

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA**



**“SELECCIÓN E INSTALACION DE UN SISTEMA DE  
EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA DE 80 m<sup>3</sup>/h”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**JOHN EDGARD HUAMANTTUPA ORCCON**

**PROMOCIÓN 2010- I**

**LIMA-PERÚ**

**2014**

## **DEDICATORIA**

Le dedico primeramente mi trabajo a Dios fue el creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado. De igual forma, a mis Padres, a quien le debo toda mi vida, les agradezco el cariño y su comprensión, a ustedes quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

A mis maestros, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy a mi esposa Delia Coronel e hijos y familia por el esfuerzo realizado por ellos. A mis padres que me brindan el apoyo, la alegría y me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Paez, por la colaboración y paciencia. Para todos los docentes que me brindaron sus conocimientos y experiencias durante mi vida universitaria.

Además otorgar mi agradecimiento a mi amigo William Cantaro y al Ing. Roberto pajilla por el apoyo.

# ÍNDICE

	PÁG.
PRÓLOGO	1
<b>CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 ANTECEDENTES	03
1.2 OBJETIVO .....	03
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	04
1.4 ALCANCES	04
1.5 RECURSOS EMPLEADOS .....	05
1.6 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	05
1.6.1 Determinar parámetros Hidráulicos de Trabajo .....	05
1.6.2 Seleccionar materiales para el sistema de extracción de agua .....	06
1.6.3 Proceso de Instalación y puesta en marcha del sistema de extracción	06
1.6.4 Obtener estructura de costo del sistema de extracción de agua .....	07
<b>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 FUNDAMENTOS TEORICOS RELACIONADOS A POZOS TUBULARES SUBTERRANEOS .....	08
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS RELACIONADOS A CÁLCULO HIDRÁULICOS EN UNA RED DE TUBERÍA	10
2.2.1 Calculo de la pérdida de energía .....	10
2.2.1.1 Pérdida de carga en la tubería .....	10
2.2.1.2 Pérdida de carga localizada en accesorios .....	10
2.2.1.3 Presión de salida	10
2.2.2 Metodología del cálculo hidráulico .....	10
2.2.2.1 Pérdida de carga lineal .....	11
2.2.2.2 Pérdida de carga localizada .....	14
2.2.2.3 Pérdida de carga total - HDT .....	16

2.3	FUNDAMENTOS TEÒRICOS RELACIONADOS A ELECTROBOMBAS SUMERGIBLES.....	18
2.3.1	Componentes.....	18
2.3.2	Potencia.....	22
2.3.3	Eficiencia.....	23
2.3.4	Selección de la Bomba.....	23
2.3.5	Calculo del NSDPH disponible.....	24
2.4	FUNDAMENTOS TEÓRICOS RELACIONADOS A SISTEMAS DE PROTECCION DE MOTORES ELECTRICOS SUMERGIBLES.....	25
2.4.1	Factores que influyen en la vida útil del motor eléctrico.....	25
2.4.2	Sistemas de arranque de motores eléctricos.....	27
2.4.3	Frecuencia de arranque de motores eléctricos de bombas sumergidas.....	28
2.4.4	Tensión de operación de motores eléctricos.....	28
2.4.5	Empalme de cables/Conexión del cable del motor.....	29

### CAPITULO 3: SELECCIÓN E INSTALACIÓN

3.1	DETERMINAR PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE TRABAJO.....	30
3.1.1	Recopilar información técnica de la prueba de aforo del pozo tubular.....	30
3.1.2	Dimensionar el recorrido de la tubería de impulsión y accesorios.....	30
3.1.3	Calcular el hdt del sistema de tubería para un caudal de 80 m <sup>3</sup> /h.....	32
3.1.4	Verificación de los de los parámetros hidráulicos de trabajo.....	39
3.2	SELECCIONAR MATERIALES PARA EL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA.....	39
3.2.1	Verificar parámetros fisico-quimicos del agua a extraer.....	39
3.2.2	Seleccionar la electrobomba sumergible.....	39
3.2.3	Calculo del NSPH disponible.....	42
3.2.4	Seleccionar la línea de impulsión y accesorios mecánicos.....	44
3.2.5	Requerimientos para seleccionar tablero de control, cable de alimentación y accesorios.....	56

3.2.6	Verificación de los materiales para el sistema de extracción de agua	59
3.3	INSTALAR Y PUESTA EN MARCHA EL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA	60
3.3.1	realizar prueba de aislamiento del motor y cable de alimentación	60
3.3.2	Subcontratar el montaje del sistema de extracción de agua	60
3.3.3	Realizar prueba del funcionamiento del sistema de extracción de agua	62
3.3.4	Verificación de la instalación y puesta en marcha del sistema de Extracción de agua	62
3.4	COMPROBACION DEL RENDIMIENTO DE CAUDAL DEL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA	63
3.4.1	Consideraciones de ensayo	63
3.4.2	Variables independientes y dependientes	63
3.4.3	Indicadores	64
3.4.4	Tabla de evaluación	64
3.4.5	Protocolo de prueba	64
3.4.6	Comprobacion del caudal del sistema de extracción de agua	64

#### **CAPITULO 4: COSTO DEL DEL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA**

4.1	DETERMINAR TIEMPO DE DURACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUA	65
4.2	DETERMINAR COSTO DE INVERSIÓN	67
4.3	VERIFICACIÓN DEL COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUA	77

#### **CONCLUSIONES**

#### **RECOMENDACIONES**

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **APÉNDICE**

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1 Rugosidad superficial (e).....	12
Tabla 2.2 Coeficiente k en pérdidas singulares.....	15
Tabla 2.3 Tipos de falla.....	26
Tabla 2.4 Sistemas de arranque ("Sumergibles").....	27
Tabla 2.5. Frecuencia de arranques (sumergibles).....	28
Tabla 2.6 .alimentación trifásica.....	29
Tabla 3.1 comparación de propiedades por diámetro.....	31
Tabla 3.2 Accesorios de la tubería.....	34
Tabla 3.3 Coeficientes k en pérdidas singulares.....	37
Tabla 3.4 Perdidas singulares.....	37
Tabla 3.5 Perdidas de carga en pies (metro) en diferentes tipos de flujo ( gastos) .....	38
Tabla 3.6 Composición química del acero.....	45
Tabla 3.7 Características mecánicas de tubería.....	45
Tabla 3.8 Selección de diámetro de válvula de aire.....	47
Tabla 3.9 Caudalímetros según su aplicación.....	51
Tabla 3.10 Caudalímetro y Restricciones impuestas por las propiedades del fluido .....	52
Tabla 3.11 Caudalímetros y restricciones impuestas por la instalación.....	53
Tabla 3.12 Incertidumbre (% del caudal) típicas de los distintos grupos de caudalímetros.....	54
Tabla 3.13 Selección por costos de caudalímetro.....	55
Tabla 3.14 Capacidad de corriente de conductores eléctricos.....	58
Tabla 4.1 Informe del costo del ciclo de vida durante 15 años.....	71

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Gráfico 2.1 Identificación de los niveles de un pozo profundo.....	9
Gráfico 2.2 Parámetros de diseño de bombas de pozo.....	9
Gráfico 2.3 Diagrama de Moody.....	13
Gráfico 2.4 Nomograma para pérdidas en tuberías.....	17
Gráfico 2.5 Partes de una electrobomba sumergible.....	18
Gráfico 2.6 Perfiles de impulsores de bombas hidráulicas según su $N_s$ .....	19
Gráfico 2.7 Perfil típico de bomba sumergible de rotor semiaxial.....	20
Gráfico 2.8 Bomba de pozo comercial.....	21
Gráfico 2.9 Series estándar de bombas sumergibles.....	22
Gráfico 2.10 Curva H-Q típica.....	29
Gráfico 3.1 Niveles presentes en el pozo subