	V-33	T-CB	112.87	0.012	750.0	244.99	0.55	0.05	332.26	0.75	0.09
62	62	Conduc. Simple	T-CB	V-34	881.18	0.012	500.0	111.07	0.57	0.65	124.40	0.63	0.81
63	63	Conduc. Simple	V-34	V-35	1302.68	0.012	500.0	111.07	0.57	0.96	124.40	0.63	1.20
64	64	Conduc. Simple	V-35	V-36	1207.46	0.012	500.0	111.07	0.57	0.89	124.40	0.63	1.12
65	65	Conduc. Simple	V-36	V-37	1052.21	0.012	500.0	111.07	0.57	0.78	124.40	0.63	0.97
66	66	Conduc. Simple	V-37	V-38	619.92	0.012	500.0	111.07	0.57	0.46	124.40	0.63	0.57
67	67	Conduc. Simple	V-38	V-39	915.94	0.012	500.0	111.07	0.57	0.68	124.40	0.63	0.85
68	68	Conduc. Simple	V-39	V-40	1080.00	0.012	500.0	111.07	0.57	0.80	124.40	0.63	1.00
69	69	Conduc. Simple	V-40	V-41	1157.35	0.012	500.0	111.07	0.57	0.85	124.40	0.63	1.07
70	70	Conduc. Simple	V-41	V-42	1031.18	0.012	500.0	111.07	0.57	0.76	124.40	0.63	0.95
71	71	Conduc. Simple	V-42	V-43	788.98	0.012	500.0	111.07	0.57	0.58	124.40	0.63	0.73
72	72	Conduc. Simple	V-43	V-44	2400.85	0.012	500.0	111.07	0.57	1.77	124.40	0.63	2.22
73	73	Conduc. Simple	V-44	V-45	1526.55	0.012	500.0	111.07	0.57	1.13	124.40	0.63	1.41
74	74	Conduc. Simple	V-45	V-46	574.57	0.012	500.0	111.07	0.57	0.42	124.40	0.63	0.53
75	75	Conduc. Simple	V-46	V-47	1577.74	0.012	500.0	111.07	0.57	1.16	124.40	0.63	1.46
76	76	Conduc. Simple	V-47	D-1	814.20	0.012	500.0	111.07	0.57	0.60	124.40	0.63	0.75
77	77	Conduc. Simple	D-1	D-2	2058.70	0.012	500.0	111.07	0.57	1.52	124.40	0.63	1.90
78	78	Conduc. Simple	D-2	V-48	1238.92	0.012	500.0	111.07	0.57	0.91	124.40	0.63	1.15
79	79	Conduc. Simple	V-48	T-LUC	1614.68	0.012	500.0	111.07	0.57	1.19	124.40	0.63	1.49

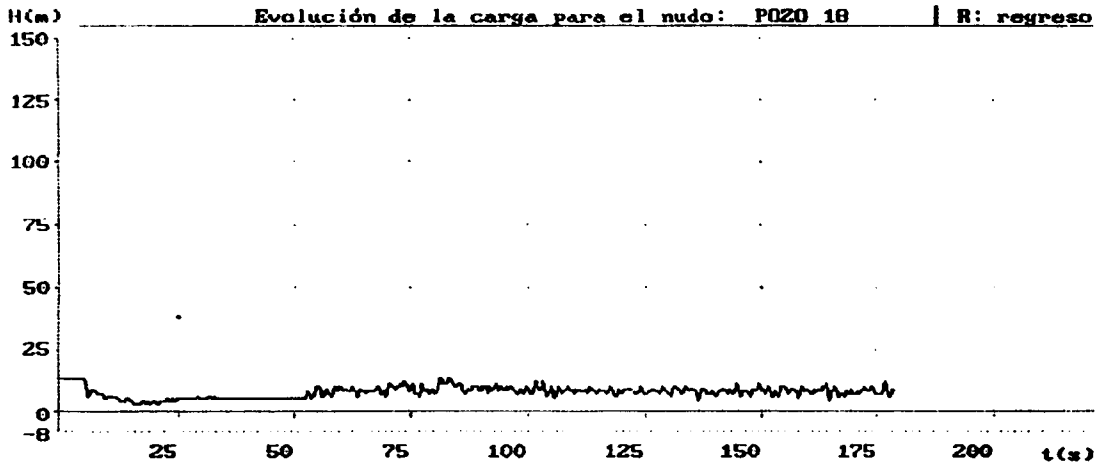
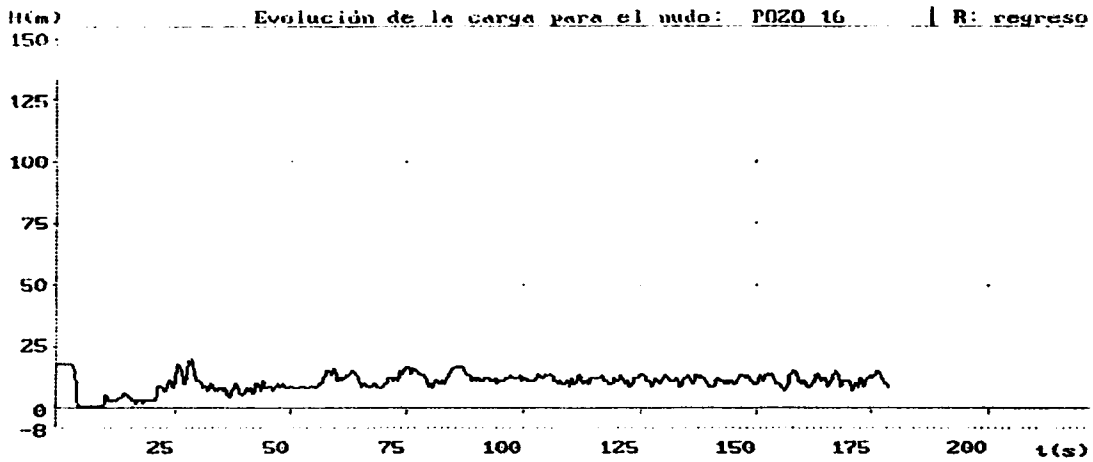
A CONTINUACIÓN SE PRESENTAN LAS GRAFICAS DE LOS POZOS, OBTENIDAS POR EL PROGRAMA ARIETE. CABE SENALAR QUE ESTA ALTERNATIVA CONSIDERA QUE DURANTE LA OPERACION DEL SISTEMA SE APAGAN LOS POZOS 1 Y 13

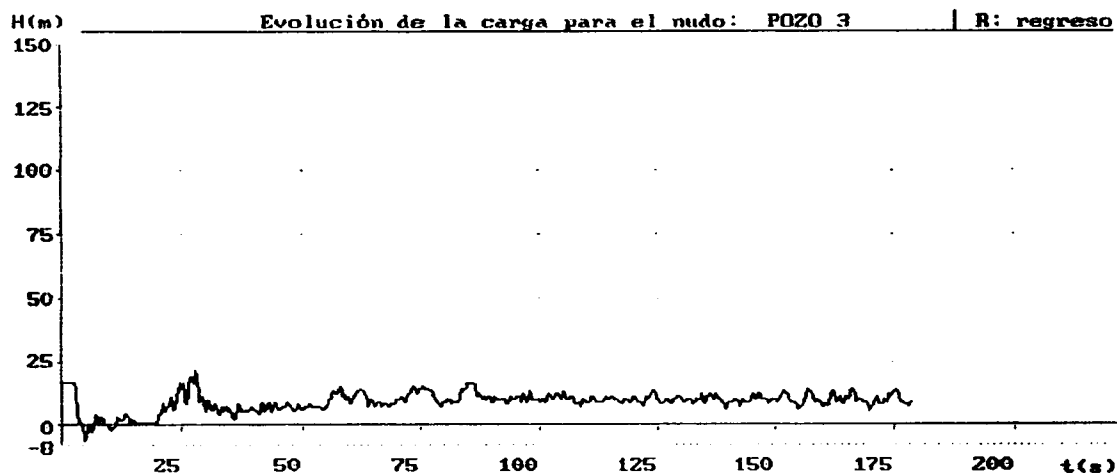
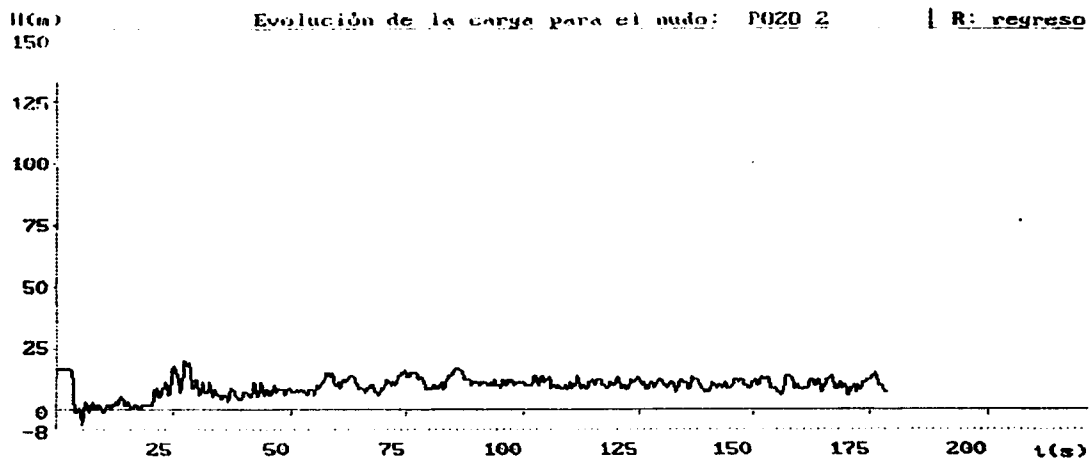


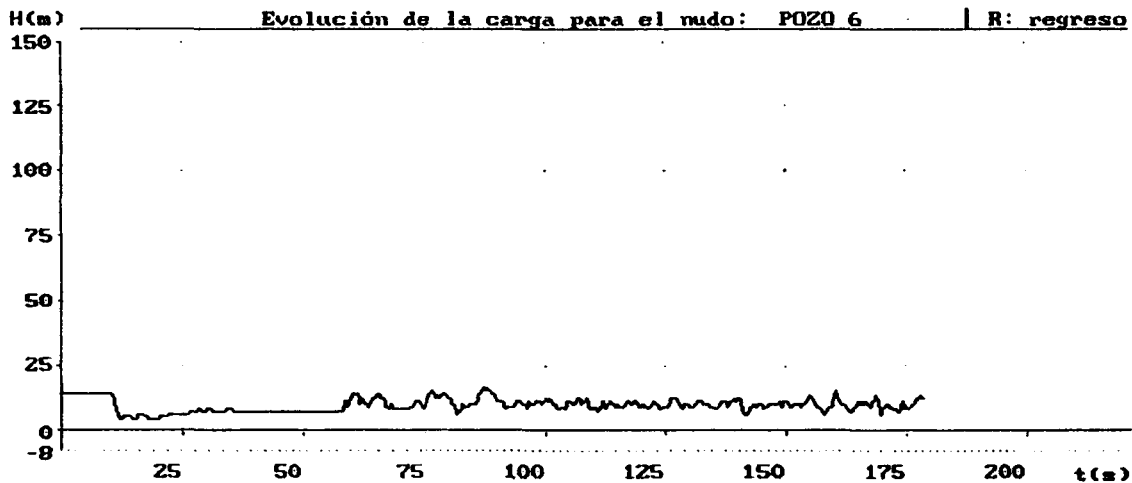
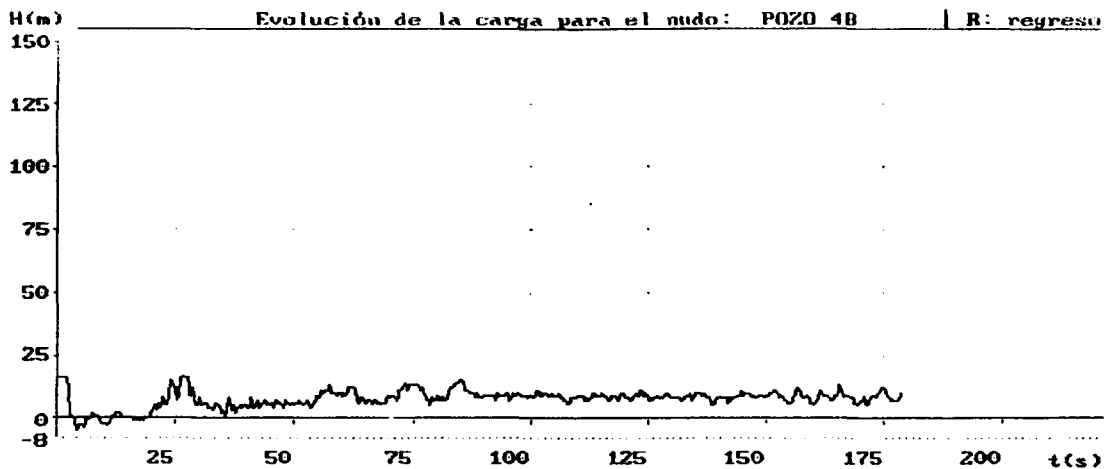


