

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**FORMULACIÓN Y DISEÑO DEL
PROYECTO DE SANEAMIENTO UNIPAMPA – ZONA 5
“DISEÑO DE LA LINEA DE IMPULSIÓN Y SISTEMA
DE BOMBEO”**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

EDUARDO SALVADOR MENA CÁRDENAS

Lima - Perú

2007

INDICE

INDICE	1
RESUMEN	4
INTRODUCCION	6
CAPITULO I	
ESTUDIOS PRELIMINARES DE LA ZONA DEL PROYECTO	8
1.1 Ubicación de la Obra	9
1.2 Topografía y Uso	9
1.3 Características Geológicas y Geotécnicas de la Zona	10
1.4 Estudios Hidrológicos	11
CAPITULO II	
FUNDAMENTO TEORICO Y METODOLOGIA	14
2.1 Línea de Impulsión	14
2.1.1 Diámetro de Tubería	14
2.1.2 Velocidad Media De Flujo	14
2.1.3 Pérdida de Carga en Tuberías	15
2.1.4 Potencia de Impulsión	17
2.1.5 Del Análisis de Sensibilidad Económica – Diámetro Económico	19
2.2 Sistema de Bombeo	21
2.2.1 Curvas Características Red y Bomba – Punto Óptimo de Operación	21
2.2.2 Coeficiente de Velocidad Específica	23
2.2.3 Cavitación en Bombas Hidráulicas	24
2.3 Análisis de Flujo Transitorio – Golpe de Ariete	26
2.4 De la Cimentación	30
2.4.1 Comportamiento de Tuberías Enterradas	30
2.4.2 Diseño de Anclajes	31

CAPITULO III

DATOS BASICOS Y CRITERIOS DE DISEÑO	34
3.1 Datos Básicos de Diseño	33
3.1.1 Periodo de Diseño	34
3.1.2 Densidad Demográfica	37
3.1.3 Población Futura	37
3.1.4 Dotación	39
3.1.5 Variaciones del Consumo	40
3.2 Parámetros y Criterios de Diseño	41
3.2.1 De la Línea de Impulsión	41
3.2.2 Del Sistema de Bombeo	46
3.2.3 Del Estudio de Flujo en Régimen Transitorio	48
3.2.4 De la Cimentación	48

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA LINEA DE IMPULSION Y SISTEMA DE BOMEBO	50
4.1 Memoria de Cálculo de la Línea de Impulsión	49
4.1.1 Cálculo del Diámetro y Pérdidas de Carga	49
4.1.2 Cálculo de la Sobrepresión por Cierre Instantáneo	53
4.1.3 Cálculo de la Potencia de la Bomba	56
4.1.4 Cálculo de Costos Totales y Valores Presentes	57
4.2 Memoria de Cálculo del Sistema de Bombeo	59
4.2.1 Cálculo de la Curva Característica de la Red	59
4.2.2 Cálculo de la Curva Característica de la Bomba	61
4.2.3 Cálculo del Coeficiente de Velocidad Específica	63
4.2.4 Obtención de la Cavitación y NPSH	63
4.3 Memoria de Cálculo de la Cimentación	65
4.3.1 Comportamiento de Tuberías Enterradas	65
4.3.2 Diseño de Anclajes	66

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TECNICAS	69
5.1 Instalación de la Línea de Impulsión – PVC	69
5.1.1 Generalidades	69
5.1.2 Excavación de Zanjias	69

5.1.3 Relleno de Zanjas	76
5.1.4 Colocación de Líneas de Agua Potable con Uniones	78
5.1.5 Anclajes y Apoyos	80
5.1.6 Empalmes a Líneas de Agua en Servicio	81
5.1.7 Dimensiones de las Zanjas	81
5.1.8 Cruce con Vías de Primera Clase	82
5.1.9 Prueba Hidráulica en Líneas de Agua Potable	82
5.2 Instalación de Bombas Sumergibles	84
5.3 Montaje de la Bomba en la Estación de Bombeo	86
CAPITULO VI	
PRESUPUESTO Y PROGRAMACION DE OBRA	87
6.1 Presupuesto de Obra	86
6.1.1 Metrados	87
6.1.2 Costos Directos	87
6.1.3 Costos Indirectos	91
6.1.4 Normas Generales para Preparar el Presupuesto	92
6.2 Programación de Obras	94
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFIA	99
ANEXOS	101

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la selección y diseño de la mejor alternativa para la Línea de Impulsión, sus obras complementarias y el Sistema de Bombeo para la extracción del agua subterránea para abastecer de agua al poblado de UNIPAMPA – Zona 5, ubicado en el Km 160 de la Carretera Panamericana Sur, provincia de Cañete.

Para lograr este objetivo, se plantea la instalación de una línea de impulsión de PVC de 8" de diámetro y una longitud total de 7,964.38 m, la cual conducirá el agua proveniente del subsuelo mediante bombeo desde un pozo profundo de 14" de diámetro y 40 m de profundidad, hasta el poblado de UNIPAMPA – Zona 5, teniendo que vencer una diferencia de niveles de 147 m. El sistema de bombeo propuesto es una electrobomba sumergible especial para la extracción de agua subterránea a profundidades mayores de 7 m.

El diseño de esta tubería, se rige en base a parámetros hidráulicos, considerando todas las condiciones desfavorables a las que va a estar sometida a lo largo de su vida útil, garantizando su correcto funcionamiento, así mismo, el sistema de bombeo ha sido seleccionado de tal forma que su garantice su operación en el periodo para el cual ha sido diseñado, verificando que no se produzcan efectos negativos como la cavitación.

Además, se considera la optimización del diseño mediante un estudio de sensibilidad económica, en base a valores presentes (Tubería – Bomba) que van a incidir en el sistema, determinado si la solución propuesta, es la más económica.

El presente informe consta de 6 capítulos, los cuales abarcan desde los estudios básicos hasta el presupuesto de obra.

El Capítulo I presenta los estudios básicos realizados en campo, así como recopilación de información relacionada a la zona donde se desarrollará el estudio, es decir, Pampa Clarita, Sector UNIPAMPA – Zona 5.

El Capítulo II aborda el fundamento teórico de ingeniería hidráulica aplicada a líneas de conducción por bombeo, así como la metodología a seguir para realizar los cálculos y diseños de los elementos hidráulicos.

El Capítulo III determina los datos básicos de diseño tales como período de diseño, población futura, dotación, caudales medios, caudal de bombeo, etc. que permitirán establecer la capacidad de los elementos hidráulicos en función del abastecimiento a realizar. También se exponen los criterios de diseño de tales elementos a fin de garantizar su correcto funcionamiento y obtener la alternativa de diseño más económica.

El Capítulo IV desarrolla los cálculos, verificaciones y selección de la infraestructura hidráulica y del sistema de bombeo.

El Capítulo V elabora las especificaciones técnicas que se deberán cumplir para la correcta ejecución de los trabajos de construcción, montaje, equipamiento, etc.

El Capítulo VI muestra el costo total de la obra incluyendo gastos generales, utilidad e IGV, detallado por las partidas que conforman el presupuesto. Se presenta además, el diagrama Gantt de ejecución de obra (programación de obras) en base a los rendimientos y metrados de las partidas.

INTRODUCCION

La globalización integra universalmente a las naciones, eliminando fronteras y distancia, fomentando el mejoramiento permanente de los estándares de vida, sensibilizando nuestro criterio en asuntos de medio ambiente y salud ambiental, en el marco de la actual tendencia ecológica que privilegia la mas absoluta integración del ser humano al ecosistema propio de su hábitat, estableciendo una serie de condiciones de carácter cultural, político, económico y social que determinan la capacidad de desarrollo de una población.

No se puede lograr ningún nivel de desarrollo sin antes satisfacer las necesidades vitales elementales.

Siendo las obras de saneamiento una necesidad básica y habiendo observado que en muchos poblados urbanos y rurales del interior del país, estos servicios son deficientes o inexistentes, debido a lo cual no es de extrañarse que las poblaciones estén expuestas a enfermedades hídricas infecto contagiosas y transmisibles, con su secuela de alta mortalidad y morbilidad sobre todo en la niñez; a parte del malestar por la anti-higiene, malos olores, proliferación de insectos y roedores, se hace una tarea primordial el de construir las obras de saneamiento para las poblaciones que la carecen y el posterior mantenimiento y mejoramiento.

Viendo la imperiosa necesidad de la población de contar con servicios básicos de agua potable, se plantea el diseño de la línea de impulsión y sistema de bombeo del agua de fuente subterránea como parte del sistema de abastecimiento para el centro poblado UNIPAMPA, ya que esta población carece de este recurso indispensable para una buena calidad de vida, y evitar que la comunidad se vea contaminada con enfermedades parasitarias, virales, entre otras. Es por esta razón que nos vemos en la necesidad de plantear dicho proyecto y por otro lado, nos damos cuenta que al desarrollar este trabajo, contribuimos a tener una población mas sana, libre de toda contaminación por causa del agua y a su vez, contribuir con el desarrollo de la comunidad.

Para la elaboración del proyecto se considera como fuente principal de abastecimiento el agua subterránea, explotada desde un pozo ubicado en la Hacienda Herbay Alto, a la altura del km 152 de la Panamericana Sur. Desde este punto se tenderá una línea de impulsión de \varnothing 8" y una longitud total de 7,964.38 m.

CAPITULO I

ESTUDIOS PRELIMINARES DE LA ZONA DEL PROYECTO

Antes de realizar el cálculo de las dimensiones y parámetros del diseño de la línea de impulsión y de la selección del sistema de bombeo se debe realizar actividades de recolección de información.

Una inspección visual nos permitirá determinar la fuente de energía con que se dispondrá para el funcionamiento del equipo de bombeo de tal manera que abarate los costos de inversión, es decir si se cuenta con suministro de energía eléctrica con fácil acceso o si se deberá contar con grupos electrógenos que trabajen con combustibles líquidos.

Luego del reconocimiento se procede a realizar los estudios de campo:

- Levantamiento topográfico en la zona por donde atravesará la línea de impulsión y sus alrededores.
- Estudio hidrogeológico de la zona del acuífero en las proximidades del pozo.

El estudio topográfico esta orientado a determinar:

- Las características del perfil del terreno y la ruta que va a seguir la nueva línea de impulsión.
- Los niveles que debe vencer la columna de agua para llegar al reservorio.
- El punto del terreno en donde la línea soportara la máxima presión de carga considerando el efecto del golpe de ariete.

El estudio hidrogeológico nos proporciona:

- Las características y capacidades del suelo que va a soportar las presiones incluidas el peso de la nueva línea de impulsión sin que corra riesgos de desplazamientos por condiciones de operación o eventos sísmicos.
- Las condiciones actuales del pozo (dimensiones).
- Las reservas totales y explotables actuales del acuífero.
- El rendimiento del pozo.

- Los niveles estáticos y dinámicos del pozo.
- La Profundidad del pozo.
- La calidad del agua que suministra el acuífero.

1.1 Ubicación de la Obra

La zona general de estudio, se encuentra ubicada sobre la franja costera del Perú comprendida en el Distrito de San Vicente Provincia de Cañete en el departamento de Lima, específicamente en el Km. 157 de la carretera Panamericana Sur.

1.2 Topografía y Uso

En UNIPAMPA - ZONA 5 se ha efectuado un levantamiento topográfico de toda su extensión que abarca aproximadamente unas 15 Has. para luego en gabinete realizar los planos de curvas de nivel separadas cada metro.

El área es prácticamente uniforme, no se observan variaciones bruscas teniendo una pendiente promedio de 2.55 %.

La topografía costera del área nos muestra un relieve poco accidentado. En la zona adyacente a la orilla del mar presenta acantilados de fuerte pendiente, logrando alcanzar alturas de hasta 160 m aproximado en un ancho promedio de 400 m, En la composición de estos terrenos, predominan los afloramientos de arena y material gravoso con diámetros bastante diversos.

Las coordenadas UTM han sido calculadas utilizando el Datum de referencia WGS84, las características del terreno se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 01: Coordenadas UTM de UNIPAMPA - Zona 5

Vértice	Este	Norte	Cota	Tramo	Distancia
A	353663.00	8541330.00	157.60	A - B	348
B	353414.61	8541573.73	155.65	B - C	432
C	353717.17	8541882.08	164.20	C -D	348
D	353965.56	8541638.35	166.30	D -A	432

1.3 Características Geológicas y Geotécnicas de la Zona

Aspecto Geológico

Geomorfológicamente la zona del proyecto se encuentra dentro de la Pampa Costanera de las formaciones del río Cañete, que se extiende desde el borde litoral y por el Este va hasta las cotas de 200 m.s.n.m Se caracteriza por presentar superficie casi plana y amplia, con presencia de colinas y cerros de baja altura. Su ancho va más allá de los 10 Km.

Estatigráficamente pertenece a los Depósitos Recientes: Cuaternario; están representados por los depósitos aluviales (conos de deyección de los ríos y quebradas); los depósitos marinos (playas y terrazas) y depósitos eólicos (médanos de tipo barjan y depósitos eólicos estabilizados) como los que existen en la Pampa Clarita al Sur Este de Cañete.

Aspecto Geotécnico

Se requiere realizar los ensayos de mecánica de suelos con el objetivo de conocer las propiedades del suelo en donde se van a distribuir las redes tanto de agua como de alcantarillado.

Se recomienda realizar las excavaciones en las futuras líneas de las redes de alcantarillado.

Las muestras obtenidas de la calicata calificada como representativa fueron remitidas al laboratorio con el objeto de la clasificación según sus propiedades físicas y mecánicas según los ensayos requeridos.

Se han determinado los perfiles geológicos y propiedades de los estratos en la investigación de campo, es decir 01 exploración a partir de la descripción visual - manual, de esto se puede concluir que por lo observado en la exploración practicada el substrato es de tipo arenoso, el cual presenta uniformidad en el área del proyecto.

El Perú se encuentra comprendido dentro de las regiones de más alta actividad sísmica, forma parte del Cinturón Circumpacífico que es una de las zonas sísmicas más activas del mundo.

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-030 Diseño Sismo Resistente y al mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú se concluye que la zona de estudio se encuentra dentro de la Zona 3.

Con el objeto de establecer algunos parámetros geotécnicos, se recolectaron una muestra en una calicata para la caracterización edafológica.

Cuadro N° 02: Ubicación De Calicatas

Calicata	Coordenada UTM	
	Norte	Este
C1	8'540,288	354,740

A la profundidad de la excavación de 3.0 m. no se ha encontrado el nivel freático.

1.4 Estudios Hidrológicos

Características Hidrometeorológicas

- Temperatura

Se toma como base la temperatura registrada en la estación meteorológica de Cañete, que se encuentra a una altura de 150 m.s.n.m.m.

Cuadro N° 03: Temperatura Media Mensual (°C)

MESES												Normal Anual
S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	
17.2	18.6	20.0	22.0	23.0	24.6	24.5	24.5	20.5	17.8	17.0	16.9	20.5

Fuente: Pluspetrol S.A. – Proyecto del Gas de Camisea.

Cuadro N° 04: Temperaturas Máximas Medias (°C)

MESES												Normal
S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	Anual
20.2	22.2	23.9	26.3	28.3	29.3	29.3	27.8	24.3	20.9	19.8	19.9	24.4

Fuente: Pluspetrol S.A. – Proyecto del Gas de Camisea.

Cuadro N° 05: Temperaturas Mínimas Medias (°C)

MESES												Normal
S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	Anual
14.3	15.1	16.1	17.7	19.3	19.9	19.7	17.8	15.8	14.7	14.2	13.9	16.5

Fuente: Pluspetrol S.A. – Proyecto del Gas de Camisea.

- Evaporación

De la misma forma los datos evaporación se han tomado de la estación meteorológica de Cañete.

Cuadro N° 06: Evaporación media anual

Estación	Altitud (m.s.n.m.m)	Evaporación Media Anual (mm)
Cañete	150	1,212

Fuente: Pluspetrol S.A. – Proyecto del Gas de Camisea.

- Precipitación

La precipitación de la zona es la típica que ocurre en la costa sur del Perú, siendo ésta muy baja.

Agua en el Subsuelo

Se realizaron estudios de hidrología en Pampa Clarita ubicada a la altura del Km. 158 de la Panamericana Sur, estos resultados obtenidos pertenecen al informe elaborado por Golder Associates Perú S.A. por encargo de Hunt Oil Corporation realizado en Junio del 2002.

Durante la etapa de investigación, siete columnas reguladoras de agua fueron instaladas. Se encontró agua subterránea a una profundidad de entre los

7.4 y 50.8 metros por debajo de la superficie lo que es indicativo de niveles bajos. Estas profundidades equivalen a 22.7 y 48.2 m.s.n.m. Hay surgencia de la napa freática en la sección baja del acantilado costero y cerca del nivel de la playa en el sector sudoeste del sitio.

- Características del Pozo Tubular seleccionado:

Ubicado en las cercanías de la hacienda Herbay Alto, altura km 152, lado derecho de la Panamericana.

Diámetro de Perforación: 12"

Rendimiento: 32 lt/s

Tiempo de Vida: 25 años

Nivel Estático: 7.0 m

Nivel Dinámico: 10.0 m

Explotación: Electrobomba Sumergible.

Obras Civiles: Caseta de Bombeo.

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEORICO Y METODOLOGIA

2.1 LÍNEA DE IMPULSIÓN

2.1.1 Diámetro de Tubería

Un primer paso en la determinación del diseño de la línea de impulsión es la elección del diámetro de la tubería, para esto se utiliza una fórmula empírica conocida como la fórmula de Bresse para bombeos discontinuos:

$$D = 1.3 \left(\frac{N}{24} \right)^{0.25} \cdot \sqrt{Q_b} \quad (\text{Ec. 1})$$

La cual está basada en los siguientes parámetros:

- D : Diámetro interior aproximado (m).
- N : Número de horas de bombeo al día.
- Q_b : Caudal de bombeo obtenido de la demanda horaria por persona, del análisis poblacional y del número de horas de bombeo por día en (m³/s).

2.1.2 Velocidad Media de Flujo

Establecido el diámetro de diseño, si éste no es comercial se determina la velocidad media del flujo en la tubería escogiendo para esto el diámetro inmediato superior comercial y utilizando la ecuación de continuidad tenemos:

$$V = \frac{4 \cdot Q_b}{\pi \cdot D_c^2} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

- V : Velocidad media del agua a través de la tubería (m²/s).
- D_c : Diámetro interior comercial de la sección transversal de la tubería (m).

Q_b : Caudal de bombeo igual al caudal de diseño (m^3/s).

Si la velocidad no se encuentra dentro de los rangos permitidos para líneas de impulsión que son definidos en el Capítulo III (Datos Básicos y Criterios de Diseño), el diámetro se cambia a uno en el cual se cumpla estas exigencias.

2.1.3 Pérdida de Carga en Tuberías

Las pérdidas de carga que se presentan en las líneas de Impulsión se dividen básicamente en dos tipos que se definen a continuación.

Pérdida de Carga por Fricción

Obtenido la velocidad de flujo se procede al cálculo de la pérdida de carga por fricción en la línea utilizando para esto la ecuación de Hazen-Williams expresada como sigue:

$$Q_b = 0.2785 \cdot C \cdot D_c^{2.63} \cdot S^{0.54} \quad (Ec. 3)$$

$$S = \left[\frac{Q_b}{0.2785 \cdot C \cdot D_c^{2.63}} \right]^{1.85} \quad (Ec. 4)$$

$$H_f = S \cdot L \quad (Ec. 5)$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo (m^3/s).

C : Coeficiente de rugosidad de Hazen- Williams ($\frac{pie}{s}$).

D_c : Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m).

S : Pendiente de la línea de energía o gradiente Hidráulico (mlm).

: Pérdida de carga por fricción (m)

: Longitud de tubería con diámetro constante. (m).

Estas ecuaciones que nos permiten determinar la velocidad media y la pérdida de carga por fricción nos dan la posibilidad de identificar, para un diámetro determinado con una clase de tubería seleccionada, si estamos dentro

de los intervalos establecidos según los criterios y parámetros de diseño estandarizados para flujo en tuberías.

Estos criterios están relacionados a la velocidad del flujo y a la capacidad de carga que la tubería puede soportar incluyendo la sobrepresión que resulta de un fenómeno denominado "golpe de ariete", el cual está condicionado al tiempo de cierre de las válvulas de control de flujo a la salida de la bomba por corte súbito de la energía.

Lo anterior nos sirve como un instrumento de decisión para descartar o confirmar que el diámetro determinado para el caudal de bombeo sea el adecuado según los criterios de diseño para las condiciones de trabajo óptimas en la tubería evitando que se originen pérdidas de carga superiores a las que se requerirían para la conducción del flujo.

Pérdidas de Carga Local

Además de la pérdida de carga por fricción también se presenta en la línea de impulsión pérdidas de carga denominadas locales producto del paro de flujo a través de los accesorios instalados en la línea y/o al cambio de dirección y/o sección en sus tramos.

La determinación de las pérdidas locales son evaluadas, sólo en el caso de ser necesarias por la cantidad de accesorios o velocidades altas en la línea.

Para esta evaluación se utiliza el teorema de Borde-Belanger.

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde k depende del accesorio por donde transita el flujo (codos, válvulas, entradas, salidas, reducciones, tees, yeas, uniones, etc).

2.1.4 Potencia de Impulsión

Establecidas las pérdidas se procede a calcular la potencia necesaria para impulsar la columna de agua desde el pozo al reservorio.

Para esto es necesario conocer ciertos parámetros como:

Caudal de bombeo (Q_b). Es aquel caudal requerido para abastecer al reservorio y que es producido por el pozo con un cierto descenso en el nivel de agua respecto del nivel estático cuando se realiza la extracción del acuífero.

A este nivel de descenso se le denomina nivel dinámico y se obtiene de las pruebas de bombeo que se realiza al pozo antes de la puesta en operación.

Altura dinámica total (HDT). Representado por la diferencia del nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada (nivel máximo de descarga al reservorio) y el nivel dinámico del pozo incluido las pérdidas de carga totales (fricción y locales) desarrolladas durante la succión y descarga. También se obtiene por la sumatoria de la altura de impulsión más altura de succión.

Altura de impulsión. Se obtiene por la diferencia de niveles entre la llegada de las aguas en el reservorio y el eje de la bomba más las pérdidas de carga (fricción y locales) de dicho tramo.

Altura de succión. Se obtiene por la diferencia de niveles entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente (nivel dinámico del pozo) más las pérdidas de carga del tramo (fricción y locales).

La altura de succión está condicionada por el valor de la presión barométrica en el lugar de instalación del equipo y de la presión que se origina en la entrada del impulsor, el cual debe ser mayor a la presión de evaporación del agua para que no se produzca el fenómeno de cavitación, que causa en los alabes del impulsor impactos que pueden provocar su destrucción en las zonas donde ello ocurre.

Las pérdidas de carga por fricción y locales son fundamentales en la determinación de la altura dinámica total para la obtención de la potencia que se empleará en el equipo de bombeo.

- Potencia de Consumo

La Energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento es conocida como Potencia de Consumo (P_c) y es calculada por la expresión:

$$P_c (HP) = \frac{100 \cdot Q_b \cdot HDT}{75 \cdot n_b} \quad (Ec. 7)$$

Donde:

HDT : Altura Dinámica Total (m).

Q_b : Caudal de bombeo (l/s).

n_b : Eficiencia de la bomba (%).

- Potencia Instalada

El motor que se acopla a la bomba para su funcionamiento necesita una energía denominada potencia Instalada (P_i) y es calculada por la expresión:

$$P_i (HP) = \frac{100 \cdot Q_b \cdot HDT}{75 \cdot n_c} \quad (Ec. 8)$$

Donde:

n_c : Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (%).

$$n_c = n_b \cdot n_m \quad (Ec. 9)$$

Eficiencia de la bomba obtenida por la transformación de la energía mecánica de rotación en energía potencial de fluido y la eficiencia del motor obtenida de la transformación de la energía eléctrica en energía mecánica de rotación componen la eficiencia del sistema de conjunto que describe el grado de

aprovechamiento energético que tiene un sistema al suministrar una energía determinada, y cómo este llega a convertirla en energía útil ganada por el fluido.

2.1.5 Del Análisis de Sensibilidad Económica - Diámetro Económico

Al ser el diseño de la línea de impulsión un problema básicamente de costos relativos al diámetro de la tubería, calidad y potencia del sistema de bombeo es necesario el análisis económico de varias alternativas de diseño para resolverlas y escoger la que nos proporcione el menor costo de total.

Estos costos totales están compuestos por varios tipos de costos en el sistema:

Costo total de tubería instalada (CTTI) (adquisición, transporte, instalación y testeo) que se calcula como:

$$CTTI(USD) = CostoTuberia \left(\frac{USD}{m} \right) \times LongitudTotalTuberia(m) \quad (Ec. 10)$$

Costo total del Equipo de bombeo instalado (CTEBI) (adquisición, transporte, instalación, mantenimiento, costo energético consumible, y testeo) que se calcula utilizando los coeficientes de costos del equipo (K, a) y su potencia instalada (HP).

$$CTEBI(USD) = K(P_i)^a \quad (Ec. 11)$$

Costo Anual de Operación (CAO) (Energía consumida) que se calcula de acuerdo a la potencia instalada y al costo de energía por kW-h/año.

$$CAO(USD) = \frac{HorasdeBombeo}{Año} P_i(kW) Energia \left(\frac{USD}{kW-hora} \right) \quad (Ec. 12)$$

Costo Anual de Mantenimiento (CAM), conformado por los costos relacionados a repuestos, insumos, personal, herramientas, etc. Necesarios para mantener el buen funcionamiento del sistema.

Para la obtención de la mejor alternativa de menor costo es necesario llevar los costos anteriores a sus valores presentes de acuerdo al horizonte de anualidades condicionado por el tiempo de vida útil del equipo de bombeo y tubería.

Los Valores Presentes (V.P.) se resumen como:

Valor Presente de inversiones Totales (VPIT). Conformado por la suma del costo total de tubería mas el costo total del equipo.

Valor Presente de Reposiciones Totales (VPRT). Conformado por la diferencia del Costo de Inversiones totales en un plazo de anualidades a la tasa de descuento y V.P. de Inversiones totales.

Los costos anualizados a una tasa de descuento pueden ser calculados con la siguiente expresión:

$$VPRT(USD) = VPIT(USD) \cdot \left[\left(\frac{i \cdot (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right) \cdot N - 1 \right] \quad (Ec. 13)$$

Donde:

I : Tasa de descuento equivalente al 12% establecido para USD por el BID

N : Número de anualidades (Tiempo de vida útil del equipo de bombeo).

Valor Presente de Explotación Totales (VPET). Conformado por el V.P. de la suma de los Costo de operación y mantenimiento anualizados de acuerdo a la tasa de descuento. Esta regido por la siguiente expresión:

$$V.P.ExplotacionTotal(USD) = CostoAnualOyM(USD) \cdot \left[\frac{i \cdot (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]^{-1} \quad (Ec. 14)$$

Finalmente la elección del diámetro se hará en función al menor V.P. Total siendo este el resultado de la sumatoria de todo los V.P. anteriores.

2.2 SISTEMA DE BOMBEO

2.2.1 Curvas Característica Red y Bomba - Punto Óptimo de Operación

De aquel análisis de costos para varias alternativas con diámetros cercanos al calculado con la formula de Bresse (diámetros comerciales) se determina el diámetro correspondiente al menor costo, es decir diámetro económico con lo cual podremos luego construir la curva característica de la red compuesta por la línea de impulsión y succión, y confrontarla con la curvas características del equipo de bombeo escogido en el desarrollo del análisis de sensibilidad económica para el diámetro económico, y así determinar el punto óptimo de operación del sistema (eficiencia > 50%)

La curva característica de la red esta compuesta por diferentes alturas H_{red} que puede alcanzar el agua a diferentes caudales. Esta se rige mediante la ecuación:

$$H_{Red} = H_{Geo} + H_{Res} + H_{Pérdidas\ Fricción} + H_{Pérdidas\ Locales} \quad (Ec. 15)$$

Donde $H_{Pérdidas\ Fricción}$ y $H_{Pérdidas\ Locales}$ representan las pérdidas de carga por fricción y local en la red respectivamente.

Sabiendo que:

$$S = \left[\frac{Q_b}{0.2785.C.D_c^{2.63}} \right]^{1.85} \quad (Ec. 16)$$

$$H_{Pérdida\ Fricción} = H_f = S.L. \quad (Ec. 17)$$

$$H_{Pérdida\ local} = H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (Ec. 18)$$

Entonces la ecuación de la curva característica de la red puede ser finalmente expresada en fricción de los caudales (Q) en m³/s:

$$H_{Red} = H_{Geo} + H_{Res} + K_{Friccion} \cdot Q^{1.85} + K_{Local} \cdot Q^2 \quad (Ec. 19)$$

$$K_{Friccion} = \frac{L}{[0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63}]^{1.85}} \quad (Ec. 20) \quad \text{y} \quad K_{Local} = \frac{16 \cdot \sum k}{2g\pi^2 \cdot D^4} \quad (Ec. 21)$$

En donde:

C : Coeficiente de Rugosidad de Hazen- Williams para tuberías el cual depende del tipo de tubería a utilizar.

L : Longitud de la tubería (m).

D : Diámetro interior de la tubería (m).

K : Coeficiente de pérdida local en accesorios.

H_{Geo} : Carga estática o Altura geométrica (m).

H_{Res} : Carga o Altura de reserva (m).

Las curvas características de la electrobomba son proporcionadas por el fabricante o proveedor de acuerdo al tipo de aplicación que se le dé al equipo.

Confrontando estas curvas se obtiene un punto en donde ambas se interceptan, es decir el caudal Q reemplazado en ambas ecuaciones de curvas nos da un único valor de H, a este punto se le denomina punto óptimo de operación.

Como la curva característica de la red puede interceptarse con más de una curva característica de equipos de bombeo similares producto de varias pruebas con diferentes diámetros del impulsor, tendremos un punto óptimo de operación para cada una de estas curvas.

El punto óptimo de operación debe de ser aquel que caiga en la zona de rendimiento máximo y donde Q y HDT del punto óptimo sean mayores o iguales al Q y HDT de diseño. Además la Potencia de consumo de la bomba (P_c) seleccionada debe ser menor o igual a la potencia de consumo calculada en el análisis económico.

Este punto óptimo de operación determinará el diámetro que debe de tener los impulsores, la altura de succión neta positiva y la potencia óptima a las revoluciones del equipo bomba-motor.

Con esto ya se tendría una solución de mínimo costo y alto rendimiento operativo que cumplan con todas las condiciones de diseño para asegurar el abastecimiento desde el pozo al reservorio.

2.2.2 Coeficiente de velocidad específica

El desempeño del equipo de bombeo (bomba-motor), puede ser obtenido mediante un parámetro conocido como el coeficiente de velocidad específica dado por la siguiente expresión:

$$N_s = \frac{3.65 \cdot N \cdot \sqrt{Q_b}}{H^{3/4}} \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde:

- N : Revoluciones del equipo de bombeo.
- H : Altura dinámica total.
- Q_b : Caudal de bombeo.

El coeficiente de velocidad específica (N_s) debe caer en la zona de buen rendimiento que se muestra en las graficas proporcionada por el fabricante.

Si N_s cae a la izquierda de esta zona se debe elegir otro equipo con revoluciones mayores para aumentar su rendimiento, pero si el equipo elegido presenta una velocidad rotacional de 3600 rpm la posibilidad de aumentar ésta reeditaría en un aumento considerable de costos, tamaño y peso que tal vez no justificaría el aumento en el rendimiento, por tal motivo debe de mantenerse el equipo elegido ya que aunque presenta un rendimiento inferior al esperado cumple con las condiciones de operación exigidas.

2.2.3 Cavitación en Bombas Hidráulicas

Es un fenómeno transitorio que consiste en la formación de burbujas de aire generalmente en el plano de entrada de la bomba debido a que en esta zona la presión es inferior a la atmosférica, si las burbujas son de una magnitud tal que ocupan toda la entrada, entonces se interrumpe la circulación del agua.

Cuando una burbuja es arrastrado a zonas de mayor presión, las burbujas vuelven a disolverse generando un fenómeno denominado implosión originando a su vez el "Golpe de Ariete", que consiste en la aparición de un ruido molesto como martilleo cuando el fluido es agua y un rechinar metálico seco cuando el fluido es aceite que causa deterioro de la carcasa y del impulsor.

La cavitación además de producir daños físicos y ruidos molestos, puede llegar a reducir de manera considerable el caudal y rendimiento de la bomba.

La cavitación actúa como factor limitante de la altura de succión cuyo valor máximo ocurre cuando: $P_2 = P_{\text{vapor}} = P_v$ (ver cuadro N° 07).

Donde:

$$Hs \text{ máx} \leq \frac{P_1}{\gamma} - \left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_p + \Delta h_p \right) \quad (\text{Ec. 23})$$

Siendo:

Δh_p : Pérdidas en la bomba, el cual es función del tipo de bomba y de la geometría del alabeado.

P_1 y P_2 : Presión de entrada y salida en la bomba respectivamente.

v_1, v_2 : Velocidades de entrada y salida a la bomba respectivamente.

La pérdida Δh_p puede estimarse con el coeficiente de cavitación σ que mide la sensibilidad de la bomba a la cavitación.

$$\Delta h_p = \sigma H_g \quad (\text{Ec 24})$$

H_g : Altura geométrica de la instalación de bombeo.

El valor de σ dado por Stepanoff es:

$$\sigma = 0.0012n_q^{4/3} \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

$$n_q: \text{Número específico de caudal} = \frac{N \sqrt{Q}}{H_D^{3/4}} \quad (\text{Ec. 26})$$

N: RPM del impulsor

Q: Caudal en $\text{m}^3/\text{seg.}$

H_D : Altura de Bombeo en metros.

Reemplazando estos dos términos en la condición Δh_p , tenemos:

$$\Delta h_p = 0.0012(N \sqrt{Q})^{4/3} \frac{H_g}{H_D} \quad (\text{Ec. 27})$$

Cuadro N° 07: Presión de Vapor del Agua.

C°	F°	Kg/dm ³	Presión de vapor (P.V.P)	
			M. Abs.	P.SI.Abs
0	32	0.9998	0.062	0.088
5	41	1.000	0.089	0.127
10	50	0.9996	0.125	0.1781
5	59	0.9990	0.174	0.247
20	68	0.9982	0.238	0.338
25	77	0.9970	0.323	0.459
30	86	0.9955	0.432	0.614
35	95	0.9939	0.573	0.815
40	104	0.9921	0.752	1.070
45	113	0.9900	0.977	1.389
50	122	0.9880	1.258	1.789
55	131	0.9857	1.605	2.283
60	140	0.9831	2.031	2.889
70	158	0.977	3.177	4.519
75	167	0.9748	3.931	5.591
80	179	0.9718	4.829	6.869
85	185	0.9687	5.894	8.383
90	194	0.9653	7.149	10.168
95	203	0.9619	8.619	12.259
100	212	0.9583	10.332	14.696

Carga Neta Positiva de Succión (CNPS)

Este término tiene su equivalente en inglés que se escribe **NPSH** (*Net Positive Suction Head*), viene a ser la presión estática a que debe ser sometido un líquido para que pueda fluir por sí misma a través de las tuberías de succión y llegar finalmente hasta inundar los alabes en el orificio de entrada del impulsor.

La ecuación (23) puede describirse de la siguiente forma:

$$\frac{P_1}{\gamma} - (H_s + \frac{P_v}{\gamma} + h_p) > \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \Delta h_p \right) \quad (\text{Ec. 28})$$

En esta expresión tenemos que el primer miembro está conformado por magnitudes que dependen de las condiciones locales de la instalación, el segundo miembro representa las condiciones particulares de la bomba.

Al primer miembro se le denomina **CNPS_{disponible}** en la instalación, dado por la suma algebraica de todas las magnitudes que facilitan (+) y que dificultan (-) la succión de la bomba y representa la carga residual disponible en la instalación para succión del fluido.

El segundo miembro es denominado **CNPS_{requerido}** y representa la carga exigida por la bomba para aspirar el fluido y es dado por el fabricante.

Una bomba no cavitará con cualquier elevación si es que se tiene:

$$\text{CNPS}_{\text{disponible}} > \text{CNPS}_{\text{requerido}} \quad (\text{Ec. 29})$$

2.3 ANÁLISIS DE FLUJO TRANSITORIO - FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE

Es un fenómeno que ocurre cuando se interrumpe súbitamente la energía que propulsa la columna de agua en la línea de impulsión o por el cierre rápido de la válvula de regulación de flujo a la salida de la bomba ocasionando una

presión interna a todo lo largo de la tubería, la cual es recibida en la paredes de la tubería y los accesorios como un impacto.

Al cerrar instantáneamente o parar el equipo de bombeo, la compresión del agua y expansión de la tubería comienza en el punto de cierre, transmitiéndose hacia arriba a una velocidad determinada por la expresión:

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{d}{e \cdot E} \right)}} \quad (\text{Ec. 32})$$

Donde:

- a : Velocidad de propagación de la onda (mis).
- ρ : Densidad del líquido (kg/m^3).
- d : Diámetro interior de la tubería (m).
- e : Espesor de la tubería (m).
- ε : Módulo de elasticidad del agua ($2 \times 10^9 \text{N/m}^2$).
- E : Módulo de elasticidad de tracción del material que compone la tubería (N/m^2).

La altura debida al golpe de ariete se calcula de la siguiente manera:

De las fórmulas:

$$H_1 = \frac{2LV}{gT} \quad \text{MICHAUD} \quad (\text{Ec. 33})$$

$$H_1 = \frac{Va}{g} \quad \text{ALLIEVI} \quad (\text{Ec. 34})$$

Aquí se tienen:

- L : Longitud de la tubería en m.
- V : Velocidad media del agua en la tubería en m/s.
- T : Tiempo de disturbación en seg.
- a : Celeridad de la onda (Velocidad de propagación de la onda en m/s).

El criterio para usar las fórmulas es evaluar el tiempo T en segundos con la expresión de MENDILUCE.

$$T = 1 + \frac{KLV}{gH} \quad (\text{Ec. 35})$$

El coeficiente K toma los siguientes valores de acuerdo a la longitud de la tubería:

K = 1, para L > 1,500 m

K = 1.5, para 500 m < L < 1,500 m

K = 2, para L < 500 m.

Luego si:

$L < \frac{aT}{2}$ (Ec. 36) Impulsiones cortas, se usa la fórmula de MICHAUD.

$L > \frac{aT}{2}$ (Ec. 37) Impulsiones largas, se usa la fórmula de ALLIEVI.

El tiempo de propagación de la onda (ida y vuelta) es conocido como tiempo crítico y se expresa como:

$$T_c = \frac{2L}{a} \quad (\text{Ec. 38})$$

Donde:

T_c : Tiempo crítico o de propagación de la onda en cierre instantáneo (seg.).

L : Longitud de la tubería por donde desplaza la onda (m).

Si el tiempo de cierre de la válvula es menor al tiempo crítico entonces la presión irá aumentando hasta el cierre completo de la válvula y dicho valor será entonces considerado como el de un tiempo de cierre instantáneo.

En el diseño de la línea de impulsión se debe considerar la sobrepresión que se genera por efecto del golpe de ariete como medida de seguridad por una posible desconexión del fluido eléctrico que alimenta al motor de la bomba. Por

eso es fundamental el estudio de este fenómeno para poder determinar la clase de tubería a utilizar que pueda soportar esta sobrepresión sin mayores inconvenientes, sin la necesidad de instalar accesorios de seguridad como válvulas especiales que contrarresten el impacto del golpe de ariete elevando por consiguiente el costo total de inversión.

La sobrepresión por este efecto se calcula para un cierre instantáneo que genera una presión mayor que la originada por un tiempo de cierre gradual, es decir un tiempo mayor al tiempo crítico regulado por la válvula de control y se expresa como:

$$\Delta H_a = \frac{V \cdot a}{g} \quad (\text{Ec. 39})$$

Donde:

ΔH_a : Carga por sobrepresión (m.c.a).

V : Velocidad del flujo en la tubería (m/s).

g : Constante de aceleración de gravedad (9.81 m/s²).

Entonces con la determinación de la sobrepresión por efecto del golpe de ariete la carga que debería soportar la línea en su punto más bajo estará dada por la siguiente expresión:

$$P_{\max} = \Delta H + \Delta H_a \quad (\text{Ec. 40})$$

Donde:

P_{\max} : Presión máxima en el punto más bajo de la tubería (m.c.a).

ΔH : Diferencia de nivel entre el punto donde llega el agua (reservorio) y el punto más bajo de la tubería igual a la carga estática en ese punto (m.c.a).

ΔH_a : Carga por sobrepresión por efecto del golpe de ariete (m.c.a).

La tubería entonces debe ser elegida considerando el espesor y el material del que está compuesta para soportar dicha presión máxima con el diámetro calculado.

2.4 DE LA CIMENTACIÓN

2.4.1 Comportamiento de Tuberías Enterradas

En el diseño de las tuberías flexibles enterradas es muy importante la carga que soportará la tubería debido al relleno que se coloca sobre la clave del tubo.

Esta carga no sólo se distribuye al tubo sino que también hacia las paredes verticales de la zanja.

La carga de relleno que actúa sobre la tubería se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = \gamma \cdot HR + P_0 \quad (\text{Ec. 41})$$

Donde:

P : Presión debida al peso del suelo a la profundidad HR incluida la presión por carga viva P_0 . (kg/m²).

γ : Peso específico del suelo (kg/m³).

HR : Profundidad del relleno sobre la corona del tubo (m).

P_0 : Carga viva por vehículo de eje simple (kg/m²).

La carga viva se considera en 957 kg/m² para un vehículo de eje simple que transita sobre el terreno del tendido de la tubería a la profundidad HR=2.0 m.

Además la carga de relleno produce un esfuerzo de compresión en las paredes del tubo que se obtiene con la expresión:

$$\sigma_c = \frac{9.81 \cdot P \cdot D}{2 \cdot 1000 \cdot A} \quad (\text{Ec. 42})$$

Donde:

: Esfuerzo de compresión en la pared del tubo (kN/m²).

- A : Área de sección de la pared del perfil por unidad de longitud (m²/m).
 D : Diámetro de exterior de la tubería (m).

Este esfuerzo de compresión no debe sobrepasar el $\sigma_{\text{máx}}$ de compresión en la tubería, por lo tanto el factor de seguridad al límite de este esfuerzo en la pared es:

$$\eta_{\text{crit}} = \frac{\sigma_{\text{máx}}}{\sigma_c} > 2 \quad (\text{Ec. 43})$$

2.4.2 Diseño de Anclajes

Básicamente está referido al diseño de los anclajes para cada cambio de dirección (codos) que se presente en la línea de impulsión y en los accesorios como tees, yeas, reducciones, válvulas, etc.

Para esto debemos calcular las fuerzas que intervienen predominantemente en dichos componentes siendo la fuerza resultante R en kg debido al empuje por presión de agua (Presión estática más sobrepresión por golpe de ariete) las más significativa y que para fines prácticos se utiliza en el dimensionamiento del anclaje:

$$R = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \gamma \cdot H_p \cdot \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right)}{2} \quad (\text{Ec. 44})$$

$$H_p = 1.5 \cdot H \quad (\text{Ec. 45})$$

Donde:

- D : Área de la sección de la tubería (m).
 γ : Peso específico del agua (kg/m³).
 : Carga de prueba hidráulica en el accesorio (m).
 : Carga nominal de trabajo en el accesorio (m).

Luego con R calculamos el área de la superficie de contacto del bloque de anclaje mediante la siguiente expresión:

$$A_B = \frac{R}{\sigma_{adm}} \quad (\text{Ec. 46})$$

Donde:

σ_{adm} : Tensión admisible del terreno que tiene contacto con el área de la base del bloque y que puede ser horizontal a la pared de la excavación, o verticalmente al fondo de la excavación según el cambio de dirección (kg/cm^2).

A_B : Área de contacto del bloque con mayor capacidad de distribución del empuje transmitido al sistema anclaje-suelo (cm^2).

Ya con el área calculada podemos asumir las dimensiones mínimas de la sección de contacto (LxW). La tercera dimensión (N) se obtiene de acuerdo al cambio de dirección horizontal o vertical de la superficie de contacto, ya que está condicionada al ancho de la zanja y/o al diámetro del tubo.

En forma práctica se puede determinar las dimensiones del bloque de anclaje vertical como una fricción del diámetro nominal del tubo (DN).

$$L = W = 1.5 \times \text{DN} \quad (\text{Ec. 47})$$

$$N = 1.2 \times \text{DN} \quad (\text{Ec. 48})$$

Debiéndose comprobarse posteriormente si se cumple la condición de mayor área efectiva:

$$A_{B\text{-efectiva}} = L \times W > A_B \quad (\text{Ec. 49})$$

Por último, el anclaje puede adoptar diversas formas de acuerdo al accesorio y al cambio de dirección, estando muchos de ellos normalizados para obras de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.

La forma más común es la de un tronco piramidal que consta de 4 dimensiones características (L, W, T y F).

Las 2 primeras (L y W) son establecidas por las fórmulas descritas para el área de la base del bloque, mientras que las 2 últimas se obtienen en función del diámetro Nominal (DN) y la tercera dimensión (N).

$$T = (N - 0.2 \times DN) \quad (\text{Ec. 50})$$

$$F = \left(N \cdot \frac{DN}{2} \right) \quad (\text{Ec. 51})$$

CAPITULO III

DATOS BASICOS Y CRITERIOS DE DISEÑO

3.1.- DATOS BASICOS DE DISEÑO

3.1.1.- Periodo de Diseño

Un sistema de abastecimiento de agua potable se proyecta de modo que pueda atender las necesidades de una localidad, durante un determinado periodo, por tanto, el diseño está referido al tiempo para el cual el sistema debe prestar servicio en forma adecuada y eficiente en un 100%, por la capacidad en la conducción del gasto deseado, así como por la resistencia física de las instalaciones.

Luego para determinar el periodo de diseño es necesario valuar una serie de factores que intervienen en el diseño para lograr un proyecto económicamente viable.

Factores que Determinan el Periodo de Diseño

Según Simón Arocha, en su libro titulado "Abastecimientos de Agua", los factores más importantes en su determinación son:

- Durabilidad o vida útil en las instalaciones:

Dependerá de la resistencia física del material al desgaste u obsolescencia; ya que todo material, se deteriora con el uso y con el tiempo, pero su resistencia a los esfuerzos y de los daños a los cuales estará sometido es variable y dependiendo de las características del material empleado. Por ejemplo, en tuberías encontramos diversas resistencias al desgaste por corrosión, erosión y fragilidad, esos factores determinarán un periodo de diseño y deberán ser seleccionados de acuerdo a su capacidad de resistencia física.

Pero en un sistema de agua potable y/o red de alcantarillado la determinación de un periodo de diseño es complejo, al existir obras de concreto, diferente material de tubería, válvulas, estaciones de bombeo, etc., cuya resistencia física es variable, entonces no se puede pensar en periodos de diseño uniforme.

Tendencia de Crecimiento de la Población:

El crecimiento de la población es función de factores económicos, sociales y de desarrollo industrial. Un sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado, es un servicio que debe propiciar el progreso, no debe frenarlo, pero el sistema tiene un costo que debe ser retribuido por los beneficiarios, pudiendo resultar en costos muy elevados si se toman periodos largos para ciudades en desarrollo con alto índice de crecimiento, pudiendo originar quiebra administrativa.

Lo anterior nos conlleva a señalar que es conveniente elegir periodos de diseño largos para crecimientos lentos y viceversa.

El factor poblacional emplea dos criterios:

Criterio Tiempo – Población: Se fija primero el periodo de diseño y luego se calcula la población futura al finalizar este periodo. Se emplea para pequeñas poblaciones.

Criterio Población – Tiempo: Primero se asume una población futura y luego se calcula el tiempo en que esta población llegará a ser real. Se emplea en ciudades de gran desarrollo.

Facilidades de Construcción y Posibilidades de Ampliación:

La asignación de un periodo de diseño, está estrechamente relacionada con factores económicos, por eso al analizar un componente del sistema la fijación de un periodo de diseño regido por factores económicos, estará ceñido a la dificultad o facilidad de su construcción que inducirán a mayores o menores

períodos de inversión. Así mismo, puede entenderse que dentro del proyecto existen componentes del sistema (reservorios, casetas de bombeo, plantas de tratamiento, etc.) que pueden constituirse por etapas previendo su desarrollo con el crecimiento de la demanda.

Posibilidades Económicas de Financiamiento:

Las razones mencionadas en el factor técnico (durabilidad y resistencia al desgaste físico) son muy importantes para el diseño, pero adicionalmente se deberán hacer estimaciones de interés y costo capitalizado, para que la inversión pueda aprovecharse al máximo. La determinación de la capacidad del sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado deben ser dependiente de su costo total capitalizado.

Si se tiene un periodo de diseño corto, el costo inicial del proyecto puede ser bajo en términos económicos, pero en corto tiempo estaría en desuso, con lo que se tendría que hacer una nueva inversión con todo los problemas que acarrearían efectuar nuevas ampliaciones.

Si se eligiese un periodo de diseño muy amplio, se tendría un costo elevado para la inversión inicial; de ahí la importancia en la determinación de un periodo óptimo de diseño, más aun en países de economía pobre, como es el nuestro.

Generalmente los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, se diseñan y construyen para satisfacer una población mayor que la actual, para lo cual existen modelos matemáticos para el análisis de cada uno de los componentes del sistema; para determinar los periodos de diseño.

Tomando en consideración los factores señalados se debe establecer para cada caso el periodo de diseño aconsejable. A continuación, se indican algunos rangos de valores asignados para los diversos componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales:

- Obras de Captación	20 años
- Conducción	10 a 20 años
- Reservorio	20 años
- Redes	10 a 20 años (tubería principal 20 años, secundaria 10 años).

Para todos los componentes, las normas generales para proyectos de abastecimiento de agua potable en el medio rural del Ministerio de Salud recomiendan un periodo de diseño de 20 años.

3.1.2.- Densidad Demográfica

Es importante el estudio del área urbana y ver la forma que tendrá lugar la futura expansión de la localidad, pues no sólo es importante saber a cuanta población se va a dar servicio sino como esta población se va a repartir el área urbana.

El proyecto se desarrolla para una habitación nueva, con las características de las poblaciones vecinas, con una altura promedio de dos niveles en las viviendas, por lo que se toma como referencia el Reglamento Nacional de Edificaciones NORMA OS.100 "CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA", el cual indica "Tratándose de nuevas habilitaciones para viviendas deberá considerarse por lo menos una densidad de 6 hab/ vivienda".

3.1.3.- Población de Futura

Los métodos mas utilizados en la estimación de la población futura son:

- **Métodos Analíticos**

Presuponen que el cálculo de la población para una región dada es ajustable a una curva matemática. Es evidente que este ajuste dependerá de las características de los valores de población censada, así como de los intervalos de tiempo en que éstos se han medido.

Dentro de los métodos analíticos tenemos el aritmético, geométrico, de la curva normal, logística, de la ecuación de segundo grado, el exponencial, de los incrementos y de los mínimos cuadrados.

- Métodos Comparativos

Son aquellos que mediante procedimientos gráficos estiman valores de población, ya sea en función de datos censales anteriores de la región o considerando los datos de poblaciones de crecimiento similar a la que se está estudiando.

- Método Racional

En este caso para determinar la población, se realiza un estudio socio-económico del lugar considerando el crecimiento vegetativo que es función de los nacimientos, defunciones, inmigraciones, emigraciones y población flotante.

El método más utilizado para el cálculo de la población futura en las zonas rurales es el analítico y con mas frecuencia el de crecimiento aritmético. Este método se utiliza para el cálculo de poblaciones bajo la consideración de que éstas van cambiando en la forma de una progresión aritmética y que se encuentran cerca del límite de saturación.

La fórmula de crecimiento aritmético es:

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{rt}{1000}\right) \quad (\text{Ec. 52})$$

Donde:

P_f	=	Población Futura
P_a	=	Población Actual
r	=	Coefficiente de crecimiento anual por 1000 habitantes
t	=	Tiempo en años.

Cálculo de P_a :

Número de Lotes	=	400
Densidad Poblacional	=	6 hab/lote (RNE Norma OS100)
Población Actual	=	2,400 hab.

Cálculo de r :

Dado que la población de UNIPAMPA es nueva, es decir, no existe registro de información censal, por lo que se tomará este valor de la tabla de coeficiente de crecimiento lineal por departamentos del Ministerio de Salud (1962), el cual, para el departamento de Lima, nos indica un crecimiento poblacional anual del 25 por mil.

Cálculo de t :

Para líneas de conducción, $t = 20$ años

Reemplazando en (Ec. 52) tenemos:

$$P_f(2,027) = 2,400 \times (1 + 25 \times 20 / 1,000)$$

$$P_f(2,027) = 3,600 \text{ Hab.}$$

3.1.4 Dotación

Es la cantidad de agua necesaria para establecer una población, de tal manera que se garantice una provisión suficiente ante cualquier exigencia, es función de la cantidad de habitantes considerada en el diseño y el consumo por persona y por día. Para estimar este consumo, deben valorarse todos los factores que tienden a modificar esta cifra.

Según la Norma OS-100 CONSIDERACIONES BASICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA del RNE, la dotación promedio anual por habitante se fijará en base a un estudio de consumo técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.

Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificara su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 200 l/hab/d, en clima frío y de 220 l/hab/d en clima templado y cálido.

Dotación en clima templado y cálido = 220 lt/hab/día

3.1.5 Variaciones del Consumo

Según el RNE, para las variaciones de consumo, referidos al promedio diario anual de la demanda, en caso de la no existencia de análisis de la información estadística se considerará los siguientes coeficientes:

- Máximo anual de la demanda diaria: 1,3
- Máximo anual de la demanda horaria: 1,8 a 2,5

Para nuestro caso se tomará:

- Máximo anual de la demanda diaria : K1 = 1,3
- Máximo anual de la demanda horaria: K2 = 2,0

Caudal Medio.

$$Q_m = \frac{Pob \times Dot}{Dia(s)} \quad (Ec. 53)$$

Reemplazando valores, tenemos:

$$Q_m = \frac{3600hab \times 220l \text{ hab}}{86400s} = 9.17 l/s$$

Caudal máximo de la demanda diaria $Q_{máx.d.}$

$$Q_{máx.d.} = K1 \times Q_m \quad (Ec. 54)$$

Reemplazando valores, tenemos:

$$Q_{máxd} = 1.3 \times 9.17 \text{ l/s} = 11.92 \text{ l/s}$$

Caudal máximo de la demanda horaria $Q_{máx.h}$

$$Q_{máx.h} = K2 \times Q_m \quad (\text{Ec. 55})$$

Reemplazando valores, tenemos:

$$Q_{máx.h} = 2.0 \times 9.17 \text{ l/s} = 18.34 \text{ l/s}$$

3.2.- PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

Antes de la determinación de las características del sistema de suministro, se debe tener en cuenta en el diseño ciertos criterios y parámetros que permitan dar seguridad y condiciones de servicio a un mínimo costo de inversión.

Son estos criterios y parámetros los que se explican a continuación.

3.2.1 De la Línea de Impulsión

Para las líneas de impulsión se toma como base una serie de criterios y parámetros, partiendo de las condiciones a las que se encontrará sometida la tubería, como su entorno y el tipo de fluido que conducirá.

Partiendo de datos básicos como caudal, longitud y desnivel entre el punto de carga y de descarga, se parte en la elección de:

Material de la tubería

El material de la tubería es escogido por factores económicos, así como de disponibilidad de accesorios, y características de resistencia, ante esfuerzos que se producirán en momento de su operación.

- PVC para diámetros hasta 250 mm, clase 10 o clase 15 (Normas ISO 4422).

- FFD para diámetros de 300 mm a mayores, clase K-9 (Normas ISO 2531).

Accesorios de FFD k-9 en todos los casos, para presiones de servicio mayores a 10 bars (Normas ISO 2531).

Se evaluará el material de tubería a utilizar cuando la corrosividad sea especialmente agresivo, es decir para cuando el contenido de sales solubles, ión sulfatos y ión cloruros del terreno sean superiores a 1000 ppm y el pH del subsuelo deberá estar fuera de los límites comprendidos entre 6 y 8.

Diámetro de la tubería

Los criterios de elección del diámetro se basan en un análisis técnico - económico.

Criterio Técnico

Para determinar las pérdidas de carga por fricción se utilizó la fórmula de Hazen – Williams.

La elección de la dimensión del diámetro depende también de la velocidad en el conducto, en donde velocidades muy bajas permiten sedimentación de partículas y velocidades altas producen vibraciones en la tubería, así como pérdidas de carga importantes, lo que repercute en un costo elevado de operación.

Según SEDAPAL, las velocidades recomendables son:

- Para líneas de Conducción de 0.6 m/s a 3 m/s.
- Para líneas de impulsión de 0.6 m/s a 2.0 m/s.

Así mismo, se han llegado a establecer criterios de diseño para líneas de impulsión y para redes de distribución, en función de la velocidad de flujo, considerada esta como velocidad económica. En tal sentido, se presenta la siguiente Cuadro N° 08, como una orientación para el diseño.

Cuadro N° 08: Diámetros de Tuberías en Función de Gastos (Velocidad Económica)

Diámetro		Velocidad Máx. m/seg	Qmáx Lts/seg
mm	Pulgada		
75	3"	0.70	3.05
100	4"	0.75	5.89
150	6"	0.80	14.14
200	8"	0.90	28.27
250	10"	1.00	49.09
300	12"	1.10	77.75
350	14"	1.20	115.45
400	16"	1.25	157.10
450	18"	1.30	206.78
500	20"	1.40	274.90
600	24"	1.60	452.39
750	30"	1.60	729.60

Fuente: "Abastecimientos de Agua", Simón Arocha R.

Criterio Económico

El cálculo económico, está basado en:

- Datos de inversión Inicial
- Costo de la tubería instalada por metro lineal.
- Costo del equipo de bombeo instalado por cada HP o kW.
- Datos de inversión por explotación
- Costo anual de operación.
- Intereses devengados por Inversión.
- Valor Presente de Operación en 10 años

Para su evaluación se toma como información los siguientes datos:

- Caudal de bombeo.
- Longitud de la línea de impulsión.
- Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams
- Niveles de succión y descarga.
- Tasa de descuento (12% establecida por el BID)

- Coeficientes de la función costos para equipo (a, k)
- Precio Equipo Instalado = k x (Potencia instalada de la bomba)
- Costos de energía en kW /hora.
- Horas de funcionamiento de la bomba

Coeficientes de rugosidad - C

Empleado para el cálculo de la pérdida de carga por fricción en la fórmula de Hazen - William y que depende del tipo de tubería a utilizar.

❖ Tubos de PVC:	Nuevo	$C = 140$	pe
	Antiguo	$C = 110$	pe
❖ Tubos de FFD:	Nuevo	$C = 130$	pe
	Antiguo	$C = 100$	pe

Deflexiones en Tuberías de Unión Flexible

- **Tuberías de PVC**

Se considera que no existe deflexión en las uniones de este tipo, la deflexión se considera en el cuerpo del material y nunca mayor de 30 cm en diámetros menores a 110 mm, y en diámetros mayores hasta un máximo de 12 cm por tubo de 6 m de largo.

- **Tuberías de FFD**

Se puede realizar desviaciones en las uniones de 5° en diámetros hasta 150 mm, de 4° en diámetros de 200 a 300 mm, 3° en diámetros de 350 mm a 600 mm y de 2° de 700 mm a 800 mm.

Pendientes Mínimas

El diseño de las líneas de impulsión se ha realizado considerando la operación del sistema, de tal manera que facilite la acumulación de aire en las

partes altas pronunciadas, en donde se instalarán elementos que aseguren la evacuación de éste.

Se recomienda pendientes mínimas de:

- 2 a 3 mm/m en las partes ascendentes.
- 4 a 6 mm/m en las partes descendentes.

Estando sujeto esto a la configuración de la topografía

Válvulas de Aire - Ventosas (evacuación y admisión de aire)

Las condiciones de funcionamiento, la cantidad y el emplazamiento de estos hacen difícil el dimensionamiento, por lo que se elegirá de manera clásica la ubicación y dimensionamiento de estas válvulas:

Ubicación:

- En todos los puntos altos.
- Cambio de pendiente ascendente a descendente.
- En puntos donde la tubería sale sobre el suelo (Ejm.: Casetas, cámaras, etc)

Dimensionamiento de acuerdo al diámetro del conducto:

- DN < 250 rnm - Ventosas de DN 60 mm
- DN 300 rnm a 600 rnm - Ventosas de DN 80 mm.
- DN 700 rnm a 900 rnm - Ventosas de DN 150 mm.

El caso de desniveles importantes se realizará un cálculo en forma particular.

Válvulas de Purga

Las válvulas de purga se ubicarán en los puntos bajos de la tubería.

La elección se realizará teniendo en cuenta la velocidad de drenaje, recomendándose:

- DN 100 rnm a 400 rnm - Válvulas de DN 100 mm.
- DN 400 mm a 600 mm - Válvulas de DN 150 mm
- DN 700 mm a 1000 mm - Válvulas de DN 200 mm.

Además la cruceta de cierre debe ser colocada como mínimo a 60 cm. bajo la superficie del terreno.

Válvulas de Seccionamiento

Las válvulas de seccionamiento serán ubicadas teniendo en cuenta la operatividad del sistema.

- Válvulas Compuerta hasta tuberías de 250 mm.
- Válvulas Mariposa desde tuberías de 300 mm.

Profundidades de excavación y altura de relleno

Se considera profundidades de excavación en el rango de 1.35 m a 2.5 m. Según el Reglamento de Elaboración de Proyectos de SEDAPAL, se considera una altura de relleno mínima de 1.0 m encima de la clave del tubo.

3.2.2 Del Sistema de Bombeo

Planeamiento de las estaciones de bombeo

La ubicación de la estación de bombeo obedece a criterios de mayor ahorro de energía, a fin de que el costo de operación, así como el tamaño de los equipos de bombeo sean de la menor dimensión posible para que cumplan en forma eficiente con las demandas del sistema en los momentos de máxima demanda al final del horizonte de diseño.

Para el diseño de la estación de bombeo se han considerado los siguientes aspectos:

- El equipo de bombeo (conjunto motor bomba)
- El cálculo de la velocidad específica.

Selección del conjunto motor-bomba

Número de Unidades, el número de unidades dependerá fundamentalmente del gasto de bombeo y de sus variaciones.

Cuando se tiene un gasto constante a lo largo del período de diseño, es preferible instalar un solo equipo de bombeo.

Selección equipo de bombeo, se toma fundamentalmente el caudal de bombeo al fin del período de vida útil del equipo y la altura dinámica total. Para la succión se ha verificado si se presenta altura positiva en la succión o negativa, referido a la altura sobre el nivel del mar.

Tipo de Bomba, los equipos que se han seleccionado son aquellos que representan la máxima eficiencia, se ha considerado la velocidad específica, así como el NPSH requerido, tensión de vapor, peso específico, las condiciones del lugar donde se instalará.

Potencia del motor, la potencia del motor debe ser mayor a la potencia requerida por la bomba en un 10% a 15%, lo que permitirá absorber las pérdidas por disipación de calor.

Niveles del fluido, el nivel mínimo del líquido deberá ser adecuado para satisfacer el diseño particular de la bomba, se emplea en todos los casos las recomendaciones del fabricante del equipo de bombeo.

Velocidades en las tuberías de succión y bombeo

Líneas de bombeo, se ha detallado los parámetros de las líneas de bombeo en el ítem correspondiente a líneas de impulsión.

Líneas de succión, se recomienda que las velocidades de flujo sean menores a 2,5 m/s y la velocidad de rotación del impulsor no debe ser mayor a 3600 rpm.

3.2.3 Del Estudio de Flujo en Régimen Transitorio

En el estudio del flujo en régimen transitorio como el que se presenta debido al fenómeno denominado golpe de ariete es práctica común utilizar celeridades de 1000 a 1200 m/s para tuberías de FFD y 500 m/s para tuberías de PVC.

Aunque se puede utilizar estos valores de celeridades en forma rápida para determinar la sobrepresión es recomendable realizar el cálculo de la celeridad de forma más precisa con datos propios a cada tubería.

Para controlar efectos de subpresión es suficiente la utilización de válvulas de aire (admisión de aire), siendo innecesaria la utilización de otro dispositivo de protección.

3.2.4 De la Cimentación

Profundidad mínima

El bloque de anclaje para el cambio de dirección en tuberías enterradas debe de ser colocado por lo menos a 60 cm bajo la superficie del terreno.

Anclajes para accesorios y tuberías

A fin de contrarrestar el empuje que pueda presentarse debido a la presión interna de la tubería deberá diseñarse anclajes de concreto en:

- Cambios de dirección.
- Cambios de diámetro.
- Válvulas.
- Terminales de línea taponadas.
- Curvas verticales.

Las dimensiones y forma de los anclajes se determinarán teniendo en cuenta la presión de la línea, el diámetro del tubo, clase del terreno y tipo de accesorio.

El área o superficie de concreto del anclaje deberá dimensionarse de modo que el esfuerzo o carga unitaria que se trasmite al terreno, no supere la carga de resistencia admisible dada por cada terreno.

La fuerza centrífuga por la velocidad del agua no se considera en el cálculo de las dimensiones del bloque de anclaje por ser pequeña en comparación con las fuerzas de empuje por presión del agua.

La presión de diseño para el dimensionamiento del anclaje es 1.5 veces la presión nominal de operación en el punto de análisis.

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN Y SISTEMA DE BOMBEO

4.1.- MEMORIA DE CÁLCULO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN

4.1.1.- Cálculo del Diámetro y Pérdidas de Carga

Una vez conocidos los criterios y parámetros se procede al cálculo del diseño propiamente dicho de la línea de impulsión.

La nueva línea de impulsión tiene 3 tramos desde el pozo P-01 hasta el reservorio R-01 para facilitar el proceso de cálculo de las pérdidas locales y de fricción que permiten determinar la altura dinámica total del sistema.

Empleando la fórmula de Bresse para bombeo discontinuo ($K=1.3$) calculamos el diámetro que tendrá la nueva tubería de PVC (línea de impulsión).

Utilizando los parámetros obtenidos de los estudios preliminares:

Caudal de bombeo (Q_b)	:	24/Nx11.92 l/s
	:	20.40 l/s
Nº de horas de bombeo (N)	:	14

Reemplazando en (Ec. 1)

$$D = 1.3 \cdot \left(\frac{14}{24} \right)^{0.25} \cdot \sqrt{0.0204}$$

$$D = 0.162 \text{ m}$$

En este caso el valor obtenido corresponde al diámetro interior de una tubería comercial de PVC de diámetro nominal DN 219 mm (8") y cuyo diámetro interior resulta de 188.4 mm, ya que para la tubería de 6" el DN es de 168 mm y

su diámetro interior es de 144.6 mm, que es menor que 162 mm (obtenido por fórmula).

La velocidad del flujo se obtiene aplicando la ecuación (Ec 2):

$$V = \frac{4 \cdot \left(0.0204 \frac{m^3}{s} \right)}{\pi \cdot (0.1884m)^2}$$

$$V = 0.73 \frac{m}{s}$$

Esta velocidad es mayor a 0.6 m/s y menor a 2 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles según criterios de diseño de SEDAPAL. Además, la velocidad es menor que 0.90 m/s y el caudal es menor de 28.27 l/s, según el cuadro de velocidades económicas para un diámetro de 8" (ver Cuadro N° 08).

La pérdida de carga por fricción se calcula empleando la formula de Hazen - Williams descrita en el Capítulo II, siendo aplicada con los siguientes datos:

Longitud del tramo (L): 7,964.38 m

Coefficiente de rugosidad C para tubería nueva de PVC: 140 $\frac{pie}{s}$

Usando las ecuaciones (Ec. 4) y (Ec. 5), tenemos:

$$H_f = \left[\frac{0.0204}{0.2785 * 140 * (0.1884)^{2.63}} \right]^{1.85} \times 7,964.38$$

$$H_f = 22.85 \text{ m}$$

Las pérdidas locales se determinan utilizando el teorema de Borda-Belanger teniendo en cuenta los accesorios y el cambio de dirección de los tramos de tubería durante su instalación.

Para el tramo en estudio (tubería de PVC DN 219 mm) se ha definido según el perfil de la línea, el uso de los siguientes accesorios con sus respectivos valores del coeficiente de pérdidas locales k detallados en el cuadro obtenido de diversos manuales y textos especializados en hidráulica (ver referencias en la bibliografía).

Cuadro N° 9: Valores de Coeficiente de Pérdida Local Para Accesorios

Accesorios	Cantidad	k	Total
Codo 45°	5	0.40	2.0
Codo 22.5°	2	0.20	0.4
Codo 11.25°	1	0.10	0.1
Tee (válvula de purga)	15	0.10	1.5
Tee (válvula de aire)	13	0.10	1.3
Sumatoria de k			5.30
Velocidad en el Tramo (m/s)			0.73

Fuente: "Abastecimientos de Agua", Simón Arocha R.

Entonces reemplazando los datos en la expresión de pérdida local (Ec. 6), resulta:

$$H_l = 5.30x \frac{\left(0.73 \frac{m}{s}\right)^2}{2\left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$H_l = 0.15 \text{ m}$$

Relacionando el diámetro con la longitud de la tubería del tramo en estudio.

$$\psi = \frac{7,964.38}{0.1884}$$

Obtendremos:

$$\psi = 42,273.78 > 1,500 \text{ (Tubería Larga)}$$

Con lo que se concluye que la pérdida por accesorios y cambio de dirección de la tubería de PVC es despreciable y no debe ser tomada en cuenta en el proceso de cálculo.

Con el fin de realizar un diseño más conservador y teniendo la información a disposición se ha optado por considerar esta pérdida local para la en cuestión, aún cuando puede ser considerada despreciable.

También existen pérdidas locales que se encuentran en los tramos de tubería FFD en la estación de bombeo y en la tubería de llegada al reservorio por ser en éstas donde se encuentra el mayor número de accesorios.

4.1.2.- Cálculo de la Sobrepresión por Cierre Instantáneo

Empleando las ecuaciones del método de Allievi para tubería de tipo PVC DN 219 PN 15 (Clase 15) se tiene los siguientes parámetros:

Resistencia Máxima a la Presión de Agua	150 m.c.a.
Espesor de tubería (e)	0.0153 m.
Módulo de elasticidad del material (E)	$2.75 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Módulo de elasticidad del agua (K)	$2.0 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Diámetro interior (d)	0.1884 m
Densidad agua (ρ)	1,000 kg/m ³
Constante de gravedad (g)	9.81 m/s
Longitud de tubería (L)	7,964.38 m
Velocidad del agua en la tubería (V)	0.73 m/s

Diferencia de niveles entre el punto más alto de llegada del agua al reservorio y el punto mas bajo del eje de tubería (ΔH): 105.60 m.

Calculamos primero la velocidad de propagación de la onda (Ec. 32):

$$a = \sqrt{\frac{1}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \left[\frac{1}{2.0 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} + \frac{0.188 \text{m}}{(0.0153 \text{m}) \left(2.75 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)} \right]}} = 448.21 \text{m/s}$$

Para calcular el tiempo de cierre usaremos la expresión empírica de Mendiluce, de la ecuación (Ec. 35):

Donde el coeficiente K vale:

$K = 1$, para $L > 1,500 \text{ m}$

Reemplazando los datos tenemos::
$$T = 1 + \frac{1 \times 7,964.38 \times 0.73}{9.81 \times 105.60} = 6.61 \text{s}$$

Luego, si $L > aT/2$, entonces usamos la ecuación de Allievi (Ec. 34) para hallar la altura por golpe de ariete.

$$L = 7,964.38 \text{ m} > aT/2 = 448.21 \times 6.61 / 2 = 1,481.33 \text{ m}$$

Entonces usamos la fórmula de Allievi, pero el tiempo de cierre lo analizamos ahora en el caso más crítico que es un cierre instantáneo en vez de un cierre gradual ya que generará mayor presión. El tiempo de propagación de la onda igual al tiempo de cierre instantáneo se calcula usando la ecuación (Ec. 38) como:

$$T_c = \frac{2(7,964.38 \text{m})}{448.21 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$T_c = 35.54 \text{s}$$

Obtenidos estos datos podremos calcular (Ec. 39) la carga por sobrepresión en m.c.a.:

$$\Delta H_a = \frac{\left(0.73 \frac{m}{s}\right) * \left(448.21 \frac{m}{s}\right)}{9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$\Delta H_a = 33.48m$$

Entonces, reemplazando en la ecuación (Ec. 40), la presión máxima en el punto mas bajo del eje de la tubería será:

$$P_{m\acute{a}x} = 105.60m + 33.48m$$

$$P_{m\acute{a}x} = 139.08m.c.a.$$

Con lo que podremos concluir que la clase escogida para la tubería de PVC (clase 15) para las condiciones de trabajo es la correcta; coincidiendo con las especificaciones técnicas y parámetros de diseño planteados en el estudio y a que la resistencia máxima de presión de agua no superará los 150 m.c.a como se observa en los resultados de sobrepresión por efecto del golpe de ariete.

Esta tubería soportará sin problemas la sobrepresión por efecto del golpe de ariete sin la necesidad de instalar accesorios de seguridad complementarios o válvulas contrapresión que elevarán el costo total de inversión.

Debido a que las uniones en los cambios de dirección son de FFD las presiones que pueden soportar son mayores a las de PVC por tal motivo, éstas soportarán también la sobrepresión sin problemas.

Luego de calcular estos parámetros correspondientes a la línea de impulsión es necesario determinar la potencia necesaria que requiere el equipo de bombeo para vencer la altura dinámica total y entregar el agua al reservorio de forma efectiva.

4.1.3.- Cálculo de la Potencia de la Bomba.

Potencia de consumo

Energía entregada por la bomba al agua (Ec. 7) considerando que:

Altura dinámica total (HDT)	:	141.34 m.
Caudal de Bombeo (Q_b)	:	20.4 l/s.
Eficiencia de la bomba (η_b)	:	78%

$$P_c = \frac{100 * (20.4) * (141.34)}{75(78)}$$

$$P_c = 49.36 H.P.$$

Potencia instalada

Energía entregada al motor (Ec. 8) considerando que:

Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (η_c):

Donde:

η_m Eficiencia del motor: 85%

Reemplazando en (Ec. 9), tenemos:

$$\eta_c = 78\% \times 85\%$$

$$\eta_c = 66\%$$

$$P_i = \frac{100(20.4)(141.34)}{75(66)}$$

$$P_i = 58.33 H.P.$$

Calculado ya el diámetro, la clase, el tipo de tubería y la potencia del equipo de bombeo de acuerdo a los criterios y parámetros del diseño, debemos determinar los costos de cada uno de los componentes del sistema descritos en la metodología para obtener el Valor Presente de los costos totales.

4.1.4.- Cálculo de Costos Totales y Valores Presentes

Para la línea de impulsión de PVC DN 219 mm procedemos a calcular los costos totales y sus respectivos Valores Presentes.

- Costo total tubería instalada (adquisición, transporte, instalación y testeo).

$$\text{CostoTotalTuberia(USD)} = \left(35.22 \frac{\text{USD}}{\text{m}} \right) (7,964.38\text{m})$$

$$\text{CostoTotalTuberia(USD)} = 280,505.46$$

- Costo total equipo de bombeo (adquisición, transporte, instalación y testeo)

$$\text{Costo Total Equipos (USD)} = 1,211.3 \times (58.33 \text{ HP})^{0.7183}$$

$$\text{Costo Total Equipos (USD)} = 22,472.81$$

- Costo anual de operación (Energía Consumida).

$$\text{CostoAnualOperaciones(USD)} = 4,320(43.51\text{kW}) \left(0.2 \frac{\text{USD}}{\text{kW} - \text{h}} \right)$$

$$\text{CostoAnualOperación(USD)} = 43,862.48$$

- Costo Anual de Mantenimiento (repuestos, insumos, personal, herramientas, etc.)

$$\text{CostoAnualMantenimiento(USD)} = 1,000$$

- Valor Presente de Inversiones Totales

$$V.P.InversionesTotales(USD) = 280,505.46 + 22,472.81$$

$$V.P.InversionesTotales(USD) = 302,978.27$$

- Valor Presente de Reposiciones Totales

$$V.P.Re\ posiciónTotal(USD) = 3062,978.27 \times \left[\left(\frac{0.12(1 + 0.12)^{10}}{(1 + 0.12)^{10} - 1} \right) * 10 - 1 \right]$$

$$V.P.Re\ posiciónTotal(USD) = 233,293.27$$

- Valor Presente de Explotación Total

$$V.P.ExplotaciónTotales(USD) = (1,000 + 43,862.48) \times \left[\frac{0.12(1 + 0.12)^{10}}{(1 + 0.12)^{10} - 1} \right]^{-1}$$

$$V.P.ExplotaciónTotales(USD) = 253,473.01$$

- Valor Presente Costos Totales

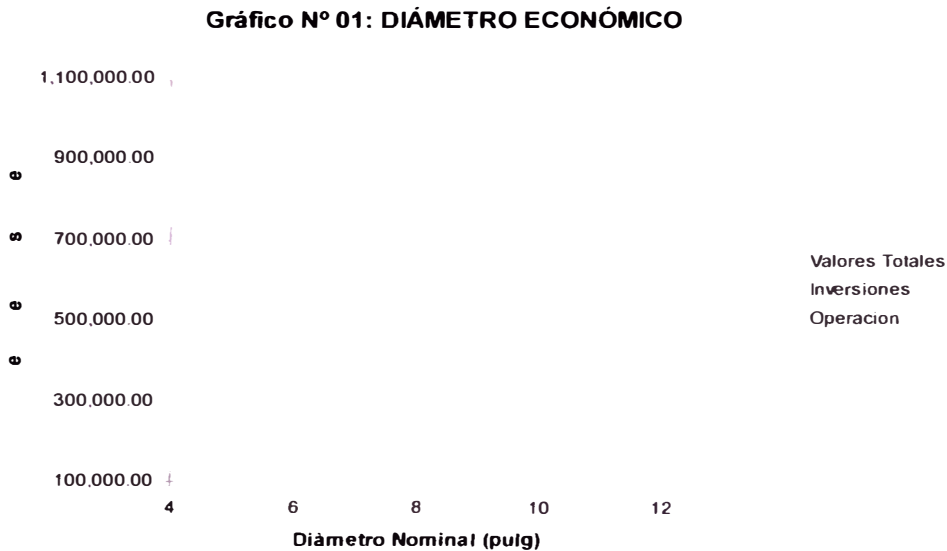
$$V.P.CostosTotales(USD) = 302,978.27 + 233,293.27 + 253,473.01$$

$$V.P.CostosTotales(USD) = 805,624.11$$

Luego, en la decisión si éste diámetro es el correcto o no económicamente, debemos calcular los costos totales para nuevas líneas calculadas con un diámetros comercial anterior y un posterior al primer diámetro comercial determinado con la fórmula de Bresse.

A este procedimiento se le conoce como análisis de sensibilidad económica y nos permite identificar el diámetro a utilizar de acuerdo al menor costo total presente para la selección del nuevo equipo de bombeo.

Los valores de estos cálculos se resumen en la Tabla N° 04 y se representa gráficamente en el Gráfico N° 01: Diámetro Económico de los Anexos. Se incluye además los valores de las pérdidas de carga por fricción y locales para los distintos diámetros comerciales alternativos.



4.2.- Memoria de Cálculo del Sistema de Bombeo

Obtenido el valor del diámetro económico procedemos a calcular la curva característica de la red compuesta por la tubería de impulsión, es decir elaborar la curva de altura (H) vs gasto (Q) de la red para confrontarla con las curvas características del equipo de bombeo escogido en el desarrollo del diámetro económico y determinar el punto de operación óptimo (eficiencia bomba > 50%).

4.2.1.- Cálculo de la Curva Característica de la Red

A cada punto de la curva le corresponde un caudal y una altura dinámica total que se calcula como se describe en el planteamiento teórico.

Los caudales dados para construir la curva van desde 5 l/s a 40 l/s.

Para determinar la HDT se debe calcular las pérdidas de carga tanto por fricción como locales utilizando la fórmula de Hazen- Williams y el teorema de Borde Belanger respectivamente.

Primer Punto de la curva característica de la red

Caudal inicial (Q): 5 l/s

Pérdidas de carga por fricción (Ec. 4 y Ec. 5)

$$H_f = \left[\frac{7,964 \cdot 38 \text{ m}}{0.2785 * 140 * (0.1884 \text{ m})^{2.63}} \right]^{85} \left(0.005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)^{1.85}$$

$$H_f = 1.69 \text{ m}$$

Pérdida de carga locales por accesorios y válvulas

$$H_l = H_{l_{\text{estación de bombeo}}} + H_{l_{\text{línea de impulsión}}} + H_{l_{\text{reservorio}}}$$

$$H_l = 4.10 \frac{\left(0.18 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} + 5.30 \frac{\left(0.18 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} + 4.00 \frac{\left(0.18 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}$$

$$H_l = 0.02 \text{ m}$$

Reemplazando en la ecuación correspondiente a la HDT:

$$HDT = H_{\text{Geo}} + H_{\text{Res}} + H_f + H_l = 115.60 \text{ m} + 0.50 \text{ m} + 1.69 \text{ m} + 0.02 \text{ m}$$

$$HDT = 117.81 \text{ m}$$

De igual forma se calcula para los siguientes puntos con los sucesivos caudales procediendo luego a graficarlos.

Los valores de estos cálculos se presentan en la Tabla N° 05: Construcción de la Curva Característica de la Red, de los Anexos.

4.2.2.- Cálculo de la Curva Característica de la Bomba

De acuerdo a criterios de selección se ha visto conveniente el uso de un tipo de bomba con motor sumergible (electrobomba sumergible), de extensa aplicación en la extracción de agua subterránea a gran profundidad.

Las electrobombas sumergibles se han vuelto la alternativa más aceptable en vista de las limitaciones que presentan otro tipo de bombas como las bombas centrífugas verticales cuya capacidad de succión está limitada en la práctica a un máximo de 7 m de profundidad por debajo del nivel del terreno.

En vista de ello se busca modelos de electrobombas sumergibles cuyo campo de utilización se adapten a las condiciones de diseño.

Es así como se obtiene la electrobomba con las siguientes características:

Bomba

Tipo	Sumergible
Marca	CAPRARI
Modelo	E10R35/6
DN	100 mm
Número de etapas	Seis (6 und)

Motor

Marca	CAPRARI
Modelo	MC850
Voltaje	400 V (Trifásica)
Frecuencia	50 Hz
Potencia	50 HP (37 kW)
Velocidad	2905 RPM
Factor de potencia	$\cos \varphi = 0.85$
Temperatura Max	25°C
N° polos:	2 (dos)
Número de unidades	Uno (1 und)

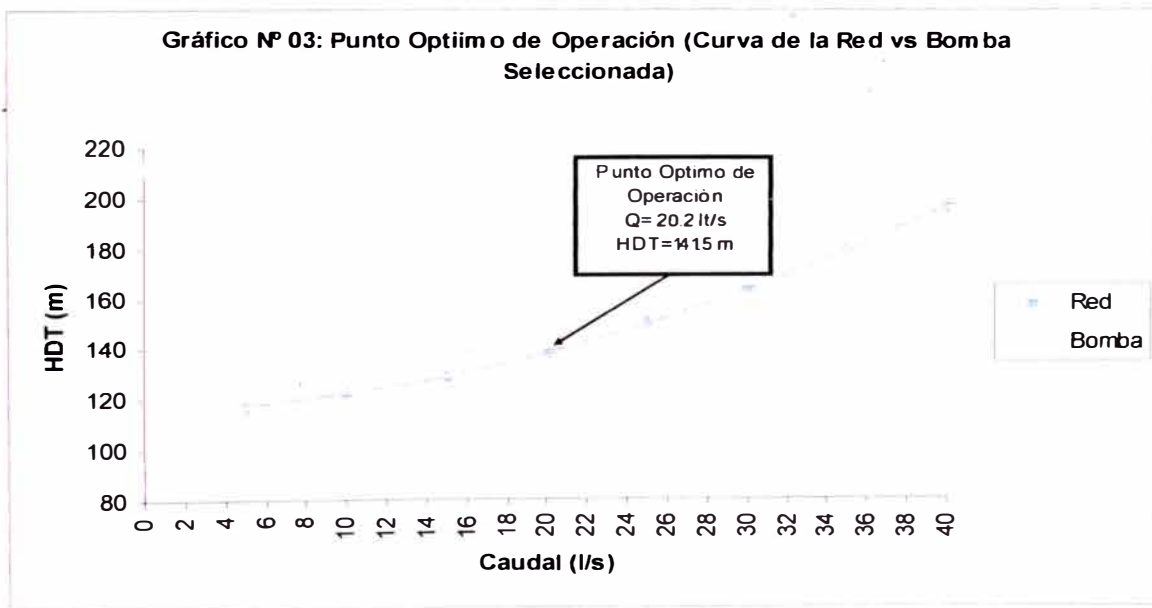
Los datos de caudal y altura de bombeo que desarrolla esta electrobomba son extraídos de la curva proporcionada por el fabricante o proveedor presentados en la Tabla N° 06 de los Anexos

Tabla N° 06
VALORES DE ALTURA - GASTO DE LA ELECTROBOMBA SELECCIONADA
E10R35/6 + MC850

Caudal (l/s)	0	12	14	16	18	20	21	22	23	24	25	26	27
HDT - Bomba (m)	211	181	175	168	155	142	133	127	119	111	103	95	86

Fuente: Manual de Equipos – CAPIRI (Anexos)

Estos datos forman la curva característica de la electrobomba y deben ser plateados en la misma grafica de la curva característica de la red para poder encontrar el punto óptimo de operación del equipo (ver Gráfico N° 03).



Para nuestro caso con la electrobomba seleccionada el punto óptimo tendrá los siguientes parámetros:

- Caudal Óptimo ($Q_{\text{óptimo}}$) : 20.2 l/s
- Altura Dinámica Total Óptimo ($HDT_{\text{óptimo}}$) : 141.5 m
- Altura Positiva de Succión Neta requerido (NPSH) : 2.2 m
- Eficiencia de la Bomba (η_{bomba}) : 75.8%

Además en los anexos se presenta el resumen de las características del equipo de bombeo seleccionado y los parámetros de funcionamiento óptimo.

4.2.3.- Cálculo del Coeficiente de Velocidad Específica

Para asegurar que la elección de la bomba es la correcta calculamos su coeficiente de velocidad específica. Se utiliza la altura de impulsión de un solo rotor.

$$HDT_{c/rotor} = \frac{141.5m}{6} = 25.58m$$

Entonces:

$$N_s = \frac{3.65 * 2905rpm * \sqrt{0.0204 \frac{m^3}{s}}}{(25.58m)^{3/4}}$$

$$N_s = 133rpm$$

Utilizando la grafica de la zona de buen Rendimiento de la bomba establecemos los límites para la altura de cada rotor:

Limite mínimo	:	Ns1 = 200 rpm
Limite máximo	:	Ns2 = 300 rpm

El grafico de la zona de buen Rendimiento de la bomba por cada rotor se presenta en la sección anexos.

4.2.4.- Obtención de la Cavitación y NPSH

Para evitar el fenómeno de cavitación en la bomba y tener una falla prematura, debemos seguir los criterios del fundamento teórico acerca de cavitación; así tenemos, del pozo P-1 donde se iniciará el bombeo:

$$P_1 = P_{atm} = 0$$

$$P_v \text{ a } 20^\circ\text{C} = 0.0238 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Ver Cuadro N}^\circ 7 \text{ de Capítulo II})$$

γ_{agua} a 20°C = 998 kg/m³ (Ver Cuadro N° 7 de Capítulo II)

De la bomba seleccionada:

N = 2905 rpm

Q = 20.2 l/s

H_D = 141.5 m

H_S = 10.00 m

H_g = 115.60 m

Las pérdidas en la succión $h_{ps} = 0.10$ m.

Con estos datos hallaremos el $NPSH_{\text{disponible}}$, de la ecuación (Ec. 28):

$$NPSH_{\text{disponible}} = \frac{P_1}{\gamma} - \left(H_s + \frac{P_v}{\gamma} + h_{ps} \right) - \left(H_s + \frac{P_v}{\gamma} + h_{ps} \right) \dots \quad (i)$$

El signo negativo es porque la línea de succión esta por debajo del nivel de aguas del pozo.

Reemplazando valores en (i):

$$NPSH_{\text{disponible}} = 10 + \frac{0.0238 \times 10^4}{998} + 0.1 = 10.00 + 0.24 + 0.10 = 10.34 \text{ m.}$$

$$\text{Determinaremos ahora el } NPSH_{\text{requerido}} : \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \Delta h_p \right) \quad (ii)$$

Para tener el mínimo valor de $NPSH_{\text{requerido}}$, se deberá igualar las velocidades de salida y de entrada de la bomba, esto es $v_2 = v_1$, reduciendo la ecuación (ii) a:

$$NPSH_{\text{requerido}} = \Delta h_p \quad (iii)$$

De la ecuación (Ec. 27) tenemos:

$$\Delta h_p = 0.0012 \times (2905 \times 0.0202)^{4/3} \times \frac{115.60}{141.5} = 3.01 \text{ m}$$

Por lo tanto, $NPSH_{\text{requerido}} = \Delta h_p = 3.01$ m

Cumpliendo así la condición de la desigualdad (Ec. 29).

$$NPSH_{\text{disponible}} = 10.34 \text{ m} > NPSH_{\text{requerido}} = 3.01 \text{ m}$$

Debemos mencionar también que, el valor de $NPSH_{\text{requerido}}$, obtenido de los datos del fabricante resultó ser de 2.20 m, valor menor al obtenido numéricamente, con el cual, también se cumple la condición para que no se produzca la cavitación.

4.3.- Memoria de Cálculo de la Cimentación

4.3.1.- Comportamiento de Tuberías Enterradas

Tomando el punto más bajo de la línea de impulsión donde el suelo es de tipo SP-SM (arena limosa pobremente graduada), se tendrá la mayor carga de relleno.

Utilizando los siguientes datos:

Peso específico del suelo (γ)	:	1,650 kg/m ³
Profundidad del relleno sobre la corona del tubo (HR)	:	2.0 m
Carga viva para vehículos de eje simple (P_o)	:	957 kg/m ²

Reemplazando en la expresión de la carga de total (Ec. 41):

$$P = (1650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(2.0\text{m}) + 957 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P = 4,257 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

El esfuerzo de compresión en las paredes del tubo se calculará con la ecuación (Ec. 42):

$$\sigma_c = \frac{\left(4257 \frac{kg}{m^2}\right) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) (0.219 m)}{2(1000) \left(0.0153 \frac{m^2}{m}\right)}$$

$$\sigma_c = 298.88 \frac{kN}{m^2}$$

Este esfuerzo de compresión obtenido no debe sobrepasar en este caso el $\sigma_{m\acute{a}x}$ de compresión para tubería de PVC.

Por lo tanto, el factor de seguridad al límite de este esfuerzo en la pared es calculado mediante la expresión:

$$\eta_{ctu} = \frac{1471.5 \frac{kN}{m^2}}{298.88 \frac{kN}{m^2}}$$

$$\eta_{ctu} = 5.1 > 2$$

Siendo $\sigma_{m\acute{a}x} = 15 kg/cm^2$ ($1471.5 kN/m^2$) la resistencia máxima de compresión que puede soportar el tubo de PVC PN 15 antes del fallo de ruptura.

4.3.2.- Diseño de Anclajes

Tomando la línea de la tubería de PVC, el diseño del anclaje se desarrolla para un nudo de cambio horizontal.

Cambio de dirección Horizontal (Nudo 1 - Codo 45°)

Utilizando los siguientes datos para ser empleados en el cálculo del empuje por presión de agua:

Peso específico del agua (λ)	:	1000 kg/m ³
Diámetro interior de tubo (D)	:	0.188 m
Carga nominal en el cambio de dirección (Hp)	:	132.8 m
Angula de cambio de dirección horizontal (a)	:	45°

Reemplazando en la formula de la resultante (Ec. 44):

$$R = \frac{\pi(0.188m)^2 \left(1000 \frac{kg}{m^3} \right) (1.5)(132.8m) \text{Sen}(45^\circ)}{2}$$

$$R = 4,250.21kg$$

De acuerdo a la información de suelos esfuerzo vertical admisible para el tramo de 417 m. donde se encuentra el nudo 1 es de 4 kg/cm² a la profundidad de 1.5 metros. Como el anclaje se apoya en la pared de la zanja se debe de calcular el área con el esfuerzo horizontal admisible correspondiente a la mitad del esfuerzo vertical admisible e igual a 2 kg/cm².

Reemplazando este dato en la formula del área de contacto del bloque:

$$\frac{4250.21kg}{2 \frac{kg}{cm^2}} = A_B$$

$$A_B = 2,125.1cm^2$$

Finalmente las dimensiones de la superficie de contacto del anclaje tendrán que ser aquellas que me den un área mayor a la calculada Para este caso designamos los siguientes valores:

$$L = 60 \text{ cm.} \quad \text{y} \quad W = 60 \text{ cm.}$$

$$A_{B\text{-efectiva}} = 3600 \text{ cm}^2 > A_B \quad 2125 \text{ cm}^2$$

La tercera dimensión se obtiene considerando el ancho de la zanja que según las especificaciones técnicas de excavación se obtiene por la suma del diámetro nominal del tubo mas 0.50 m.

Entonces podremos asumir para el tubo de DN 219 mm:

$$N = 80 \text{ cm}$$

Como la forma del bloque escogido para la cimentación es del tipo tronco piramidal, las dimensiones de la base son las obtenidas arriba (L y W), mientras que las otras dos dimensiones del área que se encuentra en contacto con el tubo serán determinadas en función del diámetro nominal y la tercera dimensión N.

$$T = (75 - 0.2 \times 22) \text{ cm}, \quad F = \left(75 - \frac{22}{2}\right) \text{ cm}$$
$$T = 70 \text{ cm}, \quad F = 65 \text{ cm}$$

Las dimensiones de los bloques de tronco piramidal de anclaje para los otros nudos serán las mismas para uniformizar el diseño, siendo además el caso más crítico las analizadas líneas arriba.

El material del que esta hecho el bloque de anclaje es de concreto cuya resistencia a la compresión es $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$, por consiguiente el empuje no provocará desplazamiento ni compresión del material y el esfuerzo será transmitido al suelo que soportara sin problemas la tensión resultante.

El anclaje estará colocado de tal forma que la fuerza de empuje resultante R incida de forma perpendicular con la base de éste, debiendo además pasar por el centro de la superficie de contacto con el suelo.

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TECNICAS

5.1.- INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN – PVC

5.1.1.- Generalidades

Las presentes especificaciones técnicas corresponden al suministro, instalación y puesta en servicio de tubería de cloruro de polivinilo (PVC) lisa para agua potable, las cuales han sido recopiladas y tomados como referencia de proyectos convocados a licitación por SEDAPAL.

Las líneas de agua potable serán instaladas con los diámetros indicados en los planos.

5.1.2 Excavación de Zanja

La realización de la zanja y su relleno depende de los siguientes parámetros:

- Entorno.
- Características de la tubería (tipo de junta y diámetro).
- Naturaleza de terreno (con o sin agua).
- Profundidad de colocación.

La inclinación de los taludes de la zanja debe estar en función de la estabilidad de los suelos (niveles freáticos altos, presencia de lluvias, profundidad de excavaciones y el ángulo de reposo del material) y su densidad a fin de concretar la adecuada instalación, no olvidando el aspecto económico.

En zonas con nivel freático alto, cabe la posibilidad de tener que efectuar entibados o tablestacados en las paredes de la zanja, a fin de evitar derrumbes, Asimismo, es posible tener que efectuar operaciones de bombeo a fin de bajar el nivel freático o recuperar una zanja inundada.

Apertura de la zanja

Por debajo de la calzada prever la demolición de la vía de circulación, con resorte previo de los bordes de la zanja para evitar la degradación de las partes colindantes. La anchura es un poco superior al ancho de la zanja.

La excavación suele efectuarse con una pala hidráulica cuyas características están adaptadas al diámetro del tubo, al entorno y a la profundidad de colocación.

Durante la ejecución se tendrá cuidado para:

- Estabilizar las paredes, bien mediante taludes, bien por blindajes.
- Expurgar los flancos de los taludes para evitar que caigan bloques de tierra o de roca.

Anchura de la zanja

La anchura de la zanja es función del diámetro nominal, la naturaleza del terreno, la profundidad de colocación y del método de blindaje y compactación. El ancho de la zanja debe ser uniforme en toda la longitud de la excavación.

El ancho de la zanja a nivel de la parte superior de la tubería debe ser lo menor posible, de manera que permita una instalación correcta y eficiente, esto minimiza la carga de la tierra sobre el tubo. Así, un aumento en el ancho de zanja por encima de la clave del tubo no incrementa la carga de tierra sobre la tubería. Este aumento de ancho se consigue dando una pendiente adecuada a los costados de la zanja. Una zanja angosta dificulta la instalación de la tubería (tendido y compactación).

Como recomendación general se sugiere el siguiente ancho de la zanja al nivel de la clave del tubo: DN + 0,50 m.

Profundidad de la zanja

Las zanjas se realizan en cada punto con la profundidad indicada por el perfil longitudinal. Salvo estipulación diferente de las bases técnicas, la profundidad normal de las zanjas es tal que el espesor del relleno no sea inferior a 1 metro por encima de la generatriz superior del tubo.

Material excavado

Todo el material excavado deberá ser ubicado a una distancia aproximada de 0,40 m del borde de la zanja, de tal manera que no obstaculice el trabajo posterior de instalación de la tubería.

Realización de taludes

Pocas veces utilizada en entorno urbano, debido a las superficies que requiere, la realización de taludes consiste en dar a las paredes una inclinación denominada "ángulo de talud", que debe aproximarse al ángulo de fricción interno del terreno.

Este ángulo varía con la naturaleza de los terrenos hallados.

Blindaje de las excavaciones

Las técnicas de blindaje son numerosas y es importante que sean estudiadas y adaptadas antes de comenzar las obras.

El blindaje debe realizarse en los casos previstos por la reglamentación vigente o, de manera general, cuando así lo requiera la naturaleza del terreno.

Las técnicas de blindaje más normales que podemos mencionar son:

- Tableros de madera en elementos prefabricados (ensamblables o no).
- Entibados de madera o metálicos.
- Tablestacas

Cualquiera que sea el procedimiento utilizado, habrá que tener en cuenta la presión de las tierras.

Fondo de zanja

Esta preparación es el comienzo de una instalación satisfactoria. Con rapidez y eficiencia de la maquinaria moderna de excavación, es económico y recomendable excavar un poco más de lo especificado a efectos de nivelar con material granular.

El material granular colocado a máquina y formado a mano proporciona un fondo de zanja satisfactorio firme y que soporta continuamente la tubería.

Los materiales más económicos son: arena, fina o triturado pequeño, ya que su compactación se obtiene con un mínimo de apisonamiento. Con esta base, el objetivo primordial es evitar vacíos debajo y alrededor del cuadrante de la tubería.

En lugar de material granular, el sobrecorte puede rellenarse y nivelarse con material seleccionado de la excavación siempre y cuando no contenga piedras grandes, terrones duros y basura. Materiales que tengan piedra, arcilla en pedazos, barro o materia orgánica no deben ser usados.

El fondo de la zanja debe presentar una superficie bien nivelada, para que los tubos se apoyen sin discontinuidad a lo largo de la generatriz inferior; para cuyo efecto los cinco centímetros de sobre-excavación, deben rellenarse y apisonarse con arena o tierra fina bien seleccionado. Se determinará la ubicación de las uniones en el fondo de la zanja antes de bajar a ella los tubos, en cada uno de esos puntos se abrirán hoyos o canales transversales de la profundidad y ancho necesario para el fácil manipuleo de los tubos y sus accesorios en el momento de su montaje.

El fondo de la zanja debe ser también continuo, plano y libre de piedras, troncos o materiales duros y cortantes.

Debe nivelarse también de conformidad con el perfil longitudinal de la canalización y quedar exento de cualquier obra antigua de mampostería.

Presencia de agua: La excavación debe empezar aguas abajo y proseguir aguas arriba, de manera que permita la auto-excavación del agua del fondo de la zanja.

Cuando la excavación se efectúa en un terreno embebido de agua (napa freática), puede ser necesario evacuar las aguas de la zanja mediante:

- Achique por bombeo (directamente en la zanja o en un pozo lateral).
- Descenso de la capa freática por aspiración o pozos filtrantes.

Lecho de colocación

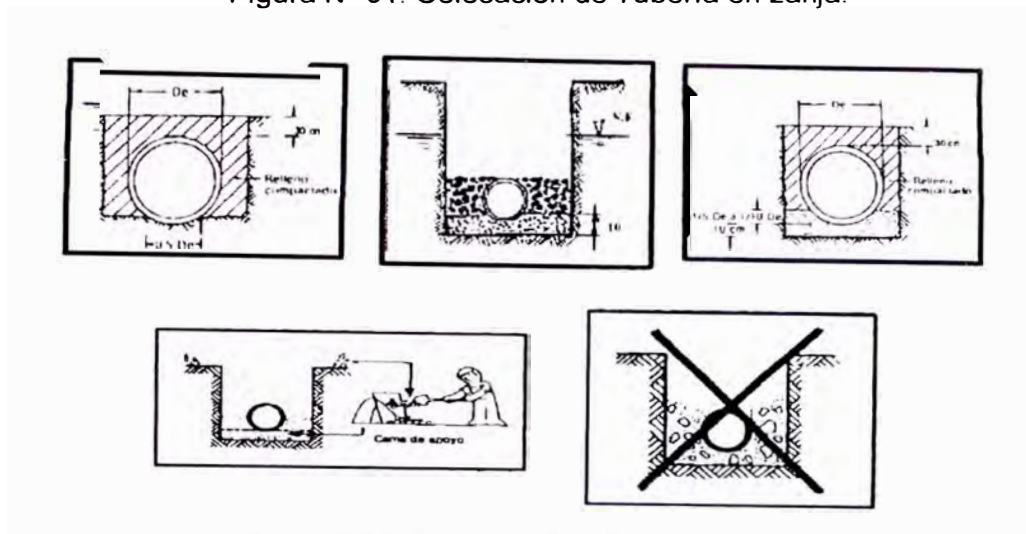
El fondo de la excavación constituye la zona de asiento del tubo. Si el suelo existente es pulverulento y relativamente homogéneo, es posible colocar el tubo en el fondo de la zanja como se acaba de describir.

Es preciso comprobar que el tubo tiene un asiento suficiente, en especial para los grandes diámetros. Cuando un fondo de zanja no se presta a la colocación directa, conviene aportar un lecho de colocación de gravilla machacada o de arena cuyo espesor es del orden de 10 cm.

El tipo y calidad de la cama de apoyo que soporta la tubería es muy importante para una buena instalación, la cual se puede lograr fácil y rápidamente, dando como resultado una instalación sin problemas.

- Debe nivelarse también de conformidad con el perfil longitudinal de la canalización y quedar exento de cualquier aspereza rocosa o de obra antigua de mampostería.

Figura N° 01: Colocación de Tubería en zanja.



Fuente: Ver Referencia 2 de la Bibliografía - Tesis

Para proceder a instalar las líneas de agua, previamente las zanjas excavadas deberán estar refinadas y niveladas.

El refine consiste en el perfilamiento tanto de las paredes como del fondo, teniendo especial cuidado que no queden protuberancias rocosas que hagan contacto con el cuerpo del tubo.

La nivelación se efectuará en el fondo de la zanja, con el tipo de cama de apoyo aprobada por la supervisión.

De acuerdo al tipo y clase de tubería a instalarse, los materiales de la cama de apoyo que deberá colocarse en el fondo de la zanja serán:

a) En terrenos normales y semirocosos

Será específicamente de arena gruesa o gravilla, que cumpla con las características exigidas como material selecto a excepción de su granulometría. Tendrá un espesor no menor de $0,10\text{ m}$, debidamente compactada o acomodada (en caso de gravilla), medida desde la parte baja del cuerpo del tubo.

Sólo en caso de zanja, en que se haya encontrado material arenoso no se exigirá cama.

b) En terreno rocoso

Será del mismo material y condición del inciso a), pero con un espesor no menor de 0,15 m.

c) En terreno inestable (arcillas expansivas, limos etc.)

La cama se ejecutará de acuerdo a las recomendaciones del proyectista.

Bajada a zanja

Antes de que las tuberías, válvulas, grifos contra incendio, accesorios, etc., sean bajadas a la zanja para su colocación, cada unidad será inspeccionada y limpiada, eliminándose cualquier elemento defectuoso que presente ralladuras o protuberancias.

La bajada podrá efectuarse a mano sin cuerdas, a mano con cuerdas o con equipo de izamientos, de acuerdo al diámetro, longitud y peso de cada elemento y, a la recomendación de los fabricantes con el fin de evitar que sufran daños, que comprometan el buen funcionamiento de la línea.

Cruces con servicios existentes

En los puntos de cruces con cualquier servicio existente, la separación mínima con la tubería de agua y/o alcantarillado, será de 0,20 m, medidos entre los planos horizontales tangentes respectivos.

El tubo de agua preferentemente deberá cruzar por encima del colector de alcantarillado, lo mismo que el punto de cruce deberá coincidir con el centro del tubo de agua, a fin de evitar que su unión quede próxima al colector.

Sólo por razones de niveles, se permitirá que el tubo de agua cruce por debajo del colector, debiendo cumplirse los 0,20 m de separación mínima en la coincidencia en el punto de cruce con el centro del tubo de agua.

No se instalará ninguna línea de agua potable, que pase a través o entre en contacto con ninguna cámara de inspección de desagües, luz, teléfono, etc., ni con canales para agua de regadío.

Limpieza de las líneas de agua

Antes de proceder a su instalación, deberá verificarse su buen estado, conjuntamente con sus correspondientes uniones, anillos de jebe y/o empaquetaduras, los cuales deberán estar convenientemente lubricados.

Durante el proceso de instalación, todas las líneas deberán permanecer limpias en su interior.

Los extremos opuestos de las líneas, serán sellados temporalmente con tapones, hasta cuando se reinicie la jornada de trabajo, con el fin de evitar el ingreso de elementos extraños a ella.

5.1.3 Relleno de zanjas

Modo de efectuar el relleno

La manera de efectuar el relleno de la zanja se hará con el objeto de que siempre se evite la formación de cavidades en la parte inferior de los tubos.

Se colocará en la zanja primeramente tierra fina o material seleccionado, libre de piedras, raíces, maleza, etc. y se pisoneará uniformemente debajo y a los costados de la longitud total de cada tubo hasta alcanzar su diámetro horizontal. El relleno se seguirá pisoneando convenientemente, en forma tal que no levante el tubo o lo mueva de su alineamiento horizontal o vertical, y en capas sucesivas que no excedan de 10 cm. de espesor, hasta obtener una altura mínima de 30 cm. sobre la generatriz superior del tubo. Esta primera etapa puede ser ejecutada parcialmente antes de iniciar las pruebas parciales de la tubería.

El resto del relleno se compactará con rodillos aplanadores y otras máquinas apropiadas de acuerdo con el material de que se disponga. Las máquinas deberán pasarse tantas veces sean necesarias para obtener una densidad del relleno no menor del 95% de la máxima obtenida mediante el ensayo Proctor Standard. La compactación se hará a humedad óptima y en capas horizontales no mayores de 15 cm. Tanto la clase del material de relleno como la compactación deben controlarse continuamente durante la ejecución de la obra.

No debe emplearse en el relleno tierra que contenga materias orgánicas en cantidades deletéreas ni raíces, arcillas ó limos uniformes. Todos los espacios entre rocas se rellenarán completamente con tierra.

No deben tirarse a la zanja piedras grandes por lo menos hasta que el relleno haya alcanzado una altura de 1 m sobre el lomo del tubo o parte superior del colector de concreto.

En las calles sin pavimento, se dejará la superficie del terreno pareja, tal como estaba antes de la excavación, y los rellenos sucesivos que fuesen menester para acondicionar, la superficie de la zanja en esta forma será parte de la responsabilidad del constructor, hasta por seis meses después de hecho el relleno.

En las calles pavimentadas el constructor mantendrá la superficie del relleno al nivel de las calles mientras se repone el pavimento.

Asentamiento con agua

Si fuera posible, conviene apisonar la tierra del primer relleno con la utilización de pisones, los que podrían admitirse solamente superiores agua, evitando en las capas

Rellenos para tuberías PVC

Zona de relleno alrededor del tubo se distinguen:

- El relleno de sujeción (resistencia a la ovalización únicamente en el caso de los grandes diámetros), realizado en tierra expurgada o en materiales de aporte y compactado hasta el tercio inferior.
- El relleno de protección (en el caso de terrenos de granulometría muy heterogénea), efectuado con tierra expurgada o arena; este relleno puede actuar como protección y sujeción.

Zona de relleno superior

Por lo general se va llenando con la tierra sacada sin compactar (caso general) o con materiales de aporte compactados (por debajo de calzada).

Para las tuberías PVC, la altura mínima de relleno sobre la clave del tubo debe ser de 1,0 m con encarnado y relleno de arena y material fino selecto compactado hasta por lo menos 0,30 m sobre la clave del tubo.

Restitución del pavimento

El contratista restituirá el pavimento, veredas, buzones, bermas, etc. a su condición original. Todo el exceso de tuberías, construcciones temporales, desmontes, etc., será retirado por el contratista, quien dejará el sitio de trabajo completamente limpio a satisfacción del Ingeniero Inspector.

5.1.4 Colocación de líneas de agua potable con uniones

Las válvulas, grifos contra incendio, accesorios, etc. necesariamente serán de la misma clase de la tubería a instalarse.

Curvatura de la línea de agua

En los casos necesarios que se requiera darle curvatura a la línea de agua, la máxima desviación permitida en ella, estará de acuerdo a las tablas de deflexión recomendadas por los fabricantes.

Lubricante

El lubricante a utilizarse en la instalación de las líneas de agua, deberá ser previamente aprobado por la empresa, no permitiéndose emplear jabón, grasas de animales, etc. que puedan contener bacterias que dañen la calidad del anillo.

Niplería

Los niples de tubería sólo se permitirán en casos especiales tales como: empalmes a líneas existentes, a grifos contra incendios, a accesorios y a válvulas. También en los cruces con servicios existentes.

Para la preparación de los niples necesariamente se utilizará rebajadoras y/o tarrajas, no permitiéndose el uso de herramientas de percusión.

Profundidad de la línea de agua

Para la operación y funcionamiento de la línea de agua, sus registros de válvulas se harán con tubería de concreto y/o cajas de ladrillos con tapa de fierro fundido u otro material normalizado cuando éstas sean accionadas directamente con crucetas; y con cámaras de concreto armado de diseño especial, cuando sean accionadas mediante reductor y/o by-pass o cuando se instalarán válvulas de mariposa, de compuerta mayores de Ø16", de aire y de purga.

La parte superior de las válvulas accionadas directamente con crucetas, estarán a una profundidad mínima de 0,60 y máxima de 1,20 con respecto al nivel del terreno o pavimento. En el caso de que las válvulas se instalen a mayor profundidad, el Constructor está obligado a adicionar un suplex en su vástago, hasta llegar a la profundidad mínima establecida de 0,60 m, ello de acuerdo a lo indicado en Figura N° 2.

El recubrimiento mínimo del relleno sobre la clave del tubo, en relación con el nivel del pavimento será de 1,00 m.

Sólo en caso de pasajes peatonales y calles angostas hasta 3 m de ancho, en donde no existe circulación de tránsito vehicular, se permitirá un recubrimiento mínimo de 0,60 m sobre la clave del tubo.

Ubicación de válvulas

Los registros de válvulas estarán ubicados en las esquinas, entre el pavimento y la vereda y alineado a la propiedad de los lotes, debiendo el Constructor, utilizar un (1) niple de empalme tipo moha a la válvula, para facilitar la labor de mantenimiento o cambio de la misma. En el caso de que la válvula fuera ubicada en una berma o en terreno sin pavimento, su tapa de registro irá empotrada en una losa de concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ de 0,40 x 0,40 x 0,10 m.

Los grifos contra incendio se ubicarán también en las esquinas, a 0,20 m interior del filo de la vereda, debiendo estar su boca de descarga a 0,30 m sobre el nivel de la misma en dirección al pavimento. No se permitirá ubicarlos dentro del pavimento, ni tampoco a la altura de los ingresos a las viviendas.

5.1.5 Anclajes y apoyos

Los accesorios y grifos contra incendio, requieren necesariamente ser anclados, no así las válvulas que sólo deben tener un apoyo para permitir su cambio.

Los anclajes, que serán de concreto simple y/o armado $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, con 30% de piedras hasta 8", se usarán en todo cambio de dirección tales como: tees, codos, cruces, reducciones, en los tapones de los terminales de línea y en curvas verticales hacia arriba, cuando el relleno no es suficiente, debiendo tenerse cuidado de que los extremos del accesorio queden descubiertos.

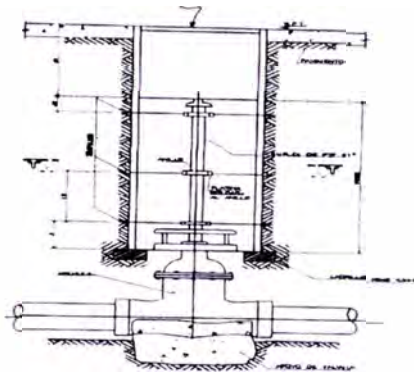
Los apoyos de la válvula, también serán de concreto simple y/o armado. Para proceder a vaciar los anclajes a apoyos, previamente el Constructor presentará a la empresa, para su aprobación, los diseños y cálculos para cada tipo y diámetro de accesorios, grifos o válvulas, según los requerimientos de la

presión a zanja abierta y a la naturaleza del terreno en la zona donde serán anclados o apoyados.

5.1.6 Empalmes a líneas de agua en servicio

El Constructor obligatoriamente dejará su tubería que ha instalado a un (1) metro de distancia de la línea de agua existente a empalmar en el mismo alineamiento y cota de la tubería en servicio.

Figura N° 2. Caja de válvulas con profundidades mayores de 120 m



Fuente: Ver Referencia 2 de la Bibliografía - Tesis

5.1.7 Dimensiones de las zanjas

El ancho de la zanja dependerá de la naturaleza del terreno en trabajo y del diámetro de la tubería por instalar, pero en ningún caso será menor de los estrictamente indispensables para el fácil manipuleo de la tubería y sus accesorios dentro de dicha zanja.

Cuadro N° 10: Anchos de Zanja

ANCHOS DE ZANJA			
DIAMETRO NOMINAL		ANCHO DE ZANJA	
mm	pulg.	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
110	4	45	70
160	6	45	75
200	8	50	80
250	10	55	85
315	12	60	90
400	16	70	100
450	18	75	105
500	20	80	110

Fuente: Ver Referencia 2 de la Bibliografía - Tesis

5.1.8 Cruce con vías de primera clase

En los cruces con vías de primera clase, la excavación debe profundizarse de manera que el entierro mínimo sobre la cabeza de los tubos llegue a un metro veinte centímetros (1,20 m), debiéndose proteger el tubo con alcantarillas, con tubos tipo Armco, con canaletas o arcos de concreto ó de ladrillo. Esta última protección es aplicable también a los puntos en los que no se puede dar a la zanja la profundidad necesaria.

5.1.9 Prueba Hidráulica en líneas de Agua Potable

La finalidad de ejecutar la prueba de la tubería en el campo consiste en comprobar únicamente si el trabajo realizado durante la instalación, el manipuleo y el empalme de los tubos están perfectamente ejecutados. Debe entenderse claramente que esta operación no se refiere a la comprobación de la resistencia del material, tarea que se ha llevado a cabo antes que el tubo salga de la fábrica y que se realiza bajo estrictas normas de control de calidad, de acuerdo a las recomendaciones de las normas nacionales y de otras de carácter internacional.

Se aconseja no aumentar mucho la presión de prueba con respecto a la presión de trabajo. La tubería se prueba en fábrica a 4 veces la presión de trabajo, según la clase correspondiente, con lo que queda asegurada ampliamente su resistencia.

Excederlas con el aumento de presión no mejora las condiciones de funcionamiento y si en cambio puede dar lugar a fatigas de los materiales constitutivos del sistema: tubería, piezas especiales, arranques domiciliarios, anclajes, etc.

Antes de efectuar la prueba de presión se debe verificar que la tubería, especialmente las piezas especiales, estén debidamente ancladas. Además debe existir relleno sobre la tubería, con excepción de las conexiones. Este relleno debe tener una altura aproximada a los 50 cm.

En las partes altas de la línea en prueba, cambios de dirección y extremos cernidos, se deberá prever la colocación de una adecuada cantidad de elementos de purga de aire (válvulas), los que permitirán la eliminación del aire que puede introducirse accidentalmente, así como el que trae el agua en disolución al llenar con agua la prueba de presión.

La longitud de la línea de tubería a probar no debe exceder de los 400 metros, recomendándose longitudes menores a medida que se instalen tubos de mayor diámetro.

En relación a las especificaciones técnicas señaladas, se consideran las pruebas siguientes:

- Prueba hidráulica de tuberías y accesorias en zanja abierta.
- Prueba de compactación en el relleno de zanja.
- Prueba hidráulica a zanja tapada.

Prueba a zanja abierta

La presión de prueba será 1.5 veces la presión nominal de la línea de impulsión, conducción y de aducción, medida en el punto más bajo del circuito o tramo en prueba.

Antes de llenar las tuberías con agua, los accesorios deben estar correctamente anclados, lo mismo que efectuado su relleno compactado hasta 30 cm por encima de la clave del tubo, debiendo guardar solo al descubierto todas las uniones.

La bomba de prueba deberá instalarse en la parte más baja de la línea y de ninguna manera en las altas.

Para expulsar el aire de la línea que se está probando, se debe instalar purgas adecuadas en los puntos altos, cambios de dirección y extremos de la misma.

El tiempo mínimo de duración de la prueba será de dos (2) horas, debiendo la línea permanecer durante este tiempo bajo la presión de prueba.

Prueba de compactación en el relleno de zanja

Se procederá a la evaluación del nivel de compactación logrado, no debiendo ser inferior al 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado AS1M D 698 ó AASHTO T 180.

De no alcanzar el porcentaje establecido, se deberá hacer las correcciones del caso, debiendo efectuar nuevos ensayos hasta llegar al nivel deseado.

Prueba a zanja tapada

La presión de prueba a zanja tapada con relleno compactado será la misma de la presión nominal de la tubería.

El tiempo mínimo de duración de la prueba a zanja tapada con relleno compactado será de una (1) hora, debiendo la línea de agua permanecer durante este tiempo bajo la presión de prueba.

La bomba de presión se ubica en la parte más baja del circuito en prueba, se purga el aire de la línea colocando un splich en los puntos altos del circuito y en el extremo. El bombeo debe ser lento a fin de no crear turbulencia.

Prueba de Deflexión (para P.V.C.)

Se verificará en todos los tramos que la deflexión en la tubería instalada no supere el nivel máximo permisible del 5% del diámetro interno del tubo. Para la verificación de esta prueba se hará pasar una bola de madera compacta o un "mandril" (cilindro metálico de 30 cm de largo) con un diámetro equivalente al 95% del diámetro interno del tubo, la misma que deberá rodar libremente en el interior del tubo o deslizarse al ser tirado por medio de un cable desde el buzón extremo, en el caso del cilindro metálico.

Una vez constatado el correcto resultado de las pruebas, se podrá proceder al relleno de la zanja.

5.2. INSTALACIÓN DE BOMBAS SUMERGIBLES

5.2.1 Generalidades

Es importante que el pozo esté bien perforado, derecho y perpendicular al fondo. Es recomendable que en el momento de instalar la bomba, ésta deberá mantenerse de 3 ó 5 m por debajo del nivel dinámico del pozo según la variación del nivel.

La longitud de cada tramo de la columna de ascenso está normalizada a 10 pies.

Las bombas de pozo se han proyectado para bombeo de aguas claras desde pozos profundos, debiendo tomar las siguientes consideraciones de uso.

- Nunca deben funcionar en seco las bombas sumergibles.
- Nunca debe bombearse agua a temperaturas superiores a 60°C, salvo indicación expresa del fabricante
- Mientras no se instalen las bombas, éstas deben conservarse en lugares secos y libres de polvo.

Con referencia a su manipulación, se debe usar sistemas de izaje y eslingue idóneo, todo conforme a las normas de seguridad.

Se debe cerciorarse que el grupo esté protegido de la intemperie, de la arena y de la radiación solar directa.

No se debe abandonar en el ambiente del pozo el material de embalaje, evitando la contaminación del ambiente.

5.2.2 Controles preliminares

- Revisar siempre la libre rotación de la bomba, operando con el eje evitando en lo posible dañarlo.

- Chequear que la línea de impulsión posea una válvula de retención de cierre rápido para proteger la bomba de eventuales golpes de ariete, una válvula de cierre, un medidor de caudal, una válvula de purga de aire y un manómetro como mínimo.
- Las tuberías deberán apoyarse cerca de la boca de impulsión, para evitar desalineamientos en el eje de la bomba, mediante dados de concreto.
- Para el caso de instalación a profundidades superiores a 10 m o períodos de inactividad de 15-30 días antes del arranque, es preciso controlar que la línea de transmisión esté llena de agua, se debe chequear que la bomba gire libremente.

El primer arranque se debe efectuar con la válvula de cierre parcialmente abierta, para limitar el arrastre de limo o arena, en el caso que el agua se presente oscura es necesario cerrar ligeramente la válvula hasta posteriormente abrirla ligeramente, controlando una cantidad superior de sólidos de 40 ppm. para obtener una agua clara y que la bomba no bombee.

5.2.3 Montaje de la Bomba en la Estación de Bombeo

Para el manejo de la bomba se debe hacer mediante un equipo de elevación apropiado y no debe permanecer debajo de cargas suspendidas.

La bomba siempre debe ser suspendida por su asa de elevación, nunca de los cables del motor ó la manguera.

La altura mínima entre el gancho de elevación y el suelo deberá ser suficiente como para extraer la bomba del Pozo.

El equipo de elevación deberá ser capaz de elevar y descender la bomba verticalmente, de preferencia en lo posible que no requiera que dicho gancho se desplace.

El uso de un equipo de elevación sobredimensionado puede causar daños en la bomba por el agarrotamiento que puede presentarse al izarla.

CAPITULO VI

PRESUPUESTO Y PROGRAMACION DE OBRA

6.1.- PRESUPUESTO DE OBRA

La elaboración de los análisis de costos, es muy importante ya que los conocimientos necesarios se elaborará el presupuesto base de obra empleando criterios técnicos para la realización del presente proyecto.

En la elaboración, los análisis de costos unitarios, para la obtención del presupuesto del proyecto, se tendrá en consideración, los costos de materiales, mano de obra, equipo a utilizar, metrados, tiempo de ejecución y otros.

Para lograr el objetivo mencionado, el informe del proyecto contendrá los siguientes puntos:

6.1.1.- Metrados

Es el conjunto ordenado de datos que se obtienen mediante lecturas acotadas a determinada escala, esto se realiza con el objeto de calcular la cantidad de obra a realizar que multiplicado por el respectivo precio unitario y sumados en su totalidad se obtiene el costo directo.

6.1.2.- Costos Directos

El costo directo es la sumatoria de la mano de obra (incluyendo leyes sociales), equipos, herramientas y todos los materiales que se requieren para la ejecución de la obra.

Los costos directos que se analizarán por cada una de las partidas pueden tener diversos grados de aproximación de acuerdo al interés que se proponga.

De acuerdo a la magnitud de la obra, los metrados variaran y los costos unitarios se calcularán mediante un análisis bien detallado el cual se mostrará con la aplicación de un programa de costos en el que se considerará las características de la obra específicamente, el lugar o zona a desarrollarse la ejecución del proyecto. Los costos unitarios se representan por la siguiente fórmula matemática:

$$C.U. = Mo + Eq + Mat + Herr$$

Donde:

- Mo : Mano de Obra
- Eq : Equipo
- Mat : Materiales
- Herr : Herramientas

Mano de Obra

El costo de la mano de obra esta determinado por categorías como: Capataz, Operario, Oficial y Peón.

Para la ejecución de las partidas se considerará los precios vigentes del costo de la mano de obra en el territorio nacional.

Operario: Albañil, carpintero, fierro, electricista, gasfitero, plomero, almacenero, chofer, mecánico, y demás trabajadores calificados en una especialidad en el ramo. En esta misma categoría se consideran a los maquinistas que desempeñan las funciones de los operarios mezcladores, concreteros, wincheros, etc.

Oficial o Ayudante: Los trabajadores que desempeñan las mismas ocupaciones, pero laboran como ayudante del operario que tengan a su cargo la responsabilidad de la tarea y que no hubieran alcanzado plena calificación en la especialidad. En esta categoría también están comprendidos los guardianes.

Peón: Los trabajadores no calificados que son ocupados indistintamente en diversas tareas de la construcción.

Capataz: En lo referente a los capataces no existe ningún dispositivo legal que establezca su categoría como tal.

Equipo Mecánico

El equipo es un elemento muy importante, ya que tiene una gran incidencia en el costo, sobre todo en lo que se refiere a las actividades de movimiento de tierra y pavimentos.

Para calcular el costo de alquiler horario de los equipos hay que tener presente dos elementos fundamentales:

Costo de Posesión: donde se incluyen las depreciaciones, intereses, capital, obligaciones tributarias, seguros, etc.

Costo de Operación: donde se incluyen combustible, lubricantes, filtros, neumáticos, mantenimiento, operador y elementos de desgaste.

Los costos de alquiler horario del equipo mecánico, que se utilizaran para el desarrollo del presente proyecto se cotizarán en el mercado nacional.

Materiales

El costo de los materiales necesarios a utilizarse son componentes básicos dentro de un análisis de costos unitarios. El costo utilizado es de material puesto en obra que incluirá los siguientes rubros:

Precio del material en el centro abastecedor: Los precios de materiales, será aquella que se tome del costo en fábrica sin incluir el IGV.

Costo del Flete: es el costo de transporte desde el centro abastecedor hasta el almacén de la obra.

Costo del Manipuleo: Este trabajo consiste en manipular materiales como el de recoger y depositar, mover en un plano horizontal, vertical o ambos casos a la vez y por cualquier medio, materiales o productos de cualquier clase en estado bruto, semiacabado o completamente acabado.

Calcular el costo del manipuleo de materiales es complicado debido a que realmente se necesita un análisis bien profundo para cada uno de los materiales necesitados, ya que el trato es diferente.

Se considerará el 2% del precio de los materiales sin incluir IGV.

Costo del Almacenamiento: Es el que comprende las labores de almacenar ordenadamente los productos o insumos que llegan a la obra, para su fácil acceso en el momento en que se requiera el insumo necesitado.

Se considerará el costo de almacenamiento en un monto no mayor del 2% del costo del material.

Mermas y Desperdicios: Merma es la porción de un material que se consume naturalmente. Desperdicios son pérdidas irrecuperables e inutilizables de los materiales, desechos. Se presentan en el proceso de transporte desde el centro abastecedor hasta el almacén de la obra, en el proceso constructivo. Son costos que serán considerados dentro del costo del material.

Se considerará el costo de mermas y desperdicios en un monto no mayor del 5% del costo del material que lo requiera.

Herramientas

Se refiere a cualquier utensilio pequeño que va a servir al personal en la ejecución de trabajos simples y/o complementarios a los que se hace mediante la utilización de equipo pesado.

Dado que el rubro Herramientas, en un análisis de costo unitario es difícil determinarlo, además de que incide muy poco, en el presupuesto se considerará un porcentaje del 3% de la mano de obra.

6.1.3.- Costos Indirectos

Los costos indirectos que conformarán el presupuesto de obra, serán analizados de acuerdo a las necesidades de la misma y que resultarán ser:

Costos Indirectos Fijos: integrados por los siguientes cargos:

Campamento de Obra (para el contratista y supervisión).

Gastos Administrativos que incluyen los costos de licitación, gastos legales, letreros y avisos, gastos de inspección a obra y publicaciones derivadas del proceso.

Movilización y Desmovilización de los Campamentos, mobiliario y menaje.

Tasas de SENCICO.

Gastos varios de oficina.

Costos Indirectos Variables: Que corresponden a:

Costo de la Dirección Técnica y Administrativa de la obra, conformada por los sueldos y remuneraciones del personal profesional técnico, administrativo y auxiliar a utilizar en la ejecución de la obra. Estos costos incluirán los cargos por leyes y beneficios sociales.

Gastos de Alimentación y pasaje del personal.

Gastos administrativos de la oficina central y costos del personal del contratista que interviene directamente en la obra y que no ha sido cargado ni en los precios unitarios ni en los gastos fijos. Los sueldos y remuneraciones serán igualmente afectados de las leyes sociales.

Costos de Equipos no incluidos en los costos directos, tales como camionetas, grupo electrógeno para el campamento, equipos de laboratorio, de comunicación y computo.

Gastos Financieros y Seguros conformados por los costos de las cartas fianzas que debe entregar el contratista.

6.1.4.- NORMAS GENERALES PARA PREPARAR EL PRESUPUESTO

Conocidos los metrados, los análisis de costos unitarios o precios unitarios directos de cada partida que requiere el proyecto y agregando los gastos generales, utilidad e impuestos (IGV) se formula el presupuesto total de obra.

PRESUPUESTO DE OBRA
LINEA DE IMPULSION UNIPAMPA - ZONA 5

Obra: LINEA DE IMPULSION UNIPAMPA
Fecha: abr-07

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01 04	CINTA PLASTICA P/SEÑAL DE PELIGRO- LIMITE DE OBRA INC POSTES	ML	7 965,00	0,49	3 902,85
01 05	TRAZOS Y REPLANTEOS INICIALES DEL PROYECTO DE OBRA	ML	7 965,00	0,30	2 389,50
01 06	TRAZOS Y REPLANTEOS FINALES PROYECTO	ML	7 965,00	0,72	5 734,80
02 01	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	7,00	30,00	210,00
02 02	ENSAYO DE COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)	und	80,00	102,59	8 207,20
06 01	EXCAVACION C/EQUIPO P/AGUA T. NORMAL P/TUB 200 MM.	ML	7 965,00	3,97	31 621,05
06 03	EXCAVACION MANUAL P AGUA T. NORMAL P/TUB DE 90-110 MM	ML	25,00	9,88	247,00
06 04	REFINE Y NIVELACION FONDO DE ZANJA T. NORMAL P/TUB 90-110 MM	ML	25,00	0,69	17,25
06 05	REFINE Y NIVELACION FONDO DE ZANJA T. NORMAL P/TUB 200 MM	ML	7 965,00	1,10	8 761,50
06 07	CAMA DE ARENA E=0.10 M. ZANJA P/TUB 90-110 MM	ML	25,00	2,03	50,75
06 08	CAMA DE ARENA E=0.10 M. ZANJA P/TUB 200 MM	ML	7 965,00	2,59	20 629,35
06 09	RELLENO ZANJA MAT. PROPIO COMPACT. C/EQ. P/TUB 90-110 MM	ML	25,00	7,45	186,25
06 10	RELLENO ZANJA MAT. PROPIO COMPACT. C/EQ. P/TUB 200 MM	ML	7 965,00	11,25	89 606,25
06 12	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO T. N. TUB 90-110 MM.	ML	25,00	1,88	47,00
06 13	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO T. N. TUB 200 MM. HA	ML	7 965,00	3,56	28 355,40
07 01	TUBERIA ACERO SCH-40 DE 10" (200 MM.)	ML	40,00	230,66	9 226,24
07 02	TUBERIA F.GDO. STAND. ISO I DE 2"	ML	3,00	22,77	68,31
07 03	TUBERIA P.V.C. CLASE A-5 UF DE 110 MM.	ML	25,00	7,71	192,75
07 04	TUBERIA P.V.C. AGUA POTABLE A-10 UF 200 MM.	ML	7 965,00	52,14	415 295,10
07 05	INSTALACION TUBERIA PVC UF DE 110 MM. INC. PRUEBA HIDRAULICA	ML	25,00	0,86	21,50
07 06	INSTALACION TUBERIA PVC UF DE 250 MM. INC. PRUEBA HIDRAULICA	ML	7 965,00	2,30	18 319,50
07 07	INSTALACION TUBERIA ACERO SCH 40 BRIDADA DE 10" (200 MM.)	ML	20,00	32,96	659,20
07 08	PRUEBA HIDRAULICA +DESINFEC. TUBERIA 110 MM. ZANJA TAPADA	ML	25,00	0,78	19,50
07 09	PRUEBA HIDRAULICA +DESINFEC. TUBERIA 250 MM. ZANJA TAPADA	ML	7 965,00	1,41	11 214,72
08 01	TEE ESPECIAL DE ACERO 2 CAMPANAS 10" X BB DE 3"	und	6,00	529,50	3 177,00
08 02	TEE ESPECIAL DE ACERO 2 CAMPANAS 10" X BB DE 4"	und	5,00	672,11	3 360,55
08 03	UNION DRESSER DE ACERO DE 4" (100 MM.)	und	5,00	70,60	353,00
08 04	UNION DRESSER DE ACERO DE 10" (200 MM.)	und	2,00	279,06	558,13
08 05	ABRAZADERA FO. FDO. INCL. ANILLO DE 10" (200 MM.)	und	6,00	9,20	55,20
08 06	CODO FO. FDO. BRIDADO 10" X 11 250" (200 MM.)	und	1,00	626,00	626,00
08 07	CODO FO. FDO. BRIDADO 4" X 45° (100 MM.)	und	10,00	111,55	1 115,50
08 08	CODO FO. FDO. BRIDADO 10" X 45° (200 MM.)	und	10,00	809,75	8 097,52
08 09	TEE DE FO. FDO. BRIDADA DE 250 X 200 MM.	und	1,00	957,67	957,67
08 11	TRANSICION DE FO. FDO. PVC (LUFLEX) A BRIDA DE 4" (110 MM.)	und	5,00	88,96	444,80
08 12	TRANSICION DE FO. FDO. PVC (LUFLEX) A BRIDA DE 8" (200 MM.)	und	1,00	297,11	297,11
08 13	CODO PVC U.F. DE 45' X 200 MM.	und	5,00	371,07	1 855,36
08 14	CODO PVC U.F. DE 11 25° X 200 MM.	und	1,00	371,07	371,07
08 15	CODO PVC U.F. DE 22 5' X 200 MM.	und	2,00	371,07	742,14
08 16	INSTALACION DE ACCESORIOS PVC U.F. 200 MM. INC. DADO DE CONCRETO	und	11,00	150,00	1 650,00
09 01	VALVULA PURGA DE F. FDO. BRIDADA 4"	und	15,00	431,12	6 466,80
09 02	VALVULA AIRE DE F. FDO. BRIDADA 3"	und	13,00	882,50	11 472,50
09 03	VALVULA COMPUERTA DE F. FDO. BRIDADA 3" (75 MM.)	und	13,00	310,64	4 038,32
09 06	INSTAL VALVULAS DE PURGA F. FDO. BRIDADA 4"	und	15,00	30,17	452,55
09 07	INSTAL VALVULAS AIRE DE F. FDO. BRIDADA 2"	pza	13,00	28,01	364,13
10 01	CAMARA P/VALVULA AIRE TERRENO NORMAL	UND	13,00	2 270,04	29 510,52
10 02	CAMARA P/VAL PURGA TERRENO NORMAL	UND	15,00	2 923,25	43 848,75
13 01	HUMEDECIMIENTO DEL MATERIAL EXCAVADO DE ZANJAS	m3	10 704,96	0,56	5 994,78
					780 792,38
COSTO DIRECTO					780 792,38
GASTOS GENERALES					156 158,48
UTILIDAD					62 463,39
SUB TOTAL					999 414,24
I.G.V.					189 888,71
TOTAL PRESUPUESTO					1.189.302,95

PRESUPUESTO DE OBRA
SISTEMA DE BOMBEO UNIPAMPA - ZONA 5

Obra: SISTEMA DE BOMBEO - UNIPAMPA
 Fecha abr-07

Item	Descripción	Und	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
1.01	ELECTRO BOMBA SUMERGIBLE (E10R35/6 + MC850)	GLB	1,00	50 000,00	50 000,00
1.02	INSTALACION DE ELECTROBOMBA SUMERGIBLE	GLB	1,00	5 000,00	5 000,00
COSTO DIRECTO					55 000,00
GASTOS GENERALES					11 000,00
UTILIDAD					4 400,00
SUB TOTAL					70 400,00
I.G.V.					13.376,00
TOTAL PRESUPUESTO					83.776,00

6.2.- PROGRAMACION DE OBRA

La programación de obra se ha realizado en el programa de computadora MS Project, ingresando los nombres de las partidas según corresponde al presupuesto en su totalidad.

Luego se han ingresado las duraciones obtenidas de la hora de asignación de recursos que se adjunta entre los documentos presentados y que calcula tanto el tiempo unitario como el afectado por el coeficiente de multiplicidad de cuadrillas que permite reducir los tiempos de ejecución a fin de obtener el plazo mínimo.

Se modifica el calendario laboral definido de los calendarios, vale decir sábados y domingos laborales.

Se ingresan los recursos necesarios para la obtención de las duraciones ingresadas, incluyendo: mano de obra, equipos, materiales extraídos de los análisis de costos unitarios. Tal como se puede apreciar en el impreso de los análisis de costos unitarios (sin precios) que se adjuntan entre los documentos que se presentan.

Se relacionan las actividades según la normal tecnológica en base a relaciones Fin-Comienzo y otros obteniendo la duración del proyecto.

Se realizan tentativas relacionando y rompiendo la relación adelantando o posponiendo actividades siempre bajo el respeto de lo normal, dentro de la actividad constructiva aceptada hasta dar con la fórmula que sustenta nuestro plazo y que se aprecian en el listado adjunto que muestra todas las actividades junto a las que suceden y preceden.

Se genera el PERT o diagrama de precedencias, modificando manualmente la ubicación de los cuadros a fin de obtener más claridad en su presentación.

**PROGRAMACION DE OBRA
LINEA DE IMPULSION UNIPAMPA - ZONA 5**

Item	Descripción	MES1	MES2	MES3	MES4	MES5
01	OBRAS PRELIMINARES	■				
02	PRUEBAS			■	■	■
05	MOVIMIENTO DE TIERRAS	■	■	■	■	
07	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS		■	■	■	
08	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS		■	■	■	
09	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULAS		■	■	■	
10	CAMARAS					■
13	COSTOS AMBIENTALES	■	■	■	■	

CONCLUSIONES

- 1.- Se ha proyectado una línea de impulsión de 7,964.38 m y seleccionado el sistema de bombeo para impulsar el agua hasta una altura de 141.34 m.
- 2.- El agua es sustraída desde un pozo profundo P-1 de Ø14", ubicado en las cercanías de la hacienda Herbay Alto, a la altura del km. 152 de la Panamericana Norte, en las coordenadas E: 352,328.58, N: 8'547,459.20 y a 73.2 msnm y llevado hacia el reservorio apoyado ubicado en las coordenadas E: 354,050.00, N:8: 542,050.00 y a 176 msnm.
- 3.- El periodo de diseño es de 20 años para la línea de impulsión y de 10 años para el equipo de bombeo.
- 4.- La población para este período de diseño es de 3,600 habitantes, siendo esta la de saturación, por no considerarse mayor crecimiento poblacional ni zonas de expansión futura.
- 5.- El trazo de la tubería se realizó en forma paralela a la carretera Panamericana Norte y a una distancia de 30 m con el fin de tener un rápido y fácil acceso a cualquier punto de la línea de impulsión, ya sea en la etapa de construcción (traslado de equipos, herramientas, personal, etc.) o en la de operación (atención rápida de emergencias, fugas, mantenimiento, etc.).
- 6.- El equipo de bombeo funcionará por 14 horas al día, bombeando un caudal de 20.2 l/s.
- 7.- La tubería seleccionada es de Ø 8" Clase 15, la que satisface las condiciones hidráulicas como velocidad económica de flujo, golpe de ariete y resulta la alternativa más económica, según el análisis de sensibilidad económica realizado.

8.- Se han proyectado la instalación de 13 válvulas de aire de Ø3" (en los puntos altos y cambios de pendiente de positiva a negativa) y 15 válvulas de purga de Ø4" (en los puntos bajos y en las zonas de trazo horizontal cada 500 m). Cada una de estas válvulas están protegidas en sus respectivas cámaras de concreto.

9.- El equipo de bombeo seleccionado es una electrobomba tipo sumergible de la compañía italiana CAPRARI, la cual consta de una bomba modelo E10R35/6 y un motor modelo MC850, cuyas características técnicas se muestran en los anexos.

10.- El conjunto Bomba-Motor tiene un punto óptimo de operación para un caudal de 20.2 l/s y un HDT de 141.5 m, con las cuales se satisfacen los requerimientos del proyecto.

11.- Se ha verificado que no se produzca el fenómeno de cavitación en la bomba, teniendo un NPSH disponible mayor a la NPSH requerida (obtenida de cálculos y por información del fabricante), con la cual se garantiza el buen funcionamiento del sistema de bombeo y minimizamos el mantenimiento de esta.

12.- El costo de la obra, para la instalación de la línea de impulsión asciende a S/. 1'189,302.95 y el equipo de bombeo S/. 83,776.00, precios incluidos el IGV.

RECOMENDACIONES

- 1.- Establecer una política agresiva de mantenimiento de los equipos e instalaciones existentes que integran el sistema, a fin de que se garantice el abastecimiento de agua al mínimo costo posible.
- 2.- En la etapa de construcción deberá cumplirse todas las especificaciones técnicas a fin de garantizar la calidad de la obra.
- 3.- Se recomienda utilizar cemento tipo V en la preparación del concreto en todos los elementos enterrados, así como en pinturas asfálticas o capas de resina epóxica para impermeabilizar el concreto del ataque de cloruros.
- 4.- Se recomienda realizar las pruebas hidráulicas de la línea de impulsión en cada una de las zonas de presión para detectar cualquier tipo de fuga de agua que pueda existir en las tuberías, válvulas ya accesorios, antes de enterrar las tuberías.
- 5.- Para evitar la presencia de bacterias patógenas en el agua, se recomienda un tratamiento químico, siendo el más generalizado el de cloración, por ser el cloro un elemento que reacciona rápidamente con las materias orgánicas e inorgánicas.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- **Arocha R. Simón**; Abastecimientos de Agua – Teoría y Diseño; Vega S.R.L.; Venezuela; 1980.

- **Azevedo Netto y Guillermo Acosta**; Manual de Hidráulica; Edgard Blucher México – Harla; México; 1975.

- **HIDROSTAL**; Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento de Bombas;; Perú; 2000.

- **López Cualla, Ricardo Alfredo**; Diseño de Acueductos y Alcantarillados; Alfaomega - Escuela Colombiana de Ingeniería; Colombia; 1999.

- **McGhee, Terenc J.**; Abastecimiento de Agua y Alcantarillado; Mc Graw Hill; Colombia; 1999.

- **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento**; Norma OS.010 Captación y Conducción de Agua para Consumo Humano; Perú; 2004.

- **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento**; Norma OS.100 Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria; Perú; 2004.

- **Organización Mundial de la Salud**; Guía de Diseño Para Líneas de Conducción e Impulsión de Sistema de Abastecimiento de Agua Rural; Perú 2004.

- **Organización Mundial de la Salud**; Guía Para el Diseño de Estaciones de Bombeo de Agua Potable; Perú; 2004.

- **SEDAPAL**; Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao; Perú; 2004.

TESIS

- **Choy Bejar, Víctor David**; Diseño de una Nueva Línea de Impulsión y Selección del Equipo de Bombeo Para la Extracción del Agua Subterránea Planes de Expansión de Mínimo Costo de Agua Potable y Alcantarillado EPS Chimbote; UNMSM – Facultad de Mecánica de Fluidos; Perú; 2002.

- **Guerrero Guerrero, Samuel Beltrán**; Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de la Habilitación Urbana Lucia Reyes Alcantara; UNFV - FIC; Perú; 1999.

- **Guerra Rivera Doris y Reategui Ramírez Silvia**; Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Chepén y Zonas Aledañas; UNFV - FIC; Perú; 1999.

- **Neyra Arias, Henry Hipólito**; Diseño del Sistema de Agua y Alcantarillado del Asentamiento Humano Hogar Policial Distrito Villa Maria del Triunfo; UNFV - FIC; Perú; 1998.

- **Salcedo Santillán, Gino**; Estudio del Proyecto de Ampliación de la Línea de Impulsión, Sistema de Bombeo y Tanque Elevado Para Agua Potable en el Centro Poblado Rural (CPR) Picapiedra Distrito de Pachacamac; UNMSM – Facultad de Mecánica de Fluidos; Perú; 2005.

ANEXOS

Tabla N° 01

Pérdidas de Carga y Altura Dinámica Total

Tabla N° 02

Pérdida de Carga Total por Accesorios Ø 8"

Tabla N° 03

Hojas de Cálculo para determinar el diámetro económico En función de las horas de bombeo (N =14 hrs).

Tabla N° 04

Elección del Diámetro Económico

Análisis de Sensibilidad Económica.

Gráfico N° 01

Diámetro Económico

Gráfico N° 02

Curva Costos Totales vs. Horas de Bombeo (Para Ø6" y Ø8").

Tabla N° 05

Construcción de la Curva Característica de la Red.

Tabla N° 06

Valores de Altura-Gasto de la Electrobomba Seleccionada.

Gráfico N° 03

Punto Optimo de Operación (Curva de Red vs. Bomba Seleccionada).

Hojas Técnicas del Fabricante (CAPRARI pumping power) de la electrobomba seleccionada.

Planos

Tabla N° 01
PERDIDAS DE CARGA Y ALTURA DINAMICA TOTAL

Descripción	Material Clase	Caudal m ³ /s	Velocidad m/s	Ø	Ø m	C	L m	S m/m	hl m.c.a.	hf m.c.a.
Estación de Bombeo	FFD k-9	0.0191	0.73	8"	0.219	130	9.23	0.00139	0.11	0.01
Línea de Impulsión	PVC PN 15	0.0191	0.73	8"	0.219	140	7,964.38	0.00287	0.15	22.85
Llegada a Reservoirio	FFD k-9	0.0191	0.73	8"	0.219	130	5.35	0.00139	0.11	0.01
Total Perdida de Carga							7,978.96		0.37	22.87

Altura Dinámica Total (HDT)

	Cota del Pozo	73,2	msnm
	Cota de Descarga	178,8	msnm
Hg	Altura Geométrica	105,6	m
hr	Altura de Reserva	0,5	m
Ps	Perdida de Carga Total por Fricción	22,47	m
Hf	Pérdida Local Estación de Bombeo	0,24	m
HI	Pérdida Local Línea de Impulsión	0,31	m
	Pérdida Local Llegada a Reservoirio	0,24	m
HDT=Hg+hr+Ps+Hf+HI =		129,36	m

Tabla N° 02

PERDIDA DE CARGA LOCAL POR ACCESORIOS Ø 8"

Estación de Bombeo FFD DN 8"

Accesorio	Cantidad	k	Total
Unión	1	0.40	0.40
Válvula de Retención	1	2.50	2.50
Tee	2	0.10	0.20
Valvula de Interrupción Tipo Compuerta	1	0.20	0.20
Codos 45°	2	0.40	0.80
Sumatoria de k			4.10
Velocidad (m/s)			0.73
Pérdida Local (m) = $k \cdot v^2 / 2 \cdot g$			0.11

Línea de Impulsión PVC 8"

Accesorio	Cantidad	k	Total
Codo 45°	5	0.40	2.00
Codo 22.5°	2	0.20	0.40
Codo 11.25°	1	0.10	0.10
Tee (Válvula de Purga)	15	0.10	1.50
Tee (Válvula de Aire)	13	0.10	1.30
Sumatoria de k			5.30
Velocidad (m/s)			0.73
Pérdida Local (m) = $k \cdot v^2 / 2 \cdot g$			0.15

Llegada a Reservoirio FFD DN 8"

Accesorio	Cantidad	k	Total
Codo 45°	3	0.40	1.20
Codo 90°	2	0.90	1.80
Reducción	1	0.30	0.30
Tee	1	0.10	0.10
Unión Flexible	1	0.40	0.40
Válvula Tipo Compuerta	1	0.20	0.20
Sumatoria de k			4.00
Velocidad (m/s)			0.73
Pérdida Local (m) = $k \cdot v^2 / 2 \cdot g$			0.11

Tabla N° 03
DISEÑO DE LA LINEA DE IMPULSION
N = 14 hrs

LOCALIDAD: POBLADO DE UNIPAMPA - ZONA 5
Sistema de Agua Potable
LINEA DE IMPULSION: POZO P-1 AL RESERVORIO R-1

DISEÑO HIDRAULICO

Cota superficial del pozo	msnm	73.2	
Nivel de Abatimiento	msnm	63.2	
Cota de Terreno del Reservoirio Apoyado	msnm	176.0	
Altura del Nivel del Agua en el Reservoirio	m	2.8	
Altura de Reserva	m	0.5	
Altura para Dotar Mínima Presión	m	2.0	
Cota de Descarga	msnm	178.8	
Longitud de Línea de Impulsión	m	7,964.38	
Población de Saturación	Hab	3,600	
Dotación	lt/hab/dia	220	
Factor de Variación Diaria	k	1.3	
Caudal Medio Diario (Qmd)	lt/s	11.92	
Horas de Funcionamiento de la Bomba	hr	14	
Caudal de Bombeo	m ³ /s	0.6204	
Diámetro Económico (Bresse)	m	0.162	
Diámetro Comercial Asumido PVC	m	0.219	(Ø 8")
Espesor del Tubo (D. comercial)	m	0.0153	
Diámetro interior (comercial)	m	0.188	
Clase de Tubería		15	
C (PVC)	pie ^{1/2} /s	140	
Velocidad del Flujo	m/s	0.73	< 0.90 velocidad económica
Pendiente Hidráulica (S)	m/m	0.002869	
Perdida de Carga por Fricción (Hf)	m	22.85	
Golpe de Ariete (Sub Presión)			
Veloc. Propagación de Onda (Allievi)	m/s	448.21	
Tiempo de Propagación de la Onda	s	35.54	
Carga por Sobre Presión	m.c.a.	33.48	
Presión Máxima en el Punto mas Bajo de la Tubería	m.c.a.	139.08	ok, verifica condición hidráulica

Tabla N° 04
ELECCION DEL DIAMETRO ECONOMICO
ANALISIS DE SENSIBILIDAD ECONOMICA
N = 14 hrs

LOCALIDAD: POBLADO DE UNIPAMPA - ZONA 5
Sistema de Agua Potable
LINEA DE IMPULSION: POZO P-1 AL RESERVORIO R-1

Datos Básicos

Caudal de Bombeo	m ³ /s	0.0204
Línea de Impulsión	m ³ /s	7,964.38
Coef. C de Hazen & Williams (PVC)		140
Nivel Mínimo de Succión	msnm	63.2
Nivel de Descarga	msnm	178.8
Tasa de Descuento	%	12%
N° de Anualidades	años	10
Función de Costos		
K Equipo		1,211.30
a Equipo		0.7183
Costo Energía	USD/Kw-h	0.2
Horas de Funcionamiento de la Bomba	hr	14
Eficiencia de la Bomba (%)	nb	78
Eficiencia del Motor Eléctrico (%)	nm	85
Eficiencia Conjunta (%)	nc	66

DESCRIPCION	UND	D. Nominal / D. Interno de Tubería (mm)		
		PVC PN 15	PVC PN 15	PVC PN 15
		6"	8"	10"
		168	219	273
		144.60	188.40	235.00
Velocidad	m/s	1.24	0.73	0.47
Gradiente Hidraulico	m/m	0.01112	0.00287	0.00105
Altura Geométrica	m	115.6	115.6	115.6
Pérdidas por Fricción Totales	m	88.56	22.87	8.34
Pérdidas Locales Totales	m	1.06	0.37	0.15
Altura de Reserva	m	0.50	0.50	0.50
Presión de Salida	m	2.00	2.00	2.00
HDT	m	207.72	141.34	126.59
Pconsumo	HP	72.54	49.36	44.21
Pinstalada	HP	85.73	58.33	52.24
Pinstalada	KW	63.95	43.51	38.97
COSTO DE TUBERIA INSTALADA	USD/ML	26.23	35.22	52.23
COSTO TOTAL DE TUBERIA INSTALADA	USD	208,905.69	280,505.46	415,979.57
COSTO TOTAL DE EQUIPO INSTALADO	USD	29,632.51	22,472.81	20,762.51
COSTO ANUAL DE OPERACION	USD	64,462.77	43,862.48	39,285.61
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	USD	1,000.00	1,000.00	1,000.00
V.P. INVERSIONES TOTALES	USD	238,538.20	302,978.27	436,742.08
V.P. REPOSICIONES TOTALES	USD	183,674.42	233,293.27	336,291.40
V.P. EXPLOTACION TOTAL	USD	369,864.66	253,473.01	227,613.71
V.P. COSTOS TOTALES	USD	792,077.28	789,744.66	1,000,647.18

Tabla N° 05
CONSTRUCCION DE LA CURVA CARACTERISTICA DE LA RED
Pérdida de Carga calculada con la fórmula de Hazen - Williams

Nivel de Succión:	63.2 msnm							
Nivel de Descarga:	178.8 msnm							
	18	36	54	72	90	108	126	144
Caudal (l/s)	5	10	15	20	25	30	35	40
Altura Geométrica (m)	115.60	115.60	115.60	115.60	115.60	115.60	115.60	115.60
Altura de Reserva (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Tubería PVC DN 8"	Diámetro Interior (mm)	188.40	188.40	188.40	188.40	188.40	188.40	188.40
	Coeficiente de Rugosidad	140	140	140	140	140	140	140
	Longitud (m)	7,964.38	7,964.38	7,964.38	7,964.38	7,964.38	7,964.38	7,964.38
	Velocidad (m/s)	0.18	0.36	0.54	0.72	0.90	1.08	1.26
	Pérdida por fricción / m	0.0002	0.0008	0.0016	0.0028	0.0042	0.0058	0.0078
	Pérdida por fricción (m)	1.69	6.10	12.90	21.97	33.20	46.52	61.87
	Pérdida Localizada (m)	0.02	0.09	0.20	0.35	0.55	0.79	1.08

Carga Total Máxima de	117.81	122.28	129.20	138.42	149.85	163.41	179.05	196.72
------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabla N° 06
VALORES DE ALTURA - GASTO DE LA ELECTROBOMBA SELECCIONADA
E10R36/6 + MC860

Caudal (l/s)	0	12	14	16	18	20	21	22	23	24	25	26	27
HDT - Bomba (m)	211	181	175	168	155	142	133	127	119	111	103	95	86

Fuente: Manual del Fabricante - CAPIRI

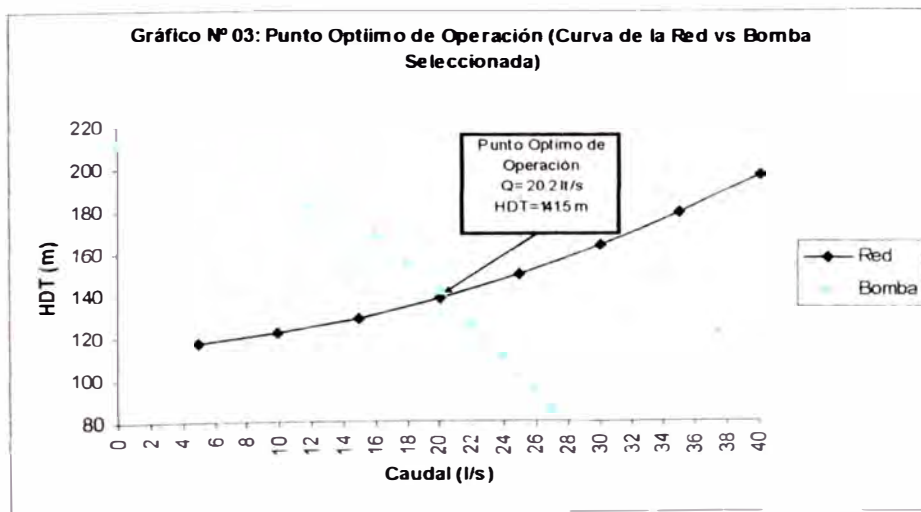


Gráfico N° 01: DIÁMETRO ECONÓMICO

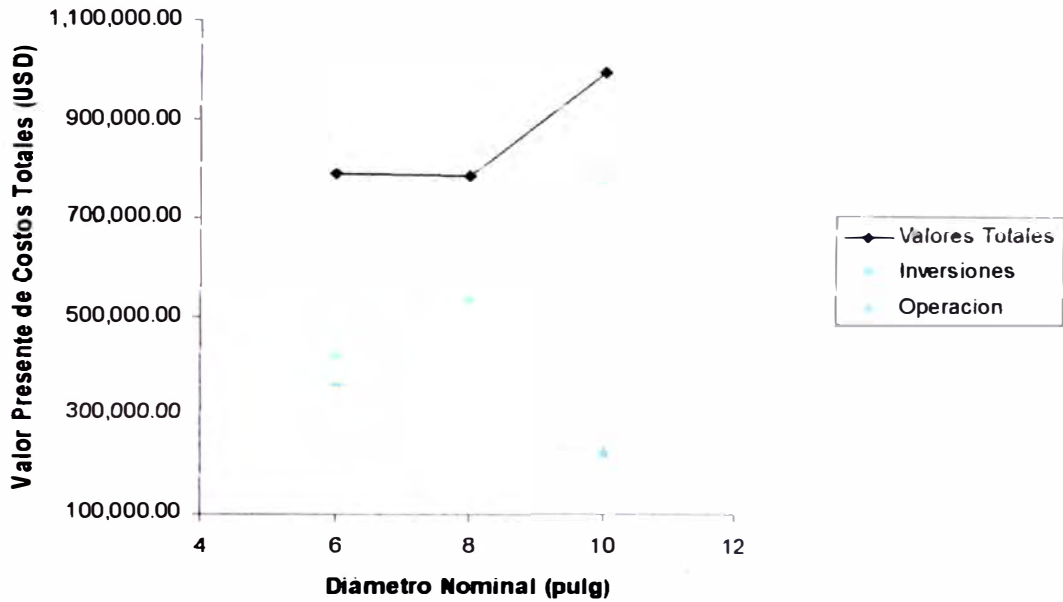
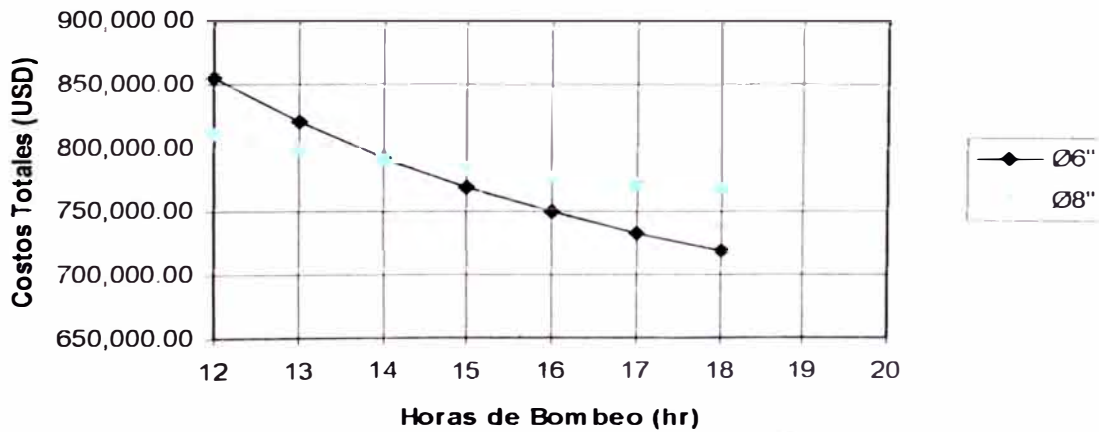


Gráfico N° 02: Curva Costos Totales vs Horas de Bombeo

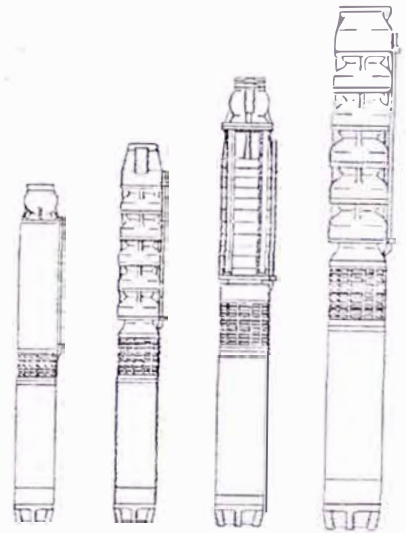




ELETTROPOMPE SOMMERSE
ELECTROBOMBAS SUMERGIDAS

E6 - 18

50 Hz



caprari

pumping power

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
= ISO 9001/2000 =

Esemplificazione delle sigle - Ejemplificación de las siglas - Erklärung der Typenbezeichnungen

1) Sigla elettropompa:

- Es. - Ex. - Ex.
- E6X30/5 + MCH42-8V
- E6XB30/52 + MAC625-8V
- E8R40/11 + MC850-8V
- E10RB40/14 + MAC10180-8V
- E8S50/6A + MAC625-8V

2) Esemplificazione sigle pompe - Sigla electrobomba - Erklärung der Typenbezeichnung der Electropumpe:

E6X30-4/5-W: E 6 X 30 - 4 / 5 - W

- E = Pompa sommersa - Bomba sumergida - Tauchpumpe
- 6 = Diametro nominale in pollici - Diámetro nom. en pulgadas - Nenndurchmesser in Zoll
- X = Girante radiale - Rodete radial - Radiales Laufrad
- 30 = Numero di identificazione girante - Número de identificación rodete - Kennzahl des Laufrads
- 4 = Flangia accoppiamento motore - Brida acoplamiento motor - Kupplungsflansch des motors
- 5 = Numero degli stadi - Número de fases - Zahl der Stufen
- W = Parte idraulica con impiego a 50Hz / 60Hz - Parte hidráulica con empleo a 50Hz / 60Hz - Hydraulik für Einsatz mit 50Hz / 60Hz

EX E6XB30-6/52-V: E 6 X B 30 - 6 / 52 - V

- E = Pompa sommersa - Bomba sumergida - Tauchpumpe
- 6 = Diametro nominale in pollici - Diámetro nom. en pulgadas - Nenndurchmesser in Zoll
- X = Girante radiale - Rodete radial - Radiales Laufrad
- B = Versione con supporto intermedio - Ejecuciones con soporte intermedio - Version mit Zwischenträger
- 30 = Numero di identificazione girante - Número de identificación rodete - Kennzahl des Laufrads
- 6 = Flangia accoppiamento motore - Brida acoplamiento motor - Kupplungsflansch des motors
- 52 = Numero degli stadi - Número de fases - Zahl der Stufen
- V = Parte idraulica con impiego a 50Hz - Parte hidráulica con empleo a 50Hz - Hydraulik für Einsatz mit 50Hz

EX E8R40-8/11-W: E 8 R 40 - 8 / 11 - W

- E = Pompa sommersa - Bomba sumergida - Tauchpumpe
- 8 = Diametro nominale in pollici - Diámetro nom. en pulgadas - Nenndurchmesser in Zoll
- R = Girante radiale - Rodete radial - Radiales Laufrad
- 40 = Numero di identificazione girante - Número de identificación rodete - Kennzahl des Laufrads
- 8 = Flangia accoppiamento motore - Brida acoplamiento motor - Kupplungsflansch des motors
- 11 = Numero degli stadi - Número de fases - Zahl der Stufen
- W = Parte idraulica con impiego sia a 50Hz / 60Hz - Parte hidráulica con empleo a 50Hz / 60Hz - Hydraulik für Einsatz mit 50Hz / 60Hz

ER E10RB40/14-V: E 10 R B 40 - 8 / 14 - V

- E = Pompa sommersa - Bomba sumergida - Tauchpumpe
- 10 = Diametro nominale in pollici - Diámetro nom. en pulgadas - Nenndurchmesser in Zoll
- R = Girante radiale - Rodete radial - Radiales Laufrad
- B = Versione con supporto intermedio - Ejecuciones con soporte intermedio - Version mit Zwischenträger
- 40 = Numero di identificazione girante - Número de identificación rodete - Kennzahl des Laufrads
- 8 = Flangia accoppiamento motore - Brida acoplamiento motor - Kupplungsflansch des motors
- 14 = Numero degli stadi - Número de fases - Zahl der Stufen
- V = Parte idraulica con impiego a 50Hz - Parte hidráulica con empleo a 50Hz - Hydraulik für Einsatz mit 50Hz

ESX E6SX50-6/6A-V: E 6 S X 50 - 6 / 6 A - V

- E = Pompa sommersa - Bomba sumergida - Tauchpumpe
- 6 = Diametro nominale in pollici - Diámetro nom. en pulgadas - Nenndurchmesser in Zoll
- S = Girante semiassiale - Mixed flow impeller - Roue demi-axiale
- X = Versione inox - Version inox - Version inox
- 50 = Numero di identificazione girante - Número de identificación rodete - Kennzahl des Laufrads
- 6 = Flangia accoppiamento motore - Brida acoplamiento motor - Kupplungsflansch des motors
- 6 = Numero degli stadi - Número de fases - Zahl der Stufen
- A = Riduzione girante - Reducción rodete - Laufradreduktion
- V = Parte idraulica con impiego a 50Hz - Parte hidráulica con empleo a 50Hz - Hydraulik für Einsatz mit 50Hz

ES E8S50-6/6A-V: E 8 S 50 - 6 / 6 A - V

- E = Pompa sommersa - Submersible pump - Pompe immergée
- 8 = Diametro nominale in pollici - Nominal diameter in inches - Diamètre nominal en pouces
- S = Girante semiassiale - Mixed flow impeller - Roue demi-axiale
- 50 = Numero di identificazione girante - Identification impeller number - Numero identification roue
- 6 = Flangia accoppiamento motore - Brida acoplamiento motor - Kupplungsflansch des motors
- 6 = Numero degli stadi - Número de fases - Zahl der Stufen
- A = Riduzione girante - Reducción rodete - Laufradreduktion
- V = Parte idraulica con impiego a 50Hz - Parte hidráulica con empleo a 50Hz - Hydraulik für Einsatz mit 50Hz

3) Esemplificazione sigle motori sommersi - Ejemplificación siglas motores sumergidos

Erklärung zum Typenschild der Tauchmotoren

MCH42-8: MCH 4 2 - 8

- MCH = Motore sommerso - Motor sumergido - Tauchmotor
- 4 = Diametro nominale in pollici - Diámetro nom. en pulgadas - Nenndurchmesser in Zoll
- 2 = Potenza nominale in HP - Potencia nominal en HP - Nennleistung in HP
- 8 = Caratteristiche costruttive motore elettrico - Características de fabricación del motor eléctrico - Baudaten elektrischer motor

MAC625-8: MAC 6 25 - 8

- MAC = Motore sommerso - Motor sumergido - Tauchmotor
- 6 = Diametro nominale in pollici - Diámetro nom. en pulgadas - Nenndurchmesser in Zoll
- 25 = Potenza nominale in HP - Potencia nominal en HP - Nennleistung in HP
- 8 = Caratteristiche costruttive motore elettrico - Características de fabricación del motor eléctrico - Baudaten elektrischer motor

MC850-8: MC 8 50 - 8

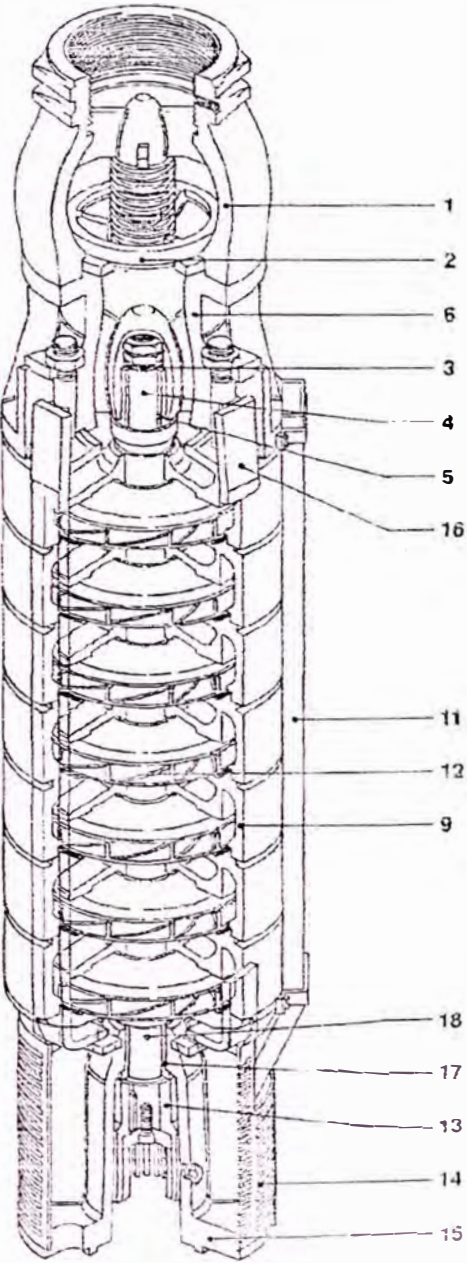
- MC = Motore sommerso - Motor sumergido - Tauchmotor
- 8 = Diametro nominale in pollici - Diámetro nom. en pulgadas - Nenndurchmesser in Zoll
- 50 = Potenza nominale in HP - Potencia nominal en HP - Nennleistung in HP
- 8 = Caratteristiche costruttive motore elettrico - Características de fabricación del motor eléctrico - Baudaten elektrischer motor

MAC10180-8: MAC 10 180 - 8

- MAC = Motore sommerso - Motor sumergido - Tauchmotor
- 10 = Diametro nominale in pollici - Diámetro nom. en pulgadas - Nenndurchmesser in Zoll
- 180 = Potenza nominale in HP - Potencia nominal en HP - Nennleistung in HP
- 8 = Caratteristiche costruttive motore elettrico - Características de fabricación del motor eléctrico - Baudaten elektrischer motor

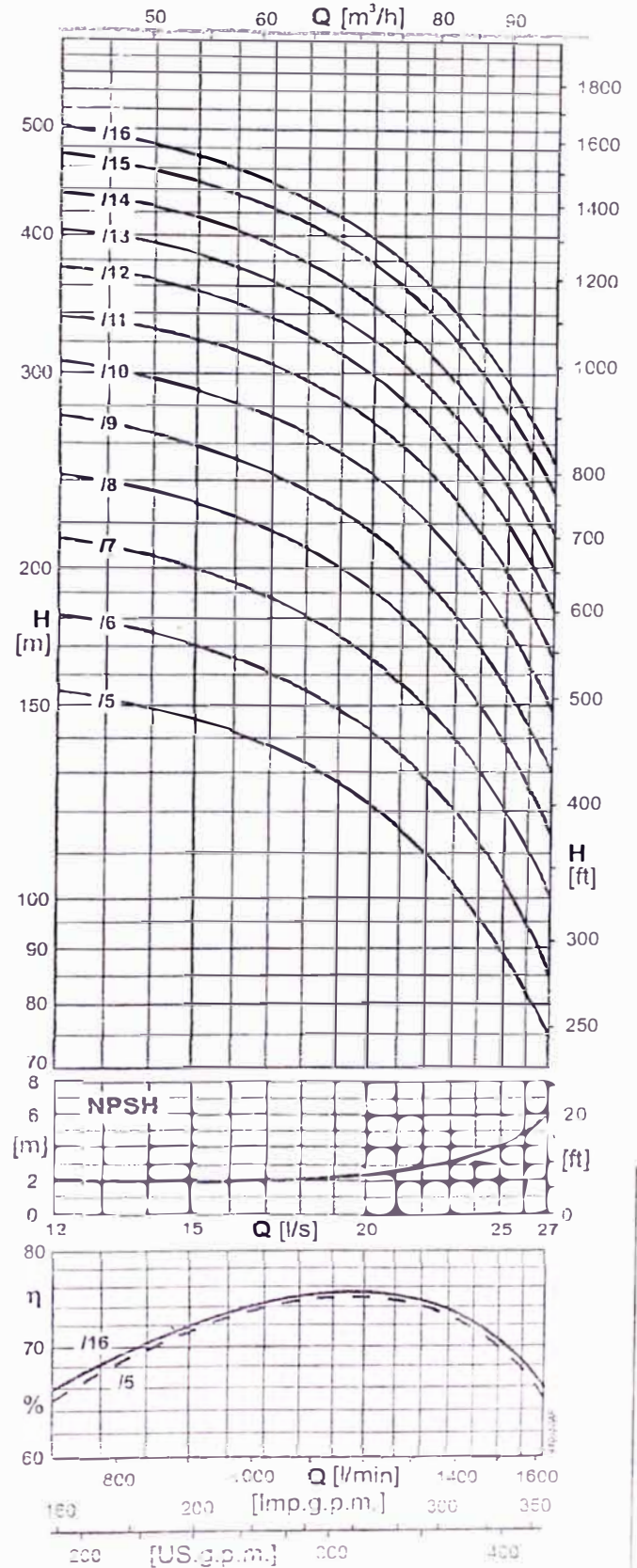
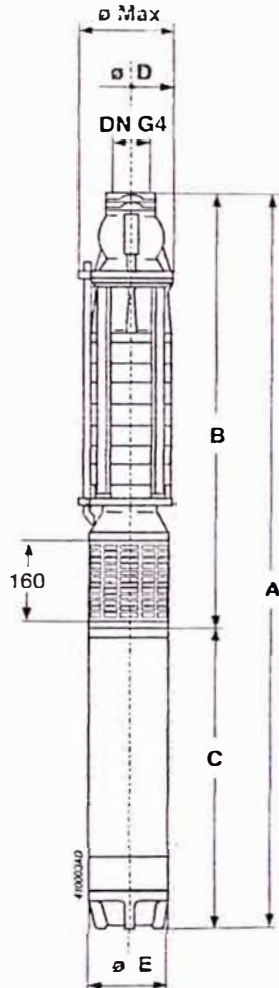
Costruzione pompa e materiali
Construcción bomba y materiales
Konstruktion der Pumpe und Werkstoffe

TIPO - TIPO - TYP
E8R - E10R

Sezione Sección Schnittbild	Costruzione Construcción Konstruktion	Materiali Materiales Werkstoffe E8R	Materiali Materiales Werkstoffe E10R	
	1. Corpo valvola <i>Cuerpo válvula</i> <i>Ventilkörper</i>	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	
	2. Ciapet <i>Válvula</i> <i>Ventilklappe</i>	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	
	3. Albero <i>Eje</i> <i>Welle</i>	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	
	4. Bussola albero <i>Buje del eje</i> <i>Wellenbuchse</i>	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	
	5. Bronzina <i>Cajinete en bronce</i> <i>Bronzelager</i>	Bronzo <i>Bronce</i> Bronze	Bronzo <i>Bronce</i> Bronze	
	6. Corpo mandata <i>Cuerpo de impulsión</i> <i>Druckgehäuse</i>	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	
	9. Corpo intermedio <i>Cuerpo intermedio</i> <i>Zwischenkörper</i>	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	
	11. Tegolo protezione cavi <i>Protección cables</i> <i>Kabelabdeckung</i>	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	
	12. Girante <i>Redete</i> <i>Laufrad</i>	Resina termoplastica <i>Resina termoplástica</i> Thermoplast	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	
	13. Giunto <i>Junto</i> <i>Wellenkupplung</i>	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	
	14. Succheruola <i>Rejilla</i> <i>Saugkorb</i>	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	
	15. Corpo aspirazione <i>Cuerpo aspiración</i> <i>Sauggehäuse</i>	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	Ghisa <i>Fundición</i> Gußeisen	
	16. Tirante <i>Tirante</i> <i>Zugbolzen</i>	Acciaio/Acciaio inox* <i>Acero/Acero inox.*</i> Stahl/Edelstahl rostfrei*	Acciaio/Acciaio inox* <i>Acero/Acero inox.*</i> Stahl/Edelstahl rostfrei*	
	17. Bronzina <i>Cajinete en bronce</i> <i>Bronzelager</i>	Bronzo <i>Bronce</i> Bronze	Bronzo <i>Bronce</i> Bronze	
	18. Bussola albero <i>Buje del eje</i> <i>Wellenbuchse</i>	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	Acciaio inox <i>Acero inox.</i> Edelstahl rostfrei	
		Bulloneria in acciaio inox <i>Tornillería inoxidable</i> Schrauben aus rostfreiem Edelstahl	* = Parte filettate <i>Parte roscada</i> Gewindestift	

Dimensioni di ingombro e pesi
Dimensiones máximas y pesos
Abmessungen und Gewichte

Caratteristiche di funzionamento 2 Poli/50 Hz
Características de funcionamiento 2 Polos/50 Hz
Betriebsdaten 2 Polen/50 Hz



TIPO TIPO TYP	ø ø ø	A	B	C	D	E	Peso Peso Gewi
	max	[mm]					ht ht ht
							[kg]
E10R35/5 + MC850		2080	933	1147			261
E10R35/6 + MC850		2152	1005	1147			270
E10R35/7 + MC860	244	2304	1077	1227		191	299
E10R35/8 + MC870		2606	1149	1457			349
E10R35/9 + MC880		2678	1221	1457			350
E10R35/10 + MC890		2913	1293	1625			397
E10R35/11 + MAC10100		2690	1365	1325			428
E10R35/12 + MAC10125		2932	1437	1495	226		507
E10R35/13 + MAC10125		3004	1509	1495		212	520
E10RB35/14 + MAC10125	251	3264	1669	1595			550
E10RB35/15 + MAC10150		3326	1741	1595			556
E10RB35/16 + MAC10150		3408	1813	1595			569

Caratteristiche di funzionamento 2 Poli/50 Hz
Características de funcionamiento 2 Polos/50 Hz
betriebsdaten 2 Polen / 50 Hz

TIPO TIPO TYP	Potenza		Installazione o ziontiale Instalación horizontal Wasgerichte Installation	Valvola di ritegno Válvula de retención Rückschlagventil	PORTATA - CAUDAL - FÖRDERLEISTUNG													
	Potencia motor Motorleistung	[kW] [HP]			[l/s] [l/min] [m³/h]													
					0	18	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
					0	720	840	960	1080	1200	1260	1320	1380	1440	1500	1560	1620	
					0	43,2	50,5	57,6	64,8	72	75,5	79,2	82,8	86,4	90	93,6	97,2	
						PREVALENZA TOTALE - ALTURA DE CARGA TOTAL - GESAMTFÖRDERHÖHE [m]												
R35/5 + MC850	37	50			179	154	149	142	133	122	116	109	103	96	90	82	75	
R35/6 + MC850	37	50			211	181	175	166	155	142	133	127	119	111	103	95	86	
R35/7 + MC860	45	60	■		248	213	205	195	182	167	158	149	140	131	121	112	101	
R35/8 + MC870	51	70	■		284	243	235	224	209	191	181	171	160	150	139	128	115	
R35/9 + MC880	59	80	■		320	275	266	252	236	216	205	193	182	170	157	145	131	
510 + MC330	66	90			357	303	298	284	265	244	232	219	206	193	179	164	149	
R35/11 + MAC10100	75	100		4"	393	340	331	316	295	271	257	243	229	215	199	184	168	
R35/12 + MAC10125	92	125	□		431	374	364	348	326	300	286	270	256	238	221	204	186	
R35/13 + MAC10125	92	125			466	405	392	375	352	324	307	291	274	256	238	219	199	
RB35/14 + MAC10125	92	125			503	437	423	404	378	348	331	313	295	275	256	238	216	
RB35/15 + MAC10150	110	150	■		541	473	459	439	412	379	361	342	322	302	280	259	237	
RB35/16 + MAC10150	110	150			575	501	484	463	433	398	380	360	339	318	295	277	249	
SH [m]					2	2	2	2	2,3	2,5	2,8	3,1	3,6	4,2	4,9	5,8		

Senza clapet valvola di ritegno - Sin válvula de retención - Ohne Rückschlagventilklappe

Su richiesta - Bajo pedido - Auf Anfrage

Interpellare la sede o la rete di vendita - Contactar la sede comercial o la red comercial - Caprari oder das Motribsnetz befragen

Caratteristiche motori: vedere pag. 95 + 101 - Características motores: ver pag. 95 + 101 - Motordaten: siehe Seiten 95 + 101

Parecchiatura di controllo temperatura motori elettrici sommersi 6" + 14": vedere pag. 116

o de control de temperatura de motores eléctricos sumergidos 6" + 14": ver pag. 116

Temperaturüberwachungsgerät für elektrische Tauchmotoren 6" + 14": siehe Seite 116

Motori trifase 8" a 2 Poli / 50 Hz
Motores trifásicos 8" - 2 Polos / 50 Hz
8" dreiphasige Motoren mit 2 Polen / 50 Hz

Caratteristiche di funzionamento
Características de funcionamiento
Betriebsdaten

n	mes	TIPO TYP	Potenza nominale Potencia Nominal/ Nennleistung		η Rendimento Wirkungsgrad		cos φ Fattore di potenza Factor de potencia Leistungsfaktor		In Corrente nominale Corriente nominal/ Nennstrom		Avviamento Arranque Direktes				Giri al minuto Revoluciones por minuto Umdrehungen pro Minute [n]	Temperatura max acqua Temperatura max agua Max. Wassertemperatur [°C]	Max avviamenti/ora Max. arranques/hora Max. Starts/Stunde [No.]	
			[kW]	[HP]	3/4	4/4	3/4	4/4	A pieno carico Con carga plena Bei Volllast	A vuoto En vacío Und-Last	Diretto Directo Starten		Stella-Triangolo Estrella-ángulo Starr-Dreieck					400V
					400V	400V	400V	400V	400V	400V	I _{Ma} In	I _L In	I _a In	I _L In				
		MC335	26	35	83.5	84.5	0.810	0.845	53	24	2.02	0.2	2.1	4.3	2905	25	10	
		MC40	30	40	84.5	84	0.825	0.860	60	24	1.74	5.4	1.3	3.8	2990			
		MC50	37	50	86	85	0.820	0.850	74	30	1.88	5.7	1.90	4	2905			
		MC60	45	60	87	86.5	0.815	0.850	88.5	35	2.04	6.3	2.1	4.4	2905			
		MC70	51	70	87.5	87	0.800	0.850	99.5	42	1.74	6.3	2.1	4.4	2905			
		MC80	59	80	87.5	87.5	0.800	0.845	115	52	1.93	6.3	2.1	4.4	2900			
		MC90	66	90	87.5	87.5	0.800	0.850	123	54	1.87	6.3	2.1	4.4	2900			
		MC100	75	100	87.5	87.5	0.800	0.850	145.5	68	1.91	6.4	2.1	4.5	2900			
		MC125	92	125	88.5	87.5	0.815	0.860	176	71	1.83	5.8	2.1	4	2985			6

b = Coppia di avviamento
Par de arranque
Anlaufdrehmoment

n = Coppia nominale
Par nominal
Nenn Drehmoment

Ia = Corrente di avviamento
Corriente de arranque
Anlaufstrom

In = Corrente nominale
Corriente nominal
Nennstrom

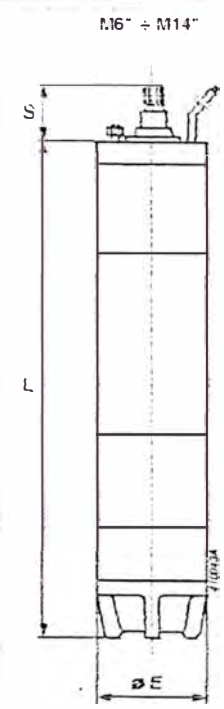
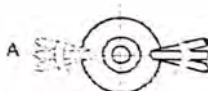


Senso di rotazione = Sinistro (antiorario) visto lato sporgenza albero
Sentido de rotación = Izquierdo (antiorario) visto del lado de la espiga
Drehrichtung = Links (im Gegenstandespaarssinn)

(1) = Equamente ripartiti
Equitativamente repartidos
Gleichmäßig auf die U-Phasen

Per le tensioni di alimentazione e le variazioni ammesse vedere il capitolo Note generali motore
Las tensiones de alimentación de los motores y las variaciones admitidas ver capítulo Notas generales motor
Für die Zulässigen Speisespannungen und Fluktuationen siehe das Kapitel Allgemeine Motorangaben

Motori trifase 6" ÷ 12" a 2 Poli / 50 Hz
Motores trifasicos 6" ÷ 12" - 2 Polos / 50 Hz
6" ÷ 12" dreiphasige Motoren mit 2 Polen / 50 Hz

Dimensioni di ingombro e pesi
Dimensiones máximas y pesos
Abmessungen und Gewichte

	Diametro nominale Diámetro nominal Nominaler Durchmesser	Motore tipo Motor tipo Motortyp	L [mm]	Ø m	Flangia accoppiamento Brida de acoplamiento Kupplungsflansch	Uscita cavi Salida cables Kabelaustritt		Sezione in mm ² Sección en mm ² Querschnitt in mm ²	Avviamento - Arranque - Starten	Lunghezza Longitud Länge	Posizione Posición Stellung	Peso Peso Gewicht [kg]		
						Diretto Directo Direkt							Stella-triangolo Estrella-triángulo Stern/Dreieck	
						220 - 230 V	380 - 400 V						220 V - 230 V 380 V - 400 V	380 V - 400 V 660 V - 700 V
						[mm]							[m]	
	6"	MAC65	592	143	NEMA 6"	3 x (1x4) (C.C. -6)	3 x (1x4) (C.C. -8)	6 x (1x4) (C.C. -7)	5 x (1x4) (C.C. -9)	3,5	A	42		
		MAC67	617									41,5		
		MAC610	692									51		
		MAC612	722									54,5		
		MAC615	737									58		
		MAC617	792									63,5		
		MAC620	812									66		
		MAC625	897									74,5		
		MAC630	1047									91		
		MAC635	1157									103		
		MAC640	1257									113		
MAC650	1307	118,5												
	8"	MC835	1025	191	8"	3 x (1x16) (C.C. -6)	3 x (1x16) (C.C. -8)	6 x (1x16) (C.C. -7)	6 x (1x16) (C.C. -9)	3,5	B	146		
		MC840	1025									146		
		MC850	1145									167		
		MC860	1225									185		
		MC870	1455									226		
		MC880	1455									226		
		MC890	1625									259		
		MC8100	1625									259		
		MC8125	1725									276		
			10"									MAC10100	1325	242
MAC10125	1495			355										
MAC10150	1595			383										
MAC10160	1745			459										
MAC10200	1845			470										
MAC10220	1947			506										
Sporgenza d'albero Salida eje Wellenübersand	S	[mm]	NEMA 6"	73	290	12"	3 x (1x95) (C.C. -8)	-	-	5	B	637		
			3" / 10"	76								791		
			12" / 14"	76								805		
												812		
Sezione Sección Querschnitt	S	[mm]	M14300	1937	340	12"	3 x (1x95) (C.C. -6)	-	-	5	B	812		
			M14330	1992								873		
			M14380	2052								892		
			M14430	2202								1053		
			M14460	2302								1113		
			M14500	2422										
[mm ²]	[mm]													
1 x 4	6,3													
1 x 6	7,7													
1 x 10	8,8													
1 x 15	10,3													
1 x 25	12,2													
1 x 50	16													
1 x 70	19,2													
1 x 95	21,2													

Accessori
Accesorios
Zubehör

Dispositivo contro la marcia a secco e controllo del livello
Dispositivo contra la marcha en seco y control del nivel
Sicherheitsvorrichtung gegen Trockenlauf

Il dispositivo elettronico a conduttività serve a rilevare o controllare i livelli dei liquidi conduttivi in pozzi, vasche o serbatoi.

Nel caso di controllo di minimo e massimo livello (protezione contro la marcia a secco e riavviamento automatico della elettropompa), il relé si mantiene in stato di riposo fintanto che il liquido non ha raggiunto il livello superiore.

A questo punto, il relé entra in conduzione eccitando la bobina del teleruttore (che provoca, tramite l'apparecchiatura elettrica, l'avviamento dell'elettropompa) e mantiene tale stato finché il liquido non scende sotto il livello minimo.

Nel caso di semplice controllo di minimo livello (protezione contro la marcia a secco), il relé rimane costantemente eccitato in presenza del liquido diseccitandosi in assenza di questo o per mancanza di tensione e deve essere riarmato manualmente.

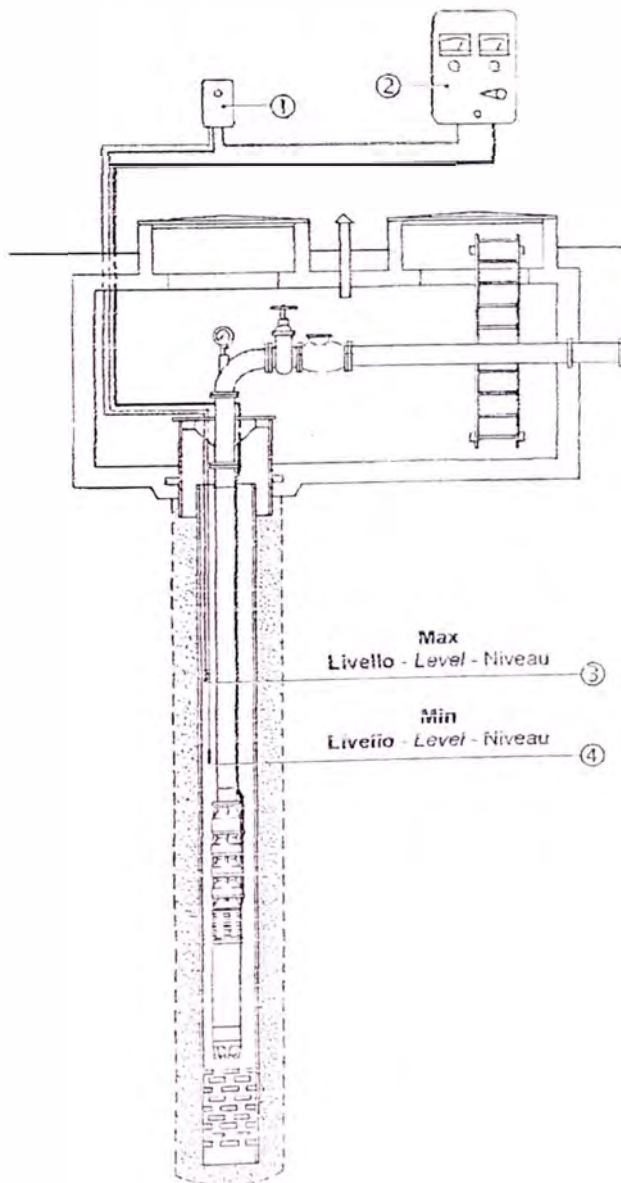
El dispositivo electrónico de conductividad sirve para registrar o controlar los niveles de los líquidos conductivos en pozos, piletas o tanques.

En el caso del control de mínimo y máximo nivel (protección contra la marcha en seco y nueva puesta en marcha automática de la electrobomba), el relé se mantiene en estado de reposo hasta que el líquido alcance el nivel superior. En este momento el relé adquiere conductividad excitando la bobina del telerreceptor (que provoca, mediante el equipo eléctrico, el arranque de la electrobomba) y mantiene dicho estado hasta que el líquido no desciende por debajo del nivel mínimo.

En el caso de simple control del nivel mínimo (protección contra la marcha en seco), el relé permanece constantemente excitado en presencia del líquido desexcitándose en ausencia de éste o bien por falta de tensión y debe ser rearmado manualmente.

Die elektronische Leitfähigkeits Meßvorrichtung dient zum Messen und Überwachen von leitfähigen Flüssigkeiten in Brunnen, Becken und Behältern. Bei einer Überwachung des unteren und oberen Standniveaus (Schutz gegen Trockenlaufen mit automatischem Neustart der Elektromotorpumpe) bleibt das Relais im Ruhezustand, bis die Flüssigkeit den oberen Stand erreicht hat. Nun erregt das Relais die Spule des Schaltschüttes (der über die elektrische Ausrüstung das Starten der Elektromotorpumpe bewirkt) und diesen Zustand beibehält, bis die Flüssigkeit wieder unter den unteren Füllstand absinkt.

Bei der einfachen Überwachung des unteren Standniveaus (Schutz gegen Trockenlaufen) bleibt das Relais ständig erregt, wenn Flüssigkeit vorhanden ist, und es fällt ab, wenn keine Flüssigkeit vorhanden ist oder die Spannung ausgefallen ist. Es muß von Hand rückgestellt werden.



- 1) Dispositivo contro la marcia a secco
Dispositivo contra la marcha en seco
Vorrichtung gegen Trockenlaufen
- 2) Apparecchiatura elettrica
Equipo eléctrico
Elektrische Ausrüstung
- 3) Sonda elettrica max livello
Sonda eléctrica max nivel
Elektrische Sonde für oberes Standniveau
- 4) Sonda elettrica min livello
Sonda eléctrica min nivel
Elektrische Sonde für unteres Standniveau

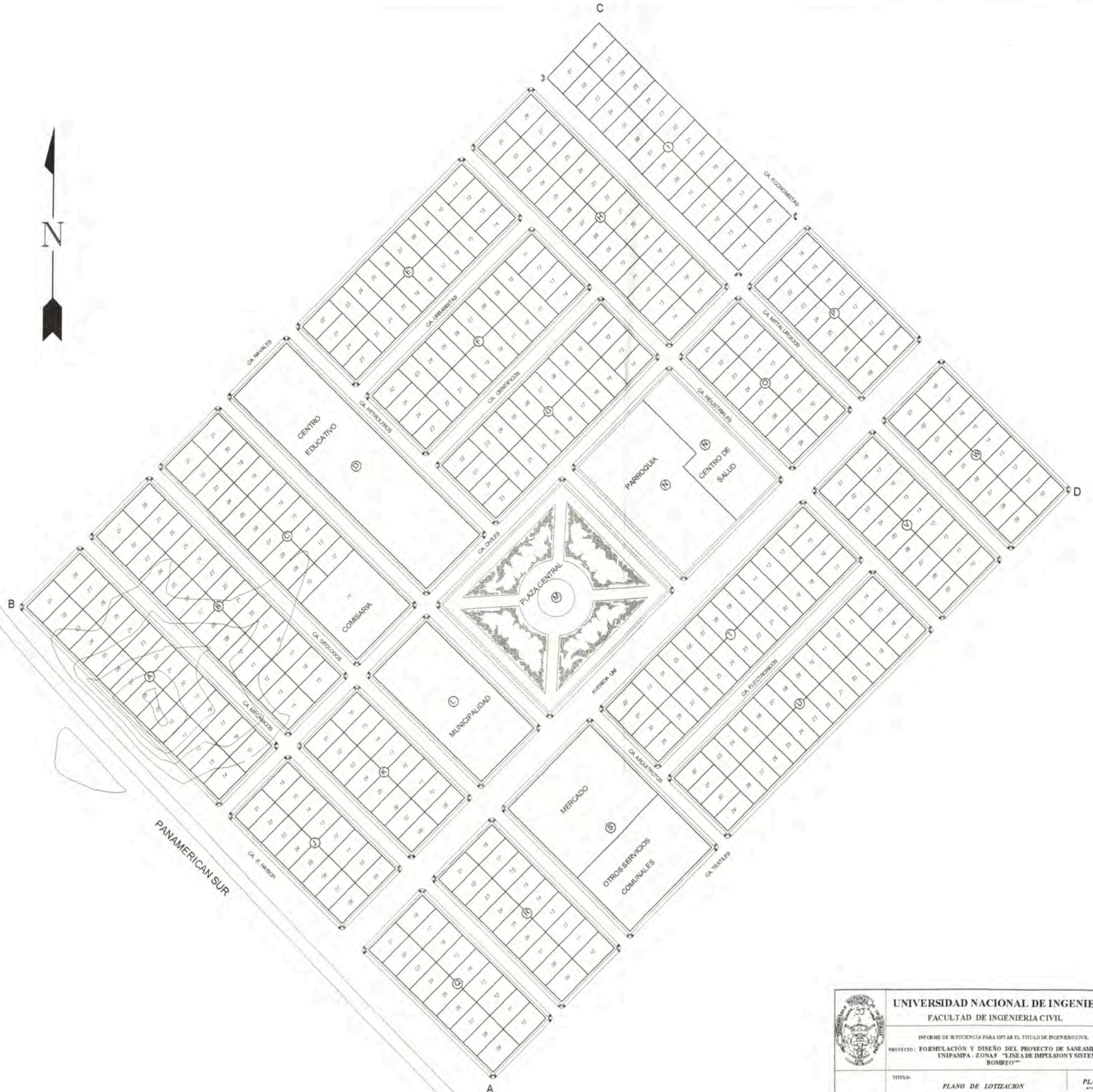
8.- Se han proyectado la instalación de 13 válvulas de aire de $\varnothing 3''$ (en los puntos altos y cambios de pendiente de positiva a negativa) y 15 válvulas de purga de $\varnothing 4''$ (en los puntos bajos y en las zonas de trazo horizontal cada 500 m). Cada una de estas válvulas están protegidas en sus respectivas cámaras de concreto.


9.- El equipo de bombeo seleccionado es una electrobomba tipo sumergible de la compañía italiana CAPRARI, la cual consta de una bomba modelo E10R35/6 y un motor modelo MC850, cuyas características técnicas se muestran en los anexos.

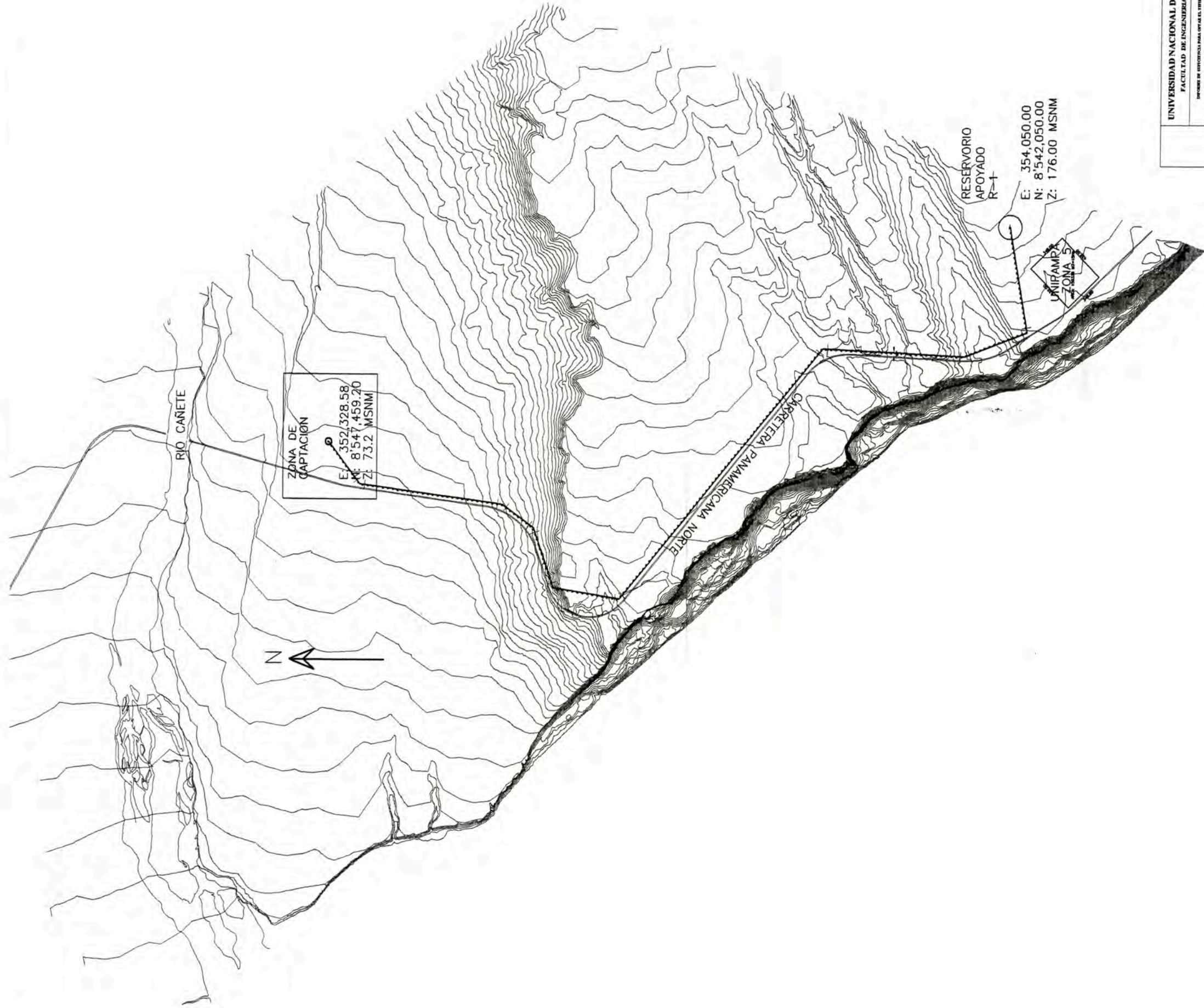
10.- El conjunto Bomba-Motor tiene un punto óptimo de operación para un caudal de 20.2 l/s y un HDT de 141.5 m, con las cuales se satisfacen los requerimientos del proyecto.

11.- Se ha verificado que no se produzca el fenómeno de cavitación en la bomba, teniendo un NPSH disponible mayor a la NPSH requerida (obtenida de cálculos y por información del fabricante), con la cual se garantiza el buen funcionamiento del sistema de bombeo y minimizamos el mantenimiento de esta.

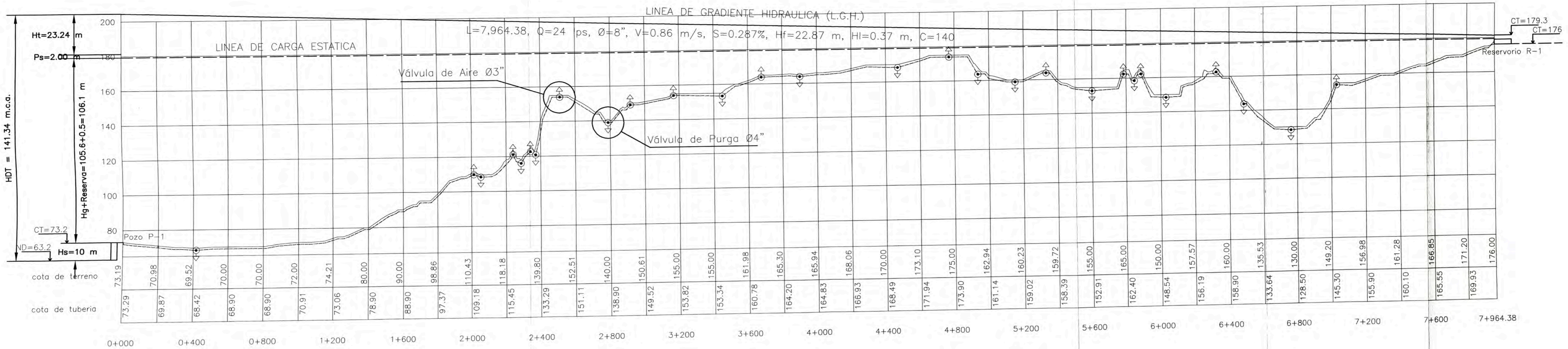
12.- El costo de la obra, para la instalación de la línea de impulsión asciende a S/. 1'189,302.95 y el equipo de bombeo S/. 83,776.00, precios incluidos el IGV.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
	INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL PROYECTO: FORMULACIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO UNIPAMPA - ZONAS "LINEA DE IMPULSION Y SISTEMA DE BOMBEO"	
	TITULO: PLANO DE LOTIZACION	PLANO No. 001

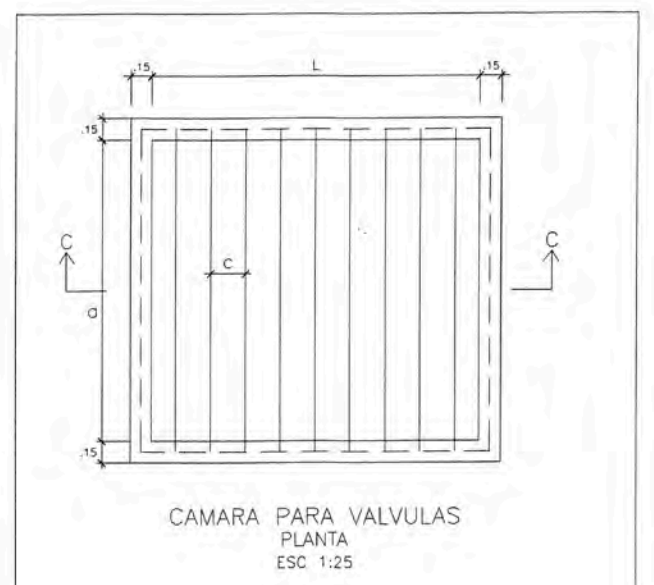
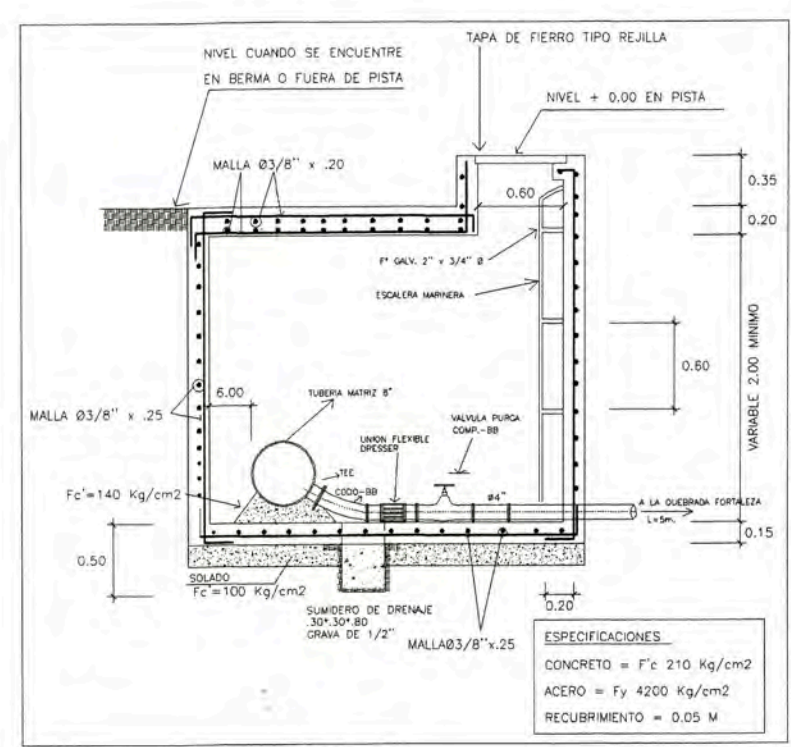
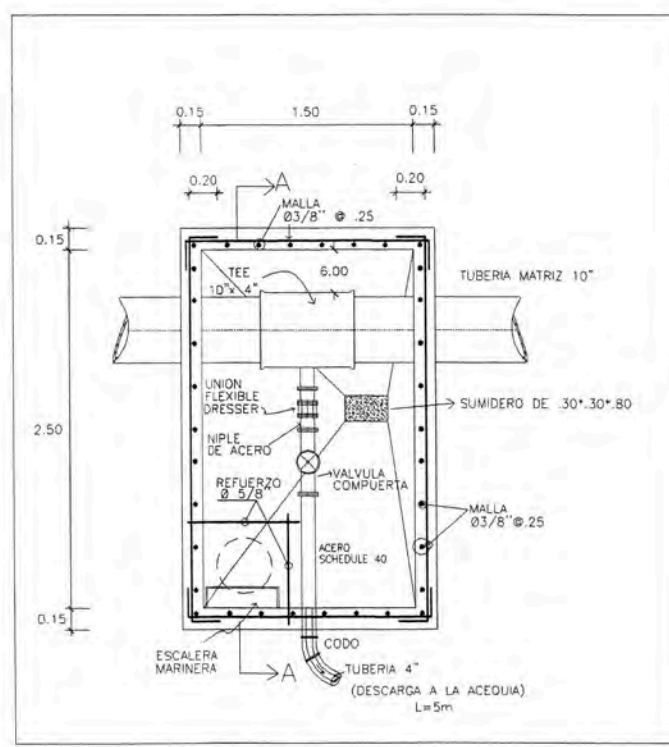
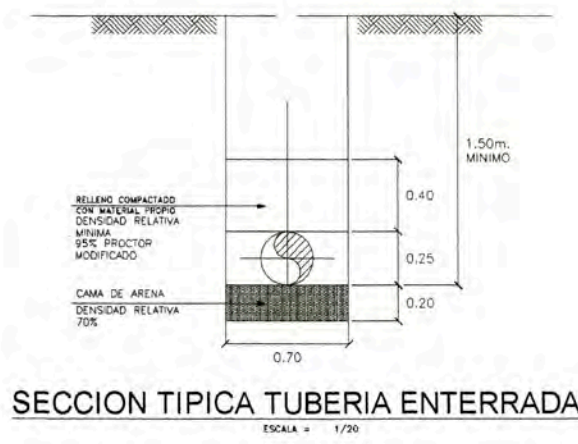


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
INFORME DE EFECTIVIDAD PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL	
PROYECTO: FUNDACION Y DISEÑO DEL PROYECTO DE SANAMIENTO AMBIENTAL, ZONAS DE RECOLECCION Y SISTEMA DE TRATAMIENTO	
UNIVERSIDAD	PLANOS
FACULTAD	LINEA DE APOYO
CARRERA	NO.
SEMESTRE	NO.
FECHA	NO.
ALUMNO	NO.

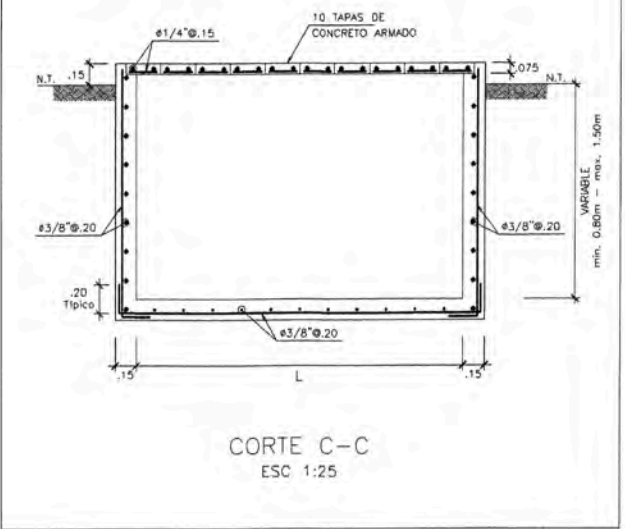
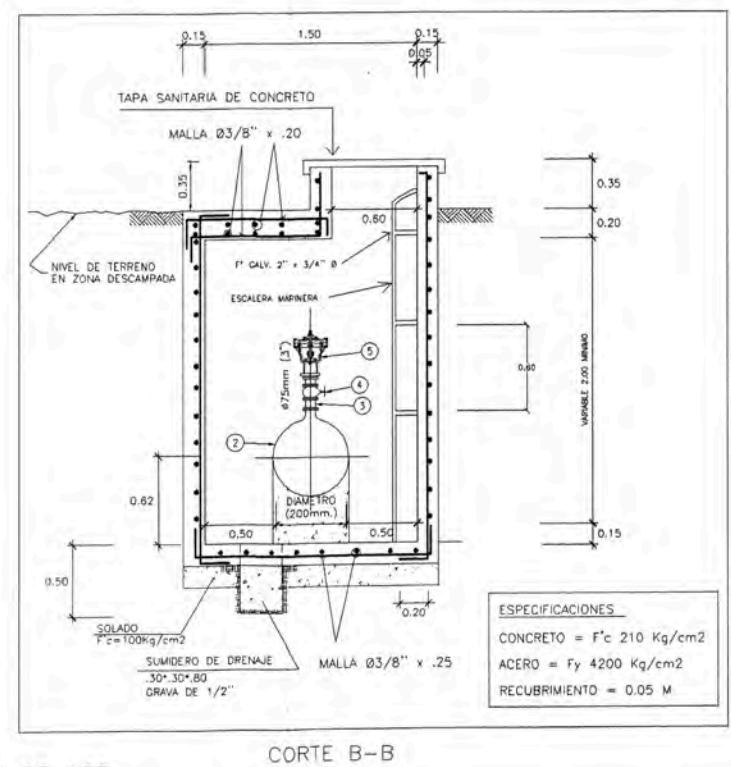
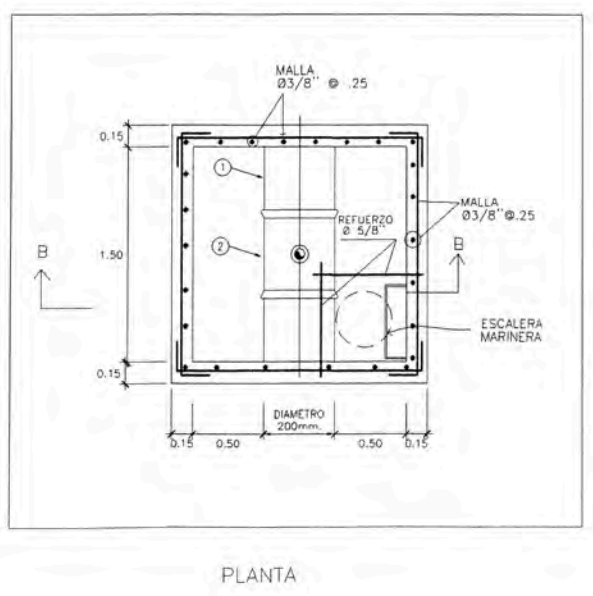
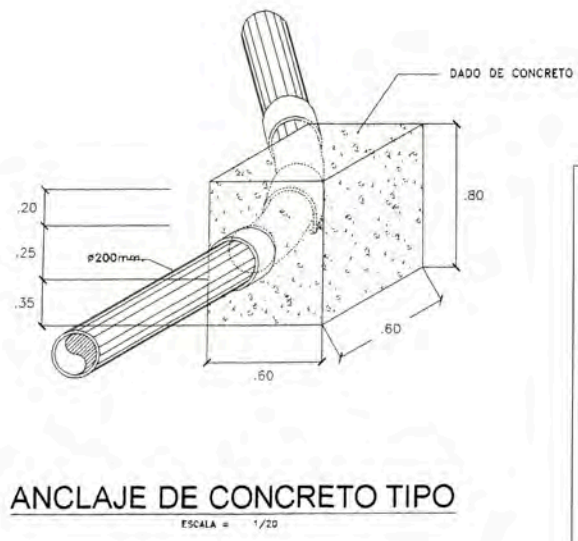


PERFIL LONGITUDINAL – LINEA DE GRADIENTE HIDRAULICO
 ESCALA: S/E

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
INFORME DE VERIFICACION PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL		
PROYECTO: FORMULACION Y DISEÑO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO UNIPAMPA - ZONA S "LINEA DE IMPULSION Y SISTEMA DE BOMBEO"		
TITULO	PERFIL LONGITUDINAL Y LINEA DE GRADIENTE HIDRAULICA	PLANO L1 02
BACILLANTE	MENA CARDENAS, EDUARDO	FECHA Abril 2017



CAMARA DE VALVULA DE PURGA
SC: 1/25



CUADRO

CAMARA	L	a	C
N°1	2.30	2.10	0.245m
N°2	2.05	1.60	0.22m

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO	f'c = 210 kg/cm2.
ACERO DE REFUERZO:	f'c = 4,200 kg/cm2.
RECUBRIMIENTO:	3cm.
SOLADO:	e = .10m. f'c = 100 kg/cm2.

- INSTALAR JUNTA DE EXPANSION EN LA UNION CON CADA ANCLAJE DE CONCRETO (DADO)

CAMARA DE VALVULA DE AIRE
SC: 1/25

N°	DESCRIPCION
1	TUBERIA DE IMPULSION #200mm. PVC CLASE 15
2	TEE ESPECIAL DE ACERO #200mm. x 75mm DOS CAMPAÑAS DERNACION CON BRIDA
3	NIPLE SCHEDULE 40 BB #75mm x 200mm
4	VALVULA COMPUERTA DE Fo. Fdo. BRIDADA #3"
5	VALVULA DE AIRE DE DOBLE EFECTO Fo. Fdo. BRIDADA #3"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

FORMULACION Y DISEÑO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO UNIPAMPA - ZONA 5
"DISEÑO DE LA LINEA DE IMPULSION Y SISTEMA DE BOMBEO"

BACHILLER: MENA CARDENAS, EDUARDO SALVADOR

LOCALIDAD: UNIPAMPA - ZONA 5	PLANO DE: DETALLE DE CAMARAS PARA VALVULAS DE PURGA Y AIRE DETALLE DE ANCLAJES		
DISTRITO: SAN VICENTE			
PROVINCIA: CAÑETE	PLANO DE:		
DEPARTAMENTO: LIMA	DETALLES		
DISEÑADO POR: E.S.M.C.	REVISADO POR: E.S.M.C.	APROBADO POR: E.S.M.C.	N° LAMINA: LI-03
ESCALA INDICADA			FECHA ABR. 2007