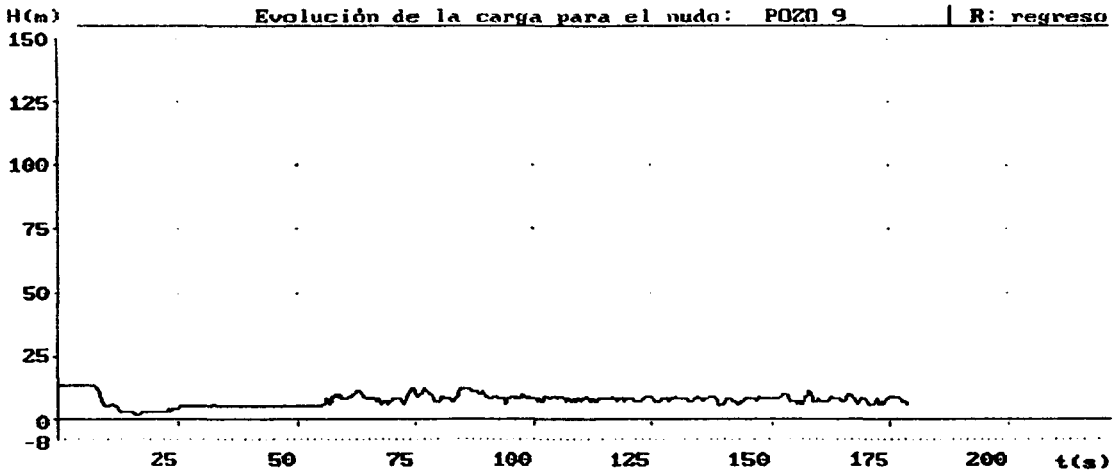
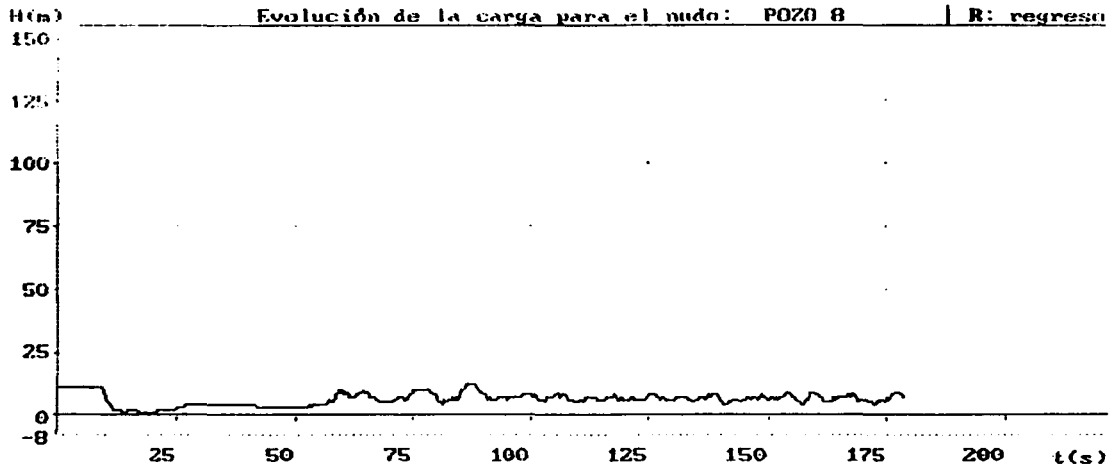


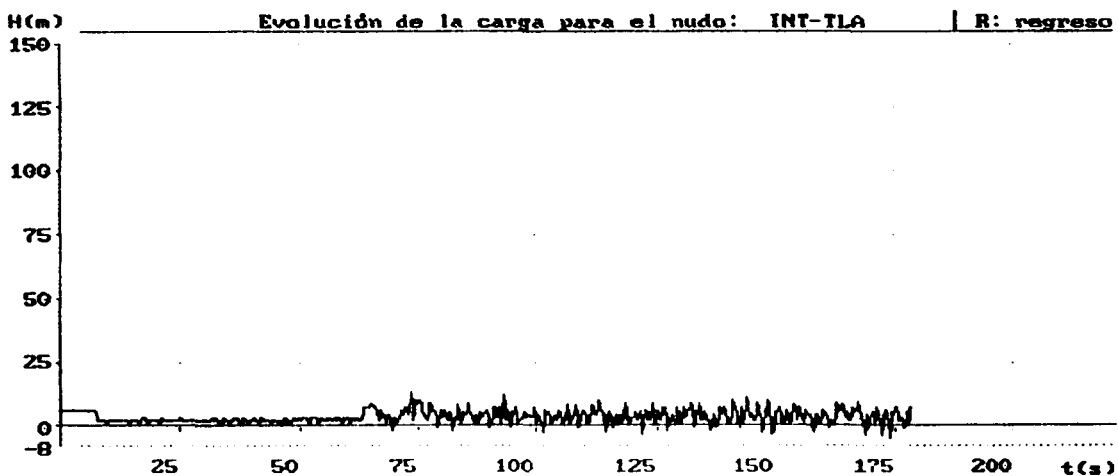
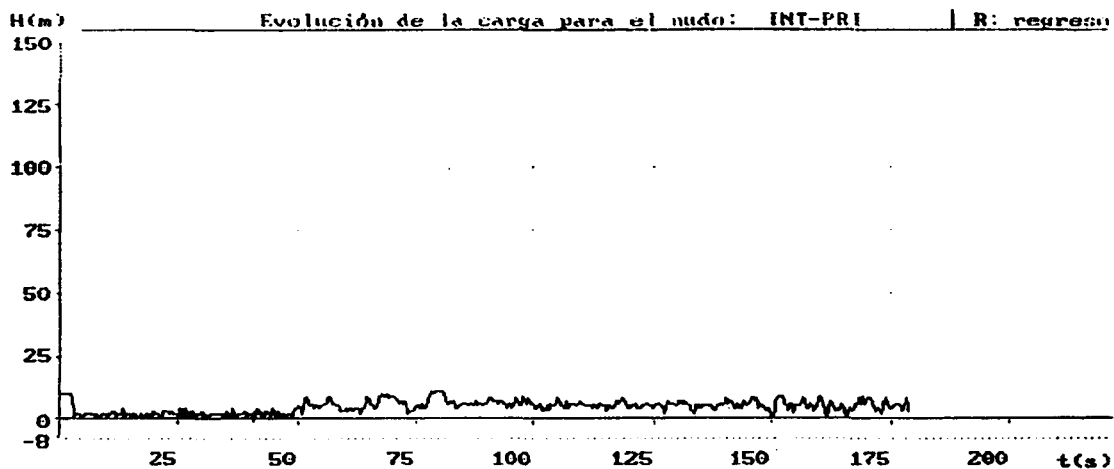




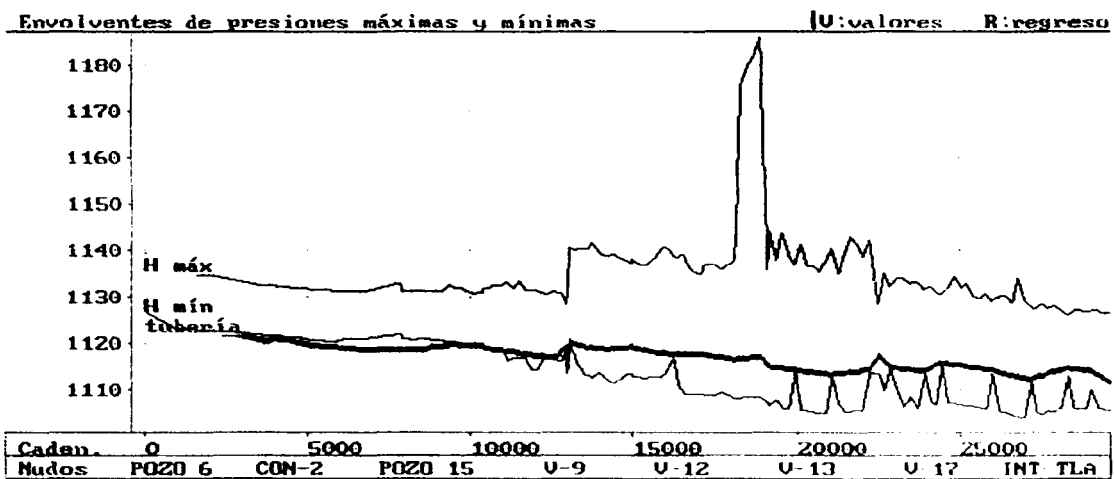
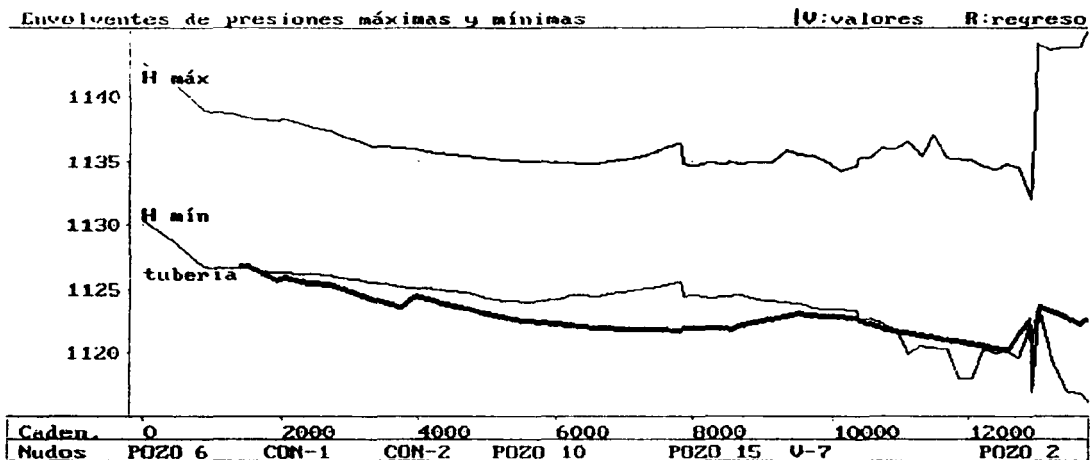








A CONTINUACION SE PRESENTAN LAS GRAFICAS DE CARGAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN DIFERENTES TRAMOS



## **5.5 OPERACIÓN DEL SISTEMA EN CONJUNTO**

Se ha tratado hasta el momento el funcionamiento del sistema a partir de las fuentes de abastecimiento, sin embargo se considera importante establecer la operación en conjunto del sistema hasta los tanques de almacenamiento y su distribución a cada uno de los sitios de consumo, a continuación se presentan una serie de tablas en las que se observan las características del sistema de almacenamiento y rebombeo actual y después de llevarse a cabo los trabajos de rehabilitación

Finalmente se presenta una tabla en la que se resumen los resultados del análisis hidráulico realizado para la línea de conducción en conjunto con el funcionamiento de los pozos profundos.

**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACIÓN EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

**CONDICIÓN ACTUAL (DIAGNÓSTICO)**

GASTO QUE SE EXTRAE DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO	328.65	LPS	=	28,395.53	m <sup>3</sup> /día
GASTO QUE SE REQUIERE PARA EL SUMINISTRO	458.91	LPS	=	39,650.25	m <sup>3</sup> /día

**POZOS ADICIONALES**

SAN PEDRO	2	Q =	48.00	LPS	=	4,147.20	m <sup>3</sup> /día
FCO 1 MADERO	1	Q =	30.00	LPS	=	2,592.00	m <sup>3</sup> /día
EJ LA CONCHA	1	Q =	40.00	LPS	=	3,456.00	m <sup>3</sup> /día

**CONSUMOS**

MUNICIPIO / POBLACION	HABITANTES	DOTACION l/hab/día	CONSUMO m <sup>3</sup> /día
FCO 1 MADERO	46,882	194.95	10,967.46
FINISTERRE	21,511	156.00	4,026.83
SAN PEDRO	85,027	196.63	20,062.07
B'CO NACIONAL	1,059	166.00	210.98
DIV DEL NORTE	135	166.00	26.83
LUCERO	2,578	166.00	513.54
TLAHUALILO	19,290	166.00	3,842.55

TANQUE LUCERO		CAPACIDAD		2,000.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LÍNEA	ABASTECIDA	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1 o 2	1	Tlahualilo	30.00	17	1,836.00
3	4	Bco Nacional y Div Del Norte	6.00	12	259.20
4	2	Tlahualilo	65.00	7	1,638.00
5	3	Lucero	37.00	6	799.20
TOTAL			138.00		4,532.40

TANQUE CABALLO BLANCO		CAPACIDAD		6,300.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LÍNEA	ABASTECIDA	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1	1	Fco 1 Madero	45.52	16	2,621.95
2	1	Fco 1 Madero	39.41	8	1,135.01
3	1	Fco 1 Madero	29.27	10	1,053.72
1	2	San Pedro			SIN EQUIPO
2	2	San Pedro	1.00		RESERVA
3	2	San Pedro			SIN EQUIPO
5 o 2	2	San Pedro	54.91	8	1,581.41
6 o 2	2	San Pedro	57.00	16	3,283.20
4	3	San Pedro	14.82	12	640.22
7 o 8	3	San Pedro	86.71	12	3,745.87
8	3	San Pedro	90.97		RESERVA
4	4	Tanque 1ro De Mayo	45.00	24	3,888.00
TOTAL			464.61		17,949.38

TANQUE 1º DE MAYO		CAPACIDAD		1,500.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LÍNEA	ABASTECIDA	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1	1	Finisterre	40.00	10	1,440.00
3	1	Finisterre	14.00	10	504.00
4	1	Finisterre	11.00	10	396.00
5	1	Finisterre	11.00	10	396.00
TOTAL			76.00		2,736.00

MUNICIPIO / POBLACION	REBOMBEO m <sup>3</sup> /día	SALDO m <sup>3</sup> /día	DEMANDA m <sup>3</sup> /día	SUMINISTRO m <sup>3</sup> /día	ABASTECIMIENTO m <sup>3</sup> /día	ALMACENAMIENTO m <sup>3</sup> /día
FCO 1 MADERO	7,403	3,565				
FINISTERRE	2,736	1,291				
SAN PEDRO	13,398	6,664				
B'CO NACIONAL	259	21				
DIV DEL NORTE						
LUCERO	799	286				
TLAHUALILO	3,474	369	39,650	28,069	35,135	7,066



**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACIÓN EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

**CONDICIÓN ACTUAL (PROYECTO)**

GASTO QUE SE EXTRAE DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO	422.45	LPS	=	36,499.64	m <sup>3</sup> /día
GASTO QUE SE REQUIERE PARA EL SUMINISTRO	458.91	LPS	=	39,650.25	m <sup>3</sup> /día

**POZOS ADICIONALES**

SAN PEDRO	2	Q =	48.00	LPS	=	4,147.20	m <sup>3</sup> /día
ECO I MADERO	1	Q =	30.00	LPS	=	2,592.00	m <sup>3</sup> /día
EL LA CONCHA	1	Q =	40.00	LPS	=	3,456.00	m <sup>3</sup> /día

**CONSUMOS**

MUNICIPIO / POBLACIÓN	HABITANTES	DOTACIÓN l/hab/día	CONSUMO m <sup>3</sup> /día
ECO I MADERO	46,882	194.95	10,967.46
FINISTERRE	21,511	156.00	4,026.83
SAN PEDRO	85,027	196.63	20,062.07
ECO NACIONAL	1,059	166.00	210.98
DIV DEL NORTE	135	166.00	26.83
LUCERO	2,578	166.00	513.54
TLAHUALILO	19,290	166.00	3,842.55

TANQUE LUCERO		CAPACIDAD		2,000.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LÍNEA	ABASTECE A	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1 o 2	1	Tlahualilo	30.00	19	2,052.00
3	4	Deo. Nacional y Div. Del Norte	6.00	12	259.20
4	2	Tlahualilo	65.00	8	1,872.00
5	3	Lucero	37.00	4	532.80
TOTAL			138.00		4,716.00

TANQUE CABALLO BLANCO		CAPACIDAD		6,300.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LÍNEA	ABASTECE A	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1	1	Eco I Madero	36.00	20	3,312.00
2	1	Eco I Madero	40.00	19	2,736.00
3	1	Eco I Madero	30.00	22	2,376.00
1	2	San Pedro			SIN EQUIPO
2	2	San Pedro	57.00		RESERVA
3	2	San Pedro			SIN EQUIPO
5 o 2	2	San Pedro	55.00	21	4,158.00
6 o 2	2	San Pedro	57.00	20	4,104.00
4	3	San Pedro	15.00	20	1,080.00
7 o 8	3	San Pedro	87.00	21	6,577.20
8	3	San Pedro	91.00		RESERVA
4	4	Tanque 1ro De Mayo	60.00	24	5,184.00
TOTAL			538.00		29,527.20

TANQUE 1º DE MAYO		CAPACIDAD		1,500.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LÍNEA	ABASTECE A	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1	1	Finisterre	40.00	11	1,584.00
3	1	Finisterre	30.00	11	1,188.00
4	1	Finisterre	15.00	12	648.00
5	1	Finisterre	15.00	12	648.00
TOTAL			100.00		4,068.00

MUNICIPIO / POBLACIÓN	REBOMBEO m <sup>3</sup> /día	SALIDO m <sup>3</sup> /día	DEMANDA m <sup>3</sup> /día	SUMINISTRO m <sup>3</sup> /día	ABASTECIMIENTO m <sup>3</sup> /día	ALMACENAMIENTO m <sup>3</sup> /día
ECO I MADERO	11,016	49				
FINISTERRE	4,068	41				
SAN PEDRO	20,066	4				
ECO NACIONAL	259	21				
DIV DEL NORTE						
LUCERO	533	19				
TLAHUALILO	3,924	81	39,650	39,866	46,695	6,828

**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACIÓN EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

**CONDICIÓN PARA EL AÑO 2010**

GASTO QUE SE EXTRAE DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO	422.45	LPS	=	36,499.64	m <sup>3</sup> /día
GASTO QUE SE REQUIERE PARA EL SUMINISTRO	482.12	LPS	=	41,655.53	m <sup>3</sup> /día

**POZOS ADICIONALES**

SAN PEDRO	2	Q =	48.00	LPS	=	4,147.20	m <sup>3</sup> /día
ECO 1 MADERO	1	Q =	30.00	LPS	=	2,592.00	m <sup>3</sup> /día
EL LA CONCHA	1	Q =	40.00	LPS	=	3,456.00	m <sup>3</sup> /día

**CONSUMOS**

MUNICIPIO / POBLACION	HIABITANTES	DOTACION l/hab/día	CONSUMO m <sup>3</sup> /día
ECO 1 MADERO	51,358	200.66	12,366.47
FINISTERRE	21,411	156.00	4,008.24
SAN PEDRO	84,699	200.39	20,367.61
BCO NACIONAL	1,078	193.28	250.05
DIV DEL NORTE	141	193.28	32.81
LUCERO	2,567	193.28	595.33
TLAHUALILO	20,799	193.28	4,824.04

TANQUE LUCERO		CAPACIDAD		2,000.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LINEA	ABASTECE A	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1 o 2	1	Tlahualilo	30.00	22	2,376.00
3	4	Bco Nacional y Div Del Norte	6.00	14	302.40
4	2	Tlahualilo	65.00	11	2,574.00
5	3	Lucero	37.00	5	666.00
TOTAL			138.00		5,918.40

TANQUE CABALLO BLANCO		CAPACIDAD		6,300.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LINEA	ABASTECE A	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1	1	ECO 1 Madero	46.00	24	3,974.40
2	1	ECO 1 Madero	40.00	24	3,456.00
3	1	ECO 1 Madero	30.00	24	2,484.00
1	2	San Pedro		SIN EQUIPO	
2	2	San Pedro	57.00	RESERVA	
3	2	San Pedro		SIN EQUIPO	
5 o 2	2	San Pedro	55.00	20	3,960.00
6 o 2	2	San Pedro	57.00	22	4,514.40
4	3	San Pedro	15.00	22	1,188.00
7 o 8	3	San Pedro	87.00	21	6,577.20
8	3	San Pedro	91.00	RESERVA	
4	4	Tanque 1ro De Mayo	60.00	24	5,184.00
TOTAL			538.00		31,338.00

TANQUE 1º DE MAYO		CAPACIDAD		1,500.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LINEA	ABASTECE A	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1	1	Finisterre	40.00	13	1,872.00
3	1	Finisterre	30.00	13	1,404.00
4	1	Finisterre	15.00	14	756.00
5	1	Finisterre	15.00	13	702.00
TOTAL			100.00		4,734.00

MUNICIPIO / POBLACION	REBOMBEO m <sup>3</sup> /día	SALDO m <sup>3</sup> /día	DEMANDA m <sup>3</sup> /día	SUMINISTRO m <sup>3</sup> /día	ABASTECIMIENTO m <sup>3</sup> /día	ALMACENAMIENTO m <sup>3</sup> /día
ECO 1 MADERO	12,506	140				
FINISTERRE	4,734	726				
SAN PEDRO	20,387	19				
BCO NACIONAL	302	20				
DIV DEL NORTE						
LUCERO	666	71				
TLAHUALILO	4,950	126	42,445	43,546	46,695	3,149

**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACIÓN EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

**CONDICIÓN PARA EL AÑO 2020**

GASTO QUE SE ENTRA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO **422.45 LPS = 36,499.64 m<sup>3</sup>/día**  
 GASTO QUE SE REQUIERE PARA EL SUMINISTRO **547.89 LPS = 47,337.89 m<sup>3</sup>/día**

**POZOS ADICIONALES**

SAN PEDRO 2 Q = 48.00 LPS = 4,147.20 m<sup>3</sup>/día  
 ECO 1 MADERO 1 Q = 30.00 LPS = 2,592.00 m<sup>3</sup>/día  
 EL LA CONCHA 1 Q = 40.00 LPS = 3,456.00 m<sup>3</sup>/día

**CONSUMOS**

MUNICIPIO / POBLACION	HABITANTES	DOTACION L/hab/día	CONSUMO m <sup>3</sup> /día
ECO 1 MADERO	60,973	202.95	14,849.57
FINISTERRE	22,153	156.00	4,147.06
SAN PEDRO	94,451	201.92	22,885.73
BCO NACIONAL	1,145	195.00	267.91
DIV DEL NORTE	150	195.00	35.17
LUCERO	2,806	195.00	656.51
TLAHUALILO	23,115	195.00	5,408.92

TANQUE LUCERO		CAPACIDAD		2,000.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LÍNEA	ABASTECE A	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1o 2	1	Tlahualilo	30.00	22	2,376.00
3	4	Bco Nacional y Div Del Norte	6.00	15	324.00
4	2	Tlahualilo	65.00	13	3,042.00
5	3	Lucero	37.00	5	666.00
TOTAL			138.00		6,408.00

TANQUE CABALLO BLANCO		CAPACIDAD		6,300.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LÍNEA	ABASTECE A	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1	1	Eco 1 Madero	46.00	24	3,974.40
2	1	Eco 1 Madero	40.00	24	3,456.00
3	1	Eco 1 Madero	30.00	24	2,592.00
1	2	San Pedro			SIN EQUIPO
2	2	San Pedro	57.00		RESERVA
3	2	San Pedro			SIN EQUIPO
5o 2	2	San Pedro	55.00	24	4,752.00
6o 2	2	San Pedro	57.00	24	4,924.80
4	3	San Pedro	15.00	24	1,296.00
7o 8	3	San Pedro	87.00	24	7,516.80
8	3	San Pedro	91.00		RESERVA
4	4	Tanque 1ro De Mayo	60.00	24	5,184.00
TOTAL			538.00		33,696.00

TANQUE 1º DE MAYO		CAPACIDAD		1,500.00 m <sup>3</sup>	
EQUIPO	LÍNEA	ABASTECE A	Q lps	BOMBEO horas/día	VOLUMEN m <sup>3</sup> /día
1	1	Finisterre	40.00	14	2,016.00
3	1	Finisterre	30.00	13	1,404.00
4	1	Finisterre	15.00	14	756.00
5	1	Finisterre	15.00	13	702.00
TOTAL			100.00		4,878.00

MUNICIPIO / POBLACION	REBOMBEO m <sup>3</sup> /día	SALDO m <sup>3</sup> /día	DEMANDA m <sup>3</sup> /día	SUMINISTRO m <sup>3</sup> /día	ABASTECIMIENTO m <sup>3</sup> /día	ALMACENAMIENTO m <sup>3</sup> /día
ECO 1 MADERO	12,614	2,235				
FINISTERRE	4,878	731				
SAN PEDRO	22,637	249				
BCO NACIONAL	324	21				
DIV DEL NORTE						
LUCERO	666	9				
TLAHUALILO	5,418	9	48,251	46,537	46,695	1,556

**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

**ACTUAL (DIAGNOSTICO)**

POZO	Q lps	VOLUMEN DE AGUA QUE NO SE ABASTECE	
		m <sup>3</sup> /día	lps
1	33.72	7,066	81.78
2	30.78		
4 bis	27.01	<b>POZOS QUE PUEDEN PARAR</b>	
6	27.73	<b>COMBINACIÓN</b>	<b>VOLUMEN lps</b>
8	18.65		
9	24.27	6, 8, 13	72.86
12	32.00	1, 8, 13	78.85
13	26.48	6, 8, 18	83.83
15	21.32	1, 4 bis, 15	82.05
16	49.25	2, 8, 13	75.91
18	37.45	6, 8, 12	78.38

**ACTUAL (PROYECTO)**

POZO	Q lps	VOLUMEN DE AGUA EXCEDENTE	
		m <sup>3</sup> /día	lps
1	48.00	6,828	79.03
2	40.00		
4 bis	40.00	<b>POZOS QUE PUEDEN PARAR</b>	
6	40.00	<b>COMBINACIÓN</b>	<b>VOLUMEN lps</b>
8	29.00		
9	36.00	2, 9	76.00
12	32.00	8, 16	79.00
13	40.00	1, 8	77.00
15	30.00	2, 18	77.45
16	50.00	4 bis, 18	77.45
18	37.45	13, 18	77.45

**PROYECTO (PARA EL AÑO 2010)**

POZO	Q lps	VOLUMEN DE AGUA EXCEDENTE	
		m <sup>3</sup> /día	lps
1	48.00	3,149	36.45
2	40.00		
4 bis	40.00	<b>POZOS QUE PUEDEN PARAR</b>	
6	40.00	<b>COMBINACIÓN</b>	<b>VOLUMEN lps</b>
8	29.00		
9	36.00	8	29.00
12	32.00	9	36.00
13	40.00	12	32.00
15	30.00	15	30.00
16	50.00		
18	37.45		

**PROYECTO (PARA EL AÑO 2020)**

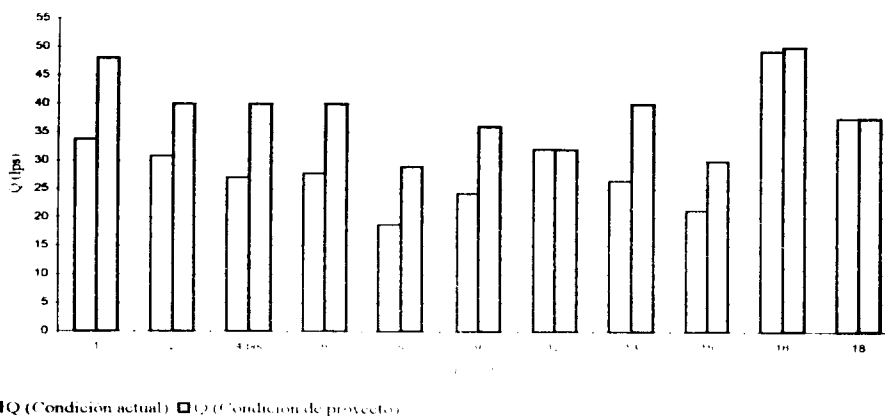
POZO	Q lps	VOLUMEN DE AGUA QUE FALTA POR ABASTECER	
		m <sup>3</sup> /día	lps
1	48.00	1,556	18.01
2	40.00		
4 bis	40.00	<b>CANTIDAD DE POZOS QUE SE REQUIEREN</b>	
6	40.00	1	30.00
8	29.00	1	30.00
9	36.00		
12	32.00		
13	40.00		
15	30.00		
16	50.00		
18	37.45		

**RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**

## CAPÍTULO 6

### RELACIÓN BENEFICIO-COSTO DE LA REHABILITACIÓN PARA EL EJEMPLO PRÁCTICO

A continuación se presentan los resultados correspondientes al diagnóstico de eficiencia electromecánica para los pozos 1, 2, 9 y 18, en los que se establecen las condiciones de operación actual, así como, los parámetros que sirven para comparar los beneficios que aporta la rehabilitación de la infraestructura que integra a la fuente de abastecimiento. Del mismo modo se presentan los catálogos de conceptos para realizar una rehabilitación y para la perforación y equipamiento de un pozo nuevo, finalmente se presenta la tabla que integra el importe de la rehabilitación de cada uno de los pozos y el importe para la integración de un pozo nuevo al sistema.



**Grafica de comparación del gasto extraído en litros por segundo (lps)**



**Grafica de comparación del costo por metro cúbico extraído**

**DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE**

POZO # \_\_\_\_\_ ECONÓMICO : 1  
 EMPRESA **SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA - DURANGO.**  
 MPIO. **GÓMEZ PALACIO, DGO**  
 LOCALIZACIÓN : **ESTACIÓN VIÑEDO**

**EQUIPO DE BOMBEO INSTALADO**

**BOMBA**  
 COLUMNA 8 " TAZÓN: NO. 12  
 CUBIERTA 2 1/2 " MARCA: S/M MODELO S/M  
 FLECHA 1 1/2 " No DE PASOS: 8  
 LONGITUD 480 " TIPO SEMIABIERTO

**CABEZAL DE DESCARGA**  
 SUCCIÓN 8 " BASE 16 1/2 "  
 DESCARGA 8 " MARCA: OCEICO

**TUBO DE DESCARGA**  
 DIÁMETRO 8.00 " COJOS 1  
 LONGITUD 0.00 MTS VÁLVULAS 1  
 PROYECCIÓN VERTICAL 0.00 MTS MATERIAL: FIERRO

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**  
 TRANSFORMADOR 225 KVA  
 ALTA TENSIÓN 13,200 V BAJA TENSIÓN 440 V.

**ARRANCADOR**  
 TIPO AUTOMÁTICO CAPACIDAD 200 H.P. I.S.: 400 AMP

**MOTOR**  
 MARCA IEM No 2714BA  
 TIPO VERTICAL Kh 4.8  
 CAPACIDAD 200 HP MULTIPlicADOR 120  
 RPM 1777 REVOLUCIONES 2  
 AMP 248 TIEMPO 37.88 SEG.

**OBSERVACIONES**

PROFUNDIDAD ORIGINAL DEL POZO 902 ' 274.21 MTS.  
 DIÁMETRO DEL ADEME 14 " 0.3556 MTS.

**PRUEBA DE BOMBEO**

NIVEL DINÁMICO 125.900 MTS 412.95 ' A.DINS. 1.347  
 NIVEL ESTÁTICO 117.50 MTS 385.40 '  
 ABATIMIENTO 8.40 MTS. 27.55 '  
**GASTO A DESC. LIBRE: 40.16 L.P.S. 636.50 G.P.M**  
**GASTO EN LA RED : 33.72 L.P.S. 534.43 G.P.M**  
 TIRANTE 36.00 CMS ÁREA DEL TUBO OCUPADA 8577%

GASTO ESPECÍFICO 4.78 LPS/M

**PARÁMETROS ELÉCTRICOS**

AMPERAJE A PLENA CARGA INT 1 165  
 INT 2 155 164.00 AMPS  
 INT 3 172

VOLTAJE VOL. 1 436  
 VOL. 2 442 439.33 VOLTS  
 VOL. 3 440

FACTOR DE POTENCIA F.P. 1 79  
 F.P. 2 84 82.67 %  
 F.P. 3 85

DEMANDA	103.16 Kw	MEDIDOR:	109.48 Kw
CONSUMO MENSUAL	74,278 Kw - Horas		
<b>POTENCIA</b>	<b>138.29 B.H.P.</b>		
<b>CARGA TOTAL DINÁMICA</b>	<b>148.23 MTS.</b>		
<b>FACTORES DE FRICCIÓN EN:</b>			
COLUMNA	1.3	PÉRDIDA EN COLUMNA	1.90 M
DESCARGA	0	PÉRDIDA EN DESCARGA	0 M
		PÉRDIDA EN ACCESORIOS	0.00 M
MANÓMETRO	29 LBS/PLG2	PÉRDIDA POR PRESIÓN	20.42 M
		PROYECCION VERTICAL	0.00 M
<b>EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA :</b>	<b>47.55 %</b>		
<b>EFICIENCIA DE LA BOMBA %</b>	<b>52.84 %</b>		

**OBSERVACIONES**

EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA REGULAR  
 EL GASTO SE MIDIO CON MAMPARA DE 8" A 6" , CON ALTURA PIEZOMÉTRICA DE 30 CMS  
 GASTO MEDIDOR VOLUMÉTRICO NO FUNCIONA  
 GASTO MEDIDO CON MAMPARA A DESCARGA LIBRE 39.42 L.P.S (41 CMS PIEZOM.)

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN**

<b>PARA UN GASTO DE :</b>	<b>48.00 L.P.S.</b>	<b>760.80 G.P.M.</b>
COLUMNA	<b>480 ' DE 8" X 2 1/2" X 1 1/2"</b>	
DESCARGA	0.00 MTS	
PROYECCIÓN VERTICAL	0.00 MTS.	
PRESIÓN	40.00 LBS/PLG 2	
EFIC DEL TAZÓN	78.0 %	
EFIC DEL SISTEMA	67.54 %	

**CARGA TOTAL DINÁMICA: 171.68 MTS. 563.12 PIES.**

**NIVEL DINÁMICO : 140.00 MTS. 459.2 PIES**

PÉRDIDAS		<b>FACTORES DE FRICCIÓN</b>
EN COLUMNA	3.51 MTS.	COLUMNA: 2.40
EN DESCARGA	0.00 MTS.	DESCARGA: 0.00
EN ACCESORIOS:	0.00 MTS.	FLECHA : 1.14
POR PRESIÓN	28.17 MTS.	K: 9.2
PROYECCION VERT:	0.00 MTS.	A: 1.77
		W: 6.01

H.P. DEL TAZÓN 139.01 H.P.  
 H.P. DE LA FLECHA : 5.47 H.P.

**H.P. DEL SISTEMA : 160.54 H.P.**

DEMANDA 119.76 Kw

**CONSUMO MENSUAL: 86,230 Kw - Horas**

CAPACIDAD REQUERIDA EN LA SUBESTACIÓN **144.87 K.V.A.**  
 CAPACIDAD ÓPTIMA DEL MOTOR ELÉCTRICO **200 H.P.**  
 CAPACIDAD ÓPTIMA DEL TRANSFORMADOR **225 K.V.A.**  
 CARGA AXIAL **4,464 LBS.**  
 ESTIRAMIENTO DE LA FLECHA **0.58 "**

**ANÁLISIS MENSUAL DE CONSUMO Y COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

TARIFA ELÉCTRICA	O-M	C.F.E.	PERIODO:	NOV.	DE 1999 (720 HRS.)
<b>SITUACION ACTUAL:</b>					
TIEMPO QUE TARDA EN EXTRAER 1 M <sup>3</sup> :				29.66 SEGS.	
VOLUMEN DE EXTRACCIÓN MENSUAL:				87,397 M <sup>3</sup>	
COSTO POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO:				\$0.4221	
				PRECIO	COSTO
DEMANDA:	103.16 KW			\$55.623	\$5,738.30
CONSUMO:	74,278 KW - H			\$0.41939	\$31,151.55
				<b>TOTAL</b>	<b><u>\$36,889.85</u></b>

**PROYECTO:**

TIEMPO QUE TARDA EN EXTRAER 1 M <sup>3</sup> :				20.83 SEGS.	
VOLUMEN DE EXTRACCIÓN MENSUAL:				124,416 M <sup>3</sup>	
COSTO POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO:				\$0.3442	
DEMANDARA:	119.76 KW			\$55.623	\$6,661.59
CONSUMIRA:	86,230 KW - H			\$0.41939	\$36,163.81
				<b>TOTAL</b>	<b><u>\$42,825.40</u></b>

AHORRO MENSUAL EN FACTURACIÓN C.F.E.:	(\$5,935.55)
AHORRO PORCENTUAL POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO:	18.45 %
INCREMENTO EN EL GASTO HIDRÁULICO:	14.28 L.P.S.

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

NOTA: ESTE PROYECTO SOLAMENTE SE JUSTIFICA ANTE LA NECESIDAD DE INCREMENTAR LA EXTRACCIÓN DE AGUA

EL GASTO SE OBTUVO CON MAMPARA Y ORIFICIO CALIBRADO.

PROFUNDIDAD DE PERFORACION REPORTADA:	275.00 MTS	PIES:	902.00
PROFUNDIDAD LIBRE ACTUAL:	226.52 MTS	PIES:	743

AZOL.VIE: 159'

**BASE DE CÁLCULO DEL PROYECTO:**

C.T.D	171.68 MTS.	563.12'
GASTO	48.00 L.P.S.	760.8 G.P.M.

CUERPO DE IMPULSORES MARCA INDUSTRIAL TORREÓN S.A., ESMALTADO, TIPO CERRADO, MODELO 10-C1 DE 12 PASOS, RECORTADO DE LA CURVA NO 1 PARA 49.3' POR PASO

NOTA: ESTE PROYECTO QUEDA CONDICIONADO A LOS RESULTADOS DE LAS LABORES DE SANEAMIENTO QUE SE REALICEN EN EL POZO, DESCRITAS EN EL DICTAMEN TÉCNICO DEL VIDEODIAGNOSTICO



DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ELECTROMECANICA EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE

POZO # ECONOMICO: 2  
 EMPRESA: SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA - DURANGO.  
 MPIO. GÓMEZ PALACIO, DGO  
 LOCALIZACIÓN: EJIDO AQUILES SERDAN

EQUIPO DE BOMBEO INSTALADO

**BOMBA**  
 COLUMNA 8 " TAZÓN: NO.  
 CUBIERTA 2 1/2 " MARCA: MODELO  
 FLECHA 1 1/2 " No DE PASOS:  
 LONGITUD 450 ' TIPO:

**CABEZAL DE DESCARGA**  
 SUCCIÓN 8 " BASE 16 1/2 "  
 DESCARGA 8 " MARCA: OCELCO

**TUBO DE DESCARGA**  
 DIÁMETRO 8.00 " CODOS 1  
 LONGITUD 0.00 MTS VÁLVULAS 1  
 PROYECCIÓN VERTICAL 0.00 MTS MATERIAL FIERRO

**SUBESTACION ELÉCTRICA**  
 TRANSFORMADOR 150 KVA  
 ALTA TENSIÓN 13,200 V BAJA TENSIÓN 440 V.

**ARRANCADOR**  
 TIPO AUTOMÁTICO CAPACIDAD 200 H.P. I.S.:400 AMP  
**MOTOR**  
 MARCA I.E.M No 2714BA  
 TIPO VERTICAL Kh 1.8  
 CAPACIDAD 150 HP MULTIPLICADOR 80  
 RPM 1782 REVOLUCIONES 5  
 AMP. 191 TIEMPO 31 SEG.

OBSERVACIONES

PROFUNDIDAD ORIGINAL DEL POZO 0.00 MTS.  
 DIÁMETRO DEL ADEME 14 " 0.3556 MTS.

PRUEBA DE BOMBEO

NIVEL DINÁMICO 128.750 MTS. 422.30 ' A.DINS. 1  
 NIVEL ESTÁTICO 119.00 MTS. 390.32 '  
 ABATIMIENTO 9.75 MTS. 31.98 '  
 GASTO A DESC. LIBRE: 34.30 L.P.S. 543.59 G.P.M  
 GASTO EN LA RED : 30.78 L.P.S. 487.83 G.P.M.  
 TIRANTE: 26.37 CMS ÁREA DEL TUBO OCUPADA 10000%

GASTO ESPECÍFICO 3.52 LPS/M

PARÁMETROS ELÉCTRICOS

AMPERAJE A PLENA CARGA INT. 1 123  
 INT. 2 130 127.67 AMPS  
 INT. 3 130

VOLTAJE VOL.1 438  
 VOL.2 438 436.67 VOLTS  
 VOL.3 434

FACTOR DE POTENCIA F.P. 1 81  
 F.P. 2 83 81.33 %  
 F.P. 3 80

DEMANDA	78.53 Kw	MEDIDOR:	83.61 Kw
CONSUMO MENSUAL	56,544 Kw - Horas		
<b>POTENCIA</b>	<b>105.27 B.H.P.</b>		
<b>CARGA TOTAL DINÁMICA</b>	<b>147.56 MTS.</b>		
<b>FACTORES DE FRICCIÓN EN:</b>			
COLUMNA	2.42	PÉRDIDA EN COLUMNA	3.32 M
DESCARGA	0	PÉRDIDA EN DESCARGA	0 M
MANÓMETRO	22 LBS/PLG2	PÉRDIDA EN ACCESORIOS	0.00 M
		PÉRDIDA POR PRESION	15.49 M
		PROYECCION VERTICAL	0.00 M
<b>EFICIENCIA ELECTROMECAÁNICA :</b>	<b>56.77</b>	<b>%</b>	
<b>EFICIENCIA DE LA BOMBA %</b>	<b>63.07</b>	<b>%</b>	

**OBSERVACIONES**

EFICIENCIA ELECTROMECAÁNICA ACEPTABLE  
 EL GASTO SE MIDIO CON MAMPARA DE 8" A 6", CON ALTURA PIEZOMETRICA DE 25 CMS  
 GASTO MEDIDOR VOLUMETRICO: 30 L.P.S.  
 INTERMITENCIA Y AIRE EN EL CAUDAL.

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN**

<b>PARA UN GASTO DE :</b>	<b>40.00 L.P.S.</b>	<b>634.00 G.P.M.</b>
COLUMNA	480 ' DE 8" X 2 1/2" X 1 1/2"	
DESCARGA	0.00 MTS.	
PROYECCION VERTICAL	0.00 MTS.	
PRESION	40.00 LBS/PLG.2	
EFIC DEL TAZÓN	79.0 %	
EFIC DEL SISTEMA	67.84 %	
<b>CARGA TOTAL DINÁMICA:</b>	<b>170.97 MTS.</b>	<b>560.77 PIES.</b>
<b>NIVEL DINÁMICO :</b>	<b>137.00 MTS.</b>	<b>449.36 PIES</b>
PÉRDIDAS		<b>FACTORES DE FRICCIÓN</b>
EN COLUMNA	5.80 MTS.	COLUMNA: 3.96
EN DESCARGA	0.00 MTS.	DESCARGA: 0.00
EN ACCESORIOS	0.00 MTS.	FLECHA : 1.14
POR PRESIÓN	28.17 MTS.	K: 7.5
PROYECCION VERT.	0.00 MTS.	A: 1.77
		W: 6.01
H.P. DEL TAZÓN	113.90 H.P.	
H.P. DE LA FLECHA	5.47 H.P.	
<b>H.P. DEL SISTEMA :</b>	<b>132.64 H.P.</b>	
DEMANDA	98.95 Kw	
<b>CONSUMO MENSUAL:</b>	<b>71,242 Kw - Horas</b>	
CAPACIDAD REQUERIDA EN LA SUBESTACIÓN :		<b>121.66 K.V.A.</b>
CAPACIDAD ÓPTIMA DEL MOTOR ELÉCTRICO :		<b>150 H.P.</b>
CAPACIDAD ÓPTIMA DEL TRANSFORMADOR :		<b>150 K.V.A.</b>
CARGA AXIAL		<b>4,167 LBS.</b>
ESTIRAMIENTO DE LA FLECHA		<b>0.47 "</b>

**ANÁLISIS MENSUAL DE CONSUMO Y COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

TARIFA ELÉCTRICA	O-M	C.F.E.	PERIODO:	NOV.	DE 1999 (720 HRS.)
<b>SITUACION ACTUAL:</b>					
TIEMPO QUE TARDA EN EXTRAER 1 M <sup>3</sup> :				32.49 SEGS.	
VOLUMEN DE EXTRACCIÓN MENSUAL :				79,777 M <sup>3</sup>	
COSTO POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO :				\$0.3520	
				PRECIO	COSTO
DEMANDA :	78.53 KW		\$55.623		\$4,368.29
CONSUMO :	56,544 KW - H		\$0.41939		\$23,714.14
				<b>TOTAL</b>	<b>\$28,082.42</b>
<b>PROYECTO :</b>					
TIEMPO QUE TARDA EN EXTRAER 1 M <sup>3</sup> :				25.00 SEGS.	
VOLUMEN DE EXTRACCIÓN MENSUAL :				103,680 M <sup>3</sup>	
COSTO POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO :				\$0.3413	
DEMANDA :	98.95 KW		\$55.623		\$5,503.74
CONSUMO :	71,242 KW - H		\$0.41939		\$29,878.18
				<b>TOTAL</b>	<b>\$35,381.92</b>
AHORRO MENSUAL EN FACTURACIÓN C.F.E. :			(\$7,299.49)		
AHORRO PORCENTUAL POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO :			3.05 %		
INCREMENTO EN EL GASTO HIDRÁULICO :			9.22 L.P.S.		

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES :**

ESTE PROYECTO SOLAMENTE SE JUSTIFICA ANTE LA NECESIDAD DE EXTRAER MAS AGUA PRESENTA INTERMITENCIA Y AIRE A PESAR DE TENER BUENA SUMERGENCIA (NO ES CHORRERA)

EL GASTO SE OBTUVO CON MAMPARA Y ORIFICIO CALIBRAIDO  
NO SE PUDO REALIZAR LA MEDICION DEL GASTO CON ESCUADRA DE AFORO.

PROFUNDIDAD DE PERFORACION REPORTADA.	0.00 MTS	PIES:	0.00
PROFUNDIDAD LIBRE ACTUAL.	0.00 MTS	PIES:	0

(NO SE OBTUVO INFORMACION AL RESPECTO)

**BASE DE CALCULO DEL PROYECTO:**

C.T.D:	170.97 MTS	560.77 '
GASTO	40.00 L.P.S.	634 G.P.M.

CUERPO DE IMPULSORES MARCA. INDUSTRIAL TORREÓN S.A., ESMALTADO. TIPO CERRADO, MODELO 9-C1 DE 15 PASOS, CURVA 1, DIÁMETRO MAXIMO. (6 5/8")

NOTA: NO SE REALIZÓ ESTUDIO DE VIDEOGRABACIÓN.

**DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE**

POZO # ECONOMICO : 9  
 EMPRESA : **SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA - DURANGO.**  
 MPIO. TORREÓN, COAH  
 LOCALIZACIÓN : EJIDO ANA

**EQUIPO DE BOMBEO INSTALADO**

**BOMBA**  
 COLUMNA 8 "  
 CUBIERTA 2 1/2 "  
 FLECHA 1 1/2 "  
 LONGITUD 450 '  
**TAZÓN:** NO. 12  
**MARCA:** OCELCO **MODELO**  
**No. DE PASOS:** 14  
**TIPO:** CERRAIDO

**CABEZAL DE DESCARGA**

SUCCIÓN 8 "  
 DESCARGA 8 "  
**BASE:** 16 1/2 "  
**MARCA:** OCELCO

**TUBO DE DESCARGA**

DIÁMETRO 8.00 "  
 LONGITUD 0.00 MTS.  
 PROYECCIÓN VERTICAL 0.00 MTS.  
**CODOS** 1  
**VÁLVULAS** 1  
**MATERIAL:** FIERRO

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

TRANSFORMADOR 225 KVA  
 ALTA TENSIÓN 13,200 V. **BAJA TENSIÓN** 440 V.  
**ARRANCADOR**  
**TIPO** AUTOMÁTICO **CAPACIDAD** 200 H.P. **IS.:400 AMP**  
**MOTOR**  
**MARCA** I.E.M. **MEDIDOR C.F.E.** 6815BE  
**TIPO** VERTICAL **Kh** 3.6  
**CAPACIDAD** 200 HP **MULTIPLICADOR** 120  
**RPM** 1782 **REVOLUCIONES** 2  
**AMP.** 235 **TIEMPO** 30.84 SEG.

**OBSERVACIONES**

PROFUNDIDAD ORIGINAL DEL POZO 902 '  
 DIÁMETRO DEL ADEME 14 " 274.21 MTS.  
 0.3556 MTS.

**PRUEBA DE BOMBEO**

NIVEL DINÁMICO 137.200 MTS. 450.02 ' **A.DINS.** 0  
 NIVEL ESTÁTICO 123.00 MTS. 403.44 '  
 ABATIMIENTO 14.20 MTS. 46.58 '  
**GASTO A DESC. LIBRE:** 24.27 L.P.S. 384.65 G.P.M  
**GASTO EN LA RED :** 24.27 L.P.S. 384.65 G.P.M.  
**TIRANTE:** 18.66 CMS **ÁREA DEL TUBO OCUPADA** 10000%

**GASTO ESPECÍFICO** 1.71 LPS/M

**PARÁMETROS ELÉCTRICOS**

**AMPERAJE A PLENA CARGA**  
 INT. 1 165  
 INT. 2 156 **160.00 AMPS**  
 INT. 3 159  
**VOLTAJE**  
 VOL.1 455  
 VOL.2 457 **456.67 VOLTS**  
 VOL.3 458  
**FACTOR DE POTENCIA**  
 F.P. 1 76  
 F.P. 2 74 **76.33 %**  
 F.P. 3 79

DEMANDA	96.60 Kw	MEDIDOR:	100.86 Kw
CONSUMO MENSUAL	69,555 Kw - Horas		
POTENCIA	129.50 B.H.P.		
CARGA TOTAL DINÁMICA	166.33 MTS.		
<b>FACTORES DE FRICCIÓN EN:</b>			
COLUMNA	0.7	PÉRDIDA EN COLUMNA	0.96 M
DESCARGA	0	PÉRDIDA EN DESCARGA	0 M
		PÉRDIDA EN ACCESORIOS	0.00 M
MANÓMETRO	40 LBS/PLG2	PÉRDIDA POR PRESION	28.17 M
		PROYECCION VERTICAL	0.00 M
EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA :	41.02	%	
EFICIENCIA DE LA BOMBA %	45.57	%	

**OBSERVACIONES**

EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA BAJA.  
 EL GASTO SE MIDIO CON MAMPARA DE 8" A 4" , CON ALTURA PIEZOMÉTRICA DE 110 CMS PROM.  
 GASTO MEDIDOR VOLUMÉTRICO NO FUNCIONA  
 INTERMITENCIA Y AIRE EN EL CAUDAL.

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN**

PARA UN GASTO DE :	36.00 L.P.S.	570.60 G.P.M.
COLUMNA	500 ' DE 8" X 2 1/2" X 1 1/2"	
DESCARGA	0.00 MTS	
PROYECCION VERTICAL	0.00 MTS	
PRESION	40.00 LBS/PLG2	
EFIC DEL TAZÓN	79.0 %	
EFIC DEL SISTEMA	67.43 %	
CARGA TOTAL DINÁMICA:	174.55 MTS.	572.54 PIES.
NIVEL DINÁMICO :	143.00 MTS.	469.04 PIES
PÉRDIDAS		FACTORES DE FRICCIÓN
EN COLUMNA	3.38 MTS.	COLUMNA: 2.22
EN DESCARGA	0.00 MTS.	DESCARGA: 0.00
EN ACCSESORIOS	0.00 MTS.	FLECHA : 1.14
POR PRESION	28.17 MTS.	K: 7.5
PROYECCION VERT	0.00 MTS.	A: 1.77
		W: 6.01
HP DEL TAZÓN	104.66 H.P.	
HP DE LA FLECHA :	5.70 H.P.	
H.P. DEL SISTEMA :	122.63 H.P.	
DEMANDA	91.48 Kw	
CONSUMO MENSUAL:	65,865 Kw - Horas	
CAPACIDAD REQUERIDA EN LA SUBESTACION		119.84 K.V.A.
CAPACIDAD ÓPTIMA DEL MOTOR ELÉCTRICO :		150 H.P.
CAPACIDAD ÓPTIMA DEL TRANSFORMADOR		150 K.V.A.
CARGA AXIAL		4,314 LBS.
ESTIRAMIENTO DE LA FLECHA :		0.50 "

**ANÁLISIS MENSUAL DE CONSUMO Y COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

TARIFA ELÉCTRICA	O-M	C.F.E.	PERIODO:	NOV.	DE 1999 (720 HRS.)
<b>SITUACION ACTUAL:</b>					
TIEMPO QUE TARDA EN EXTRAER 1 M <sup>3</sup> :				41.21 SEGS.	
VOLUMEN DE EXTRACCIÓN MENSUAL:				62,904 M <sup>3</sup>	
COSTO POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO:				\$0.5492	
				PRECIO	COSTO
DEMANDA:	96.60 KW			\$55.623	\$5,373.39
CONSUMO:	69,555 KW - H			\$0.41939	\$29,170.56
				<b>TOTAL</b>	<b>\$34,543.95</b>

**PROYECTO:**

TIEMPO QUE TARDA EN EXTRAER 1 M <sup>3</sup> :				27.78 SEGS.	
VOLUMEN DE EXTRACCIÓN MENSUAL:				93,312 M <sup>3</sup>	
COSTO POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO:				\$0.3506	
DEMANDARA	91.48 KW			\$55.623	\$5,088.32
CONSUMIRA	65,865 KW - H			\$0.41939	\$27,623.01
				<b>TOTAL</b>	<b>\$32,711.33</b>

AHORRO MENSUAL EN FACTURACIÓN C.F.E.:	\$1,832.62
AHORRO PORCENTUAL POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO:	36.16 %
INCREMENTO EN EL GASTO HIDRAULICO:	11.73 L.P.S.

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

EL GASTO SE OBTUVO CON MAMPARA Y ORIFICIO CALIBRADO.  
NO SE PUDO REALIZAR LA MEDICION DEL GASTO CON ESCUADRA DE AFORO.

PROFUNDIDAD DE PERFORACION REPORTADA	274.21 MTS	PIES:	899.40
PROFUNDIDAD LIBRE ACTUAL	255.49 MTS	PIES:	838

**BASE DE CALCULO DEL PROYECTO:**

C.T.D.	174.55 MTS	572.54'
GASTO	36.00 L.P.S.	570.6 G.P.M.

CUERPO DE IMPULSORES MARCA INDUSTRIAL TORREÓN S.A. ESMALTADO, TIPO SEMIABIERTO, MODELO EM-301-A1 DE 16 PASOS, CURVA L. DIAMETRO MAXIMO (6.5/8")

**NOTA:** ESTE PROYECTO QUEDA CONDICIONADO A LOS RESULTADOS DE LAS LABORES DE SANEAMIENTO QUE SE REALICEN EN EL POZO, DESCRITAS EN EL DICTAMEN TÉCNICO DEL VIDEODIAGNÓSTICO.

DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA EN SISTEMAS DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE

POZO # ECONOMICO 18  
 EMPRESA : SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA - DURANGO.  
 MPIO. TORREÓN, COAH  
 LOCALIZACIÓN : EJIDO PASO DEL AGUILA

EQUIPO DE BOMBEO INSTALADO

**BOMBA**  
 COLUMNA 8 "  
 CUBIERTA 2 1/2 "  
 FLECHA 1 1/2 "  
 LONGITUD 510 "

TAZÓN: NO. 12  
 MARCA: S/M MODELO S/M  
 No. DE PASOS: 8  
 TIPO: CERRADO

CABEZAL DE DESCARGA

SUCCIÓN 8 "  
 DESCARGA 8 " BASE 16 1/2 "  
 MARCA: OCELCO

TUBO DE DESCARGA

DIÁMETRO 8.00 "  
 LONGITUD 0.00 MTS  
 PROYECCIÓN VERTICAL 0.00 MTS

COJOS 1  
 VALVULAS 1  
 MATERIAL: FIERRO

SUBSTACIÓN ELÉCTRICA

TRANSFORMADOR 150 KVA  
 ALTA TENSIÓN 13,200 V BAJA TENSIÓN 440 V.

TIPO AUTOMÁTICO  
**MOTOR**  
 MARCA IEM  
 TIPO VERTICAL  
 CAPACIDAD 200 HP  
 RPM 1760  
 AMP. 234

ARRANCADOR CAPACIDAD 150 H.P. I.S.:400 AMP  
 MEDIDOR C.F.E. No. E41C48  
 kWh 3.6  
 MULTIPLICADOR 80  
 REVOLUCIONES 5  
 TIEMPO 46.78 SEG.

OBSERVACIONES

PROFUNDIDAD ORIGINAL DEL POZO 902 '  
 DIÁMETRO DEL ADEME 14 " 274.21 MTS.  
 0.3556 MTS.

PRUEBA DE BOMBEO

NIVEL DINÁMICO 150.750 MTS 494.46 ' A.DINS. 0  
 NIVEL ESTÁTICO 109.45 MTS 359.00 '  
 ABATIMIENTO 41.30 MTS 135.46 '  
 GASTO A DESC. LIBRE: 37.45 L.P.S. 593.57 G.P.M  
 GASTO EN LA RED : 37.45 L.P.S. 593.57 G.P.M  
 TIRANTE: 28.80 CMS ÁREA DEL TUBO OCUPADA 10000%

GASTO ESPECIFICO 0.91 LPS/M

PARÁMETROS ELÉCTRICOS

AMPERAJE A PLENA CARGA INT. 1 171  
 INT. 2 193 185.33 AMPS  
 INT. 3 192

VOLTAJE VOL. 1 452  
 VOL. 2 450 449.33 VOLTS  
 VOL. 3 446

FACTOR DE POTENCIA F.P. 1 79  
 F.P. 2 82 78.33 %  
 F.P. 3 74

**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACIÓN EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

DEMANDA	112.99 Kw	MEDIDOR:	110.82 Kw
CONSUMO MENSUAL	81,351 Kw - Horas		
POTENCIA	151.46 B.H.P.		
CARGA TOTAL DINÁMICA	177.01 MTS.		

**FACTORES DE FRICCIÓN EN:**

COLUMNA	3.3	PÉRDIDA EN COLUMNA	5.13 M
DESCARGA	0	PÉRDIDA EN DESCARGA	0 M
		PÉRDIDA EN ACCESORIOS	0.00 M
MANOMETRO	30 LBS/PLG2	PÉRDIDA POR PRESION	21.13 M
		PROYECCION VERTICAL	0.00 M
EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA :	57.59	%	
EFICIENCIA DE LA BOMBA %	63.99	%	

**OBSERVACIONES**

EFICIENCIA ELECTROMECANICA ACEPTABLE.  
 EL GASTO SE MIDIO CON MAMPARA DE 8" A 6" . CON ALTURA PIEZOMÉTRICA DE 37 CMS  
 GASTO MEDIDOR VOLUMETRICO = 34 L.P.S.  
 INTERMITENCIA Y AIRE EN EL CAUDAL.

**ANÁLISIS MENSUAL DE CONSUMO Y COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

TARIFA ELECTRICA            O-M            C.F.E            PERIODO:    NOV.            DE 1999 (720 HRS.)

**SITUACION ACTUAL:**

TIEMPO QUE TARDA EN EXTRAER 1 M <sup>3</sup> :		26.70 SEGS.	
VOLUMEN DE EXTRACCION MENSUAL :		97,069 M <sup>3</sup>	
COSTO POR M <sup>3</sup> EXTRAÍDO		\$0.4162	
		PRECIO	COSTO
DEMANDA	112.99 KW	\$55.623	\$6,284.69
CONSUMO	81.351 KW - H	\$0.41939	\$34,117.72
		<b>TOTAL</b>	<b>\$40,402.41</b>

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES :**

. EL GASTO SE OBTUVO CON MAMPARA Y ORIFICIO CALIBRADO.  
 . NO SE PUDO REALIZAR LA MEDICIÓN DEL GASTO CON ESCUADRA DE AFORO.

. PROFUNDIDAD DE PERFORACIÓN REPORTADA.	274.21 MTS	PIES:	899.40
. PROFUNDIDAD LIBRE ACTUAL.	231.40 MTS	PIES:	759



POZO	CONDICIONES ACTUALES									
	TRANSFORMADOR KVA	COLUMNA PULGADAS	NIVEL METROS		Q lps	VOLUMEN m <sup>3</sup> /mes	POTENCIA HP	CONSUMO kw-h/mes	COSTO m <sup>3</sup> extraido	EFICIENCIA DEL SISTEMA %
			DINAMICO	ESTATICO						
1	225	8	25.47	27.41	33.72	17.417	38.21	2.422	47.55	
2	225	8	25.75	27.69	33.94	17.559	38.27	2.424	46.77	
4 bis	150	8	27.77	29.71	37.11	19.22	42.24	2.733	51.11	
6	225	8	27.11	29.05	36.39	18.751	41.83	2.735	49.77	
8	225	8	28.51	30.45	38.02	19.509	43.11	2.813	48.45	
9	225	8	27.21	29.15	37.11	19.21	42.24	2.733	49.22	
12	225	8	28.11	30.05	37.51	19.331	42.51	2.751	49.22	
13	225	8	27.81	29.75	37.21	19.27	42.32	2.737	49.26	
15	225	8	27.41	29.35	36.91	19.17	42.17	2.731	49.57	
16	225	8	27.51	29.45	37.01	19.21	42.21	2.731	49.61	
18	225	8	27.61	29.55	37.11	19.21	42.21	2.731	49.62	

POZO	CONDICIONES DE PROYECTO									
	TRANSFORMADOR KVA	COLUMNA	NIVEL METROS		Q lps	VOLUMEN m <sup>3</sup> /mes	POTENCIA HP	CONSUMO kw-h/mes	COSTO m <sup>3</sup> extraido	EFICIENCIA DEL SISTEMA %
			DINAMICO	ESTATICO						
1	225.00	8 X 2.12 X 2.12	25.47	27.41	33.72	17.417	38.21	2.422	47.54	
2	225.00	8 X 2.12 X 2.12	25.75	27.69	33.94	17.559	38.27	2.424	46.84	
4 bis	150.00	8 X 2.12 X 2.12	27.77	29.71	37.11	19.22	42.24	2.733	49.83	
6	225.00	8 X 2.12 X 2.12	27.11	29.05	36.39	18.751	41.83	2.735	48.72	
8	225.00	8 X 2.12 X 2.12	28.51	30.45	38.02	19.509	43.11	2.813	48.64	
9	225.00	8 X 2.12 X 2.12	27.21	29.15	37.11	19.21	42.24	2.733	49.43	
12	225.00	8 X 2.12 X 2.12	28.11	30.05	37.51	19.331	42.51	2.751	49.25	
13	225.00	8 X 2.12 X 2.12	27.81	29.75	37.21	19.27	42.32	2.737	49.85	
15	225.00	8 X 2.12 X 2.12	27.41	29.35	36.91	19.17	42.17	2.731	49.55	
16	225.00	8 X 2.12 X 2.12	27.51	29.45	37.01	19.21	42.21	2.731	49.72	
18	225.00	8 X 2.12 X 2.12	27.61	29.55	37.11	19.21	42.21	2.731	49.98	
19	225.00	8 X 2.12 X 2.12	27.71	29.65	37.21	19.21	42.21	2.731	49.62	

POZO	ABASTECIMIENTO m <sup>3</sup> extraido %	OBSERVACIONES
1	47.54	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
2	46.84	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
4 bis	49.83	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
6	48.72	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
8	48.64	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
9	49.43	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
12	49.25	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
13	49.85	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
15	49.55	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
16	49.72	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
18	49.98	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
19	49.62	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
1	47.54	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
2	46.84	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
4 bis	49.83	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
6	48.72	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
8	48.64	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
9	49.43	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
12	49.25	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
13	49.85	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
15	49.55	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA. SE REALIZAN EN EL POZO DESRITAS EN EL TRANSFORMADOR Y EN LA COLUMNA.
16	49.72	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
18	49.98	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.
19	49.62	SE RECOMIENDA LA REHABILITACION DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA.

**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

NÚMERO EN ORDEN PROGRESIVO	CONCEPTOS DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE EN PESOS
<i>POZO No. 1</i>					
1	DESINSTALACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO HASTA 55 TRAMOS DE 8"	1	LOTE	3,000.00	3,000.00
2	VIDEO GRABACION Y DIAGNOSTICO DE LA ESTRUCTURA DEL POZO HASTA SU PROFUNDIDAD TOTAL	1	REGISTRO	1,950.00	1,950.00
3	DESINSTALACION MECANICA DE LA TUBERIA DE ADEME DE POZO A BASE DE CEPILLADO	20	HORA	178.65	3,573.00
4	DESARROLLE DE POZO POR MEDIO DE TUBIARIA MECANICA	24	HORA	166.73	4,001.52
5	ALFARO DE 24 HRS. PARA DETERMINAR EL GASTO DE UN POZO CON BOMBA DE 6" O 8" HORAS SI SON CIENTES	1	LOTE	14,137.46	14,137.46
6	INSTALACION DEL EQUIPO DE BOMBEO HASTA 55 TRAMOS DE 8"	58	HORA	150.00	8,700.00
7	SUMINISTRO E INSTALACION DE CUERPOS DE TAJONES PARA UN Q. 48 LPS Y UNA C.T.D. 1712 M (MARCA L. S.A. MODELO 10 CT DE 12 PASOS O SIMILAR)	1	LOTE	3,000.00	3,000.00
8	SUMINISTRO E INSTALACION DE CUBIERTAS DE BROSSET (29) 2 1/2"	29	PZA	175.00	5,075.00
9	SUMINISTRO E INSTALACION DE TRAMO L. AJUSTE	1	PZA	1,750.00	1,750.00
10	SUMINISTRO DE ACEITE NACIONAL	30	LI	10.64	319.20
11	LOTE MISCELANEO GRUBAS DE HULE Y JUGO DE EMPAQUE DE HULE Y GRAFTADOS)	1	LOTE	790.00	790.00
12	MANTENIMIENTO A TRANSFORMADOR	1	LOTE	5,500.00	5,500.00
13	MANTENIMIENTO GENERAL DE APARATOS	1	LOTE	1,900.00	1,900.00
14	MANTENIMIENTO GENERAL DEL MOTOR ELECTRICO	1	LOTE	7,000.00	7,000.00
15	EMBOBINAMIENTO GENERAL DEL MOTOR ELECTRICO DE 200 HP	1	LOTE	4,500.00	4,500.00
16	MANTENIMIENTO GENERAL DE SUBSTACION ELECTRICA CON RELACION DE TRANSF. DE 13,000/220/440 VOLTS	1	LOTE	5,500.00	5,500.00
18	PLETE PARA TRASE Y LLEVAR EQUIPO ELECTRICO	20	KM	2.75	55.00
19	MANTENIMIENTO GENERAL DEL CABLE DE DESCARGA	1	LOTE	2,000.00	2,000.00
20	MANTENIMIENTO GENERAL DEL TORNILLO DE DESCARGA	1	LOTE	2,500.00	2,500.00
21	DIAGNOSTICO DE EFICIENCIA DEL BOMBEO MECANICA	1	DIAGNOSTICO	8,000.00	8,000.00
22	REHABILITACION Y ALISACION DE ELECTROS DE ACERO COLD ROLLED DE 1 1/2"	48	PZA	114.58	5,499.84
23	REHABILITACION DE TUBERIA, AMBOS EXTREMOS DE 2 1/2"	48	PZA	135.41	6,499.68
24	SUMINISTRO E INSTALACION DE BANCO DE CAPACITORES, SEGUN CAPACIDAD REQUERIDA	2	PZA	3,000.00	6,000.00
25	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE FOGO DE 3" PARA ALIMENTACION ELECTRICA	7	ML	30.00	210.00
26	SISTEMA DE TUBERIAS PARA EQUIPO ELECTROMECANICO INSTALADO EN EL POZO (DEBERA INCLUIR PLANO Y MEMORIA DE CALCULO)	1	LOTE	500.00	500.00

CATALOGO DE CONCEPTOS CORRESPONDIENTES A LOS TRABAJOS DE REHABILITACION PARA EL POZO 1

NÚMERO EN ORDEN PROGRESIVO	CONCEPTOS DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE EN PESOS
1	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	1	LOTE	50,000.00	50,000.00
2	EXPLORACION E IDENTIFICACION DE LA ZONA DE EXPLOTACION	1	LOTE	50,000.00	50,000.00
3	MOVIMIENTO DEL EQUIPO DE PERFORACION HASTA 15 KM	1	LOTE	2,311.12	2,311.12
4	EQUIPO CON CAPACIDAD HASTA 450 METROS DE PROFUNDIDAD	1	LOTE	2,311.12	2,311.12
5	INSTALACION Y DESMANTILLAMIENTO DEL EQUIPO DE PERFORACION	1	LOTE	2,311.12	2,311.12
6	EQUIPO DE PERFORACION TRABAJANDO TIPO ROTATORIO	240	HORA	505.72	121,372.80
7	MANTENIMIENTO DE LODOS	1	LOTE	381,830.52	381,830.52
8	PERFORACION DE POZOS EN 12" EN MATERIAL TIPO 1, DE 0 A 100 DE 100 A 200 DE 200 A 300	100	M	239.76	23,976.00
9	COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO PARA ADEME SOLDANDO LAS JUNTAS CON DOBLE ARCO ELECTRICO DE 10 X 4" DE DIAMETRO X 1/4" DE ESPESOR	100	M	257.69	25,769.00
10	COLOCACION DE FILTRO DE GRAYA PARA POZO	100	M	273.30	27,330.00
11	TRATAMIENTO DE POZO CON DISPERSOR DE ARELLA	300	M	34.87	10,461.00
12	TRATAMIENTO DE POZO CON DISPERSOR DE ARELLA	8	M3	1,062.90	8,503.20
13	VIDEO GRABACION Y DIAGNOSTICO DE LA ESTRUCTURA DEL POZO HASTA SU PROFUNDIDAD TOTAL	1	LOTE	132,882.80	132,882.80
14	ALFARO DE 24 HRS. PARA DETERMINAR EL GASTO DE UN POZO CON BOMBA DE 6" O 8" HORAS SI SON CIENTES	1	LOTE	1,950.00	1,950.00
15	INSTALACION DEL EQUIPO DE BOMBEO HASTA 55 TRAMOS DE 8"	1	LOTE	14,137.46	14,137.46
16	INSTALACION DEL EQUIPO DE BOMBEO HASTA 55 TRAMOS DE 8"	58	HORA	150.00	8,700.00
17	SUMINISTRO E INSTALACION DE CUERPOS DE TAJONES PARA UN Q. 48 LPS Y UNA C.T.D. 1712 M (MARCA L. S.A. MODELO 10 CT DE 12 PASOS O SIMILAR)	55	PZA	3,950.00	217,250.00
18	SUMINISTRO E INSTALACION DE CUBIERTAS DE BROSSET (29) 2 1/2"	1	LOTE	3,000.00	3,000.00
19	SUMINISTRO E INSTALACION DE TRAMO L. AJUSTE	1	PZA	32,000.00	32,000.00
20	SUMINISTRO DE ACEITE NACIONAL	29	PZA	175.00	5,075.00
21	SUMINISTRO DE ACEITE NACIONAL	1	PZA	1,750.00	1,750.00
22	SUMINISTRO DE ACEITE NACIONAL	30	LI	10.64	319.20
23	LOTE MISCELANEO GRUBAS DE HULE Y JUGO DE EMPAQUE DE HULE Y GRAFTADOS)	1	LOTE	790.00	790.00
24	EQUIPAMIENTO ELECTRICO	1	LOTE	200,000.00	200,000.00

CATALOGO DE CONCEPTOS CORRESPONDIENTES A LOS TRABAJOS DE PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE UN POZO

**DIAGNOSTICO TECNICO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN POZOS PROFUNDOS Y UNA PROPUESTA DE TRABAJOS DE REHABILITACION EN EL SISTEMA INTERESTATAL COAHUILA-DURANGO**

POZO	CONCEPTO	IMPORTE
1	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	133,960.70
2	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	144,360.73
4bis	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	182,533.33
6	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	111,448.22
8	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	181,510.64
9	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	165,310.71
12	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	126,773.30
13	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	156,335.76
15	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	166,310.67
16	REHABILITACION EN EQUIPO ELECTROMECANICO Y ESTRUCTURA DEL POZO	97,458.65
	<b>TOTAL</b>	<b>1,466,002.71</b>

**RESUMEN DE PRESUPUESTOS PARA LA REHABILITACION DE CADA UNO DE LOS POZOS**

POZO	CONCEPTO	IMPORTE
	PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE UN POZO	1,321,719.22
	<b>TOTAL</b>	<b>1,321,719.22</b>

**RESUMEN DEL PRESUPUESTO PARA LA PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE UN POZO**

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES

Se han presentado los resultados del diagnóstico realizado, y a partir de ellos se generan las siguientes conclusiones generales:

- En primer lugar, se puede establecer que para el buen funcionamiento de un sistema de abastecimiento de agua, independientemente del tipo de fuente o de método para la obtención del líquido, es necesario contar con un programa eficiente para recaudar recursos económicos.
- Contar con un Sistema Operador, integrado por personal capacitado para resolver cualquier tipo de eventualidad y que tenga conocimiento de la infraestructura que integra a todo el sistema de abastecimiento de agua.
- Del mismo modo se considera indispensable contar con un manual de operación diseñado para el sistema en operación, el cual debe contar con un programa de mantenimiento en la infraestructura que se encuentre en la zona de captación, así como, en la línea de conducción, tanques de almacenamiento, red de distribución y en todos los componentes que integren al sistema.
- Si se tiene contemplado establecer una zona de captación de agua para el abastecimiento a una concentración de población, es necesario realizar todos los estudios que se requieran y cuyos resultados sean de lo más confiable para que el o los proyectos que se lleven a cabo cumplan hasta el final con su propósito.
- Se considera necesario establecer un programa continuo de monitoreo en el que se determinen las características del agua y de este modo asegurar que el abastecimiento es seguro para el consumo humano y para la prevención de daños en equipos y tuberías, así como de las estructuras del sistema.
- Por último, se puede observar que, ya que se cuenta con un sistema de abastecimiento en operación, resulta más económico realizar los trabajos de mantenimiento y rehabilitación que obtener otra fuente de extracción.

Las conclusiones para el caso del diagnóstico son las siguientes:

- Se considera urgente llevar a cabo los trabajos de rehabilitación en todos los equipos y estructura de los pozos, ya que el abastecimiento de agua se encuentra por debajo de la demanda actual.
- Dentro de los conceptos que se mejorarán con la rehabilitación son los siguientes: se recuperará nivel dinámico en los pozos, se aumentará el gasto de extracción, aumentará la potencia en los equipos, el costo por metro cúbico extraído se reducirá y la eficiencia del sistema aumentará.

- De lo anterior se tiene que la relación beneficio costo de la rehabilitación del sistema arroja lo siguiente:
- Actualmente en promedio se extrae un gasto de 29.88 lps por pozo, con una potencia de 121.93 HP, con lo que se consumen 65,490 kw-h/mes. La eficiencia del sistema se encuentra al 50.69 %, finalmente se tiene que el costo por metro cúbico extraído es de \$ 0.43.
- Con la rehabilitación estos valores se modifican de la siguiente manera: en promedio el gasto será de 38.40 lps por pozo, la potencia requerida es de 131.99 HP, se tendrá un consumo de 70,893 kw-h/mes, la eficiencia del sistema será del 66.82 % y el metro cúbico de agua extraída tendrá un valor de \$ 0.35.
- De estos datos se desprenden dos situaciones; la primera consiste en que actualmente no se abastece el agua necesaria a la población, se tienen funcionando los equipos con una eficiencia regular y el costo del agua es caro. En la segunda se tiene que al rehabilitar el sistema se reduce el costo del agua, se abastece la demanda total de agua, mejora la eficiencia del sistema, pero se tiene que pagar más energía eléctrica.
- Finalmente se tiene que la falta de un buen programa de mantenimiento en el sistema ha llevado a que se deteriore la infraestructura existente, por lo que actualmente no se encuentra en condiciones de cumplir su objetivo inicial y que para operar adecuadamente se tengan que rehabilitar, además de requerir la perforación de más de un pozo para llegar al periodo de trabajo original.

## RECOMENDACIONES

En el momento de requerirse un diagnóstico técnico, para establecer las condiciones en las que se encuentra trabajando un sistema de abastecimiento de agua, se recomienda, primero estar en contacto con el personal que se encarga de la operación y el mantenimiento; segundo contar con toda la información existente tal como: planos topográficos, planos estructurales y funcionales, bitácoras de operación y mantenimiento, datos de los núcleos de población beneficiados por el sistema y principalmente conocer físicamente el estado en el que se encuentran todos y cada uno de los elementos que integran dicho sistema.

El trabajo de campo siempre es necesario; para establecer un programa de trabajo eficiente, conocer las necesidades reales del estudio, determinar objetivos y fijar metas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Comisión Nacional del Agua

Subdirección General Técnica

Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas

- **Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento**
  - **Conducción (noviembre/97)**
  - **Diseño construcción y operación de tanques de regularización para abastecimiento de agua potable (agosto/98)**
  - **Sistemas rurales (noviembre/97)**
  - **Operación de equipo electromecánico en plantas de bombeo para agua potable y residual (octubre/94)**
  - **Rehabilitación de pozos (1994)**
  - **Guía para la evaluación de la eficiencia en equipos electromecánicos en operación para pozos profundos (1994)**
  - **Datos básicos (1994)**
  - **Proyectos electromecánicos tipo para plantas de bombeo de agua potable en poblaciones rurales**
  - **Selección de equipo electromecánico (noviembre/96)**

Comisión Nacional del Agua

Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte

Subdirección de Construcción

- **Proyecto ejecutivo para la adecuación y/o rehabilitación de la infraestructura de equipamiento electromecánico de las fuentes de abastecimiento del sistema interestatal Coahuila-Durango en los municipios de Tlahualilo, Dgo. y Francisco I. Madero y San Pedro en el estado de Coahuila. (JEFPRO S.A. DE C.V. DIC/99)**

Bombas para pozo profundo

Worth-line tipo turbina

- **Instrucciones para su instalación, operación y mantenimiento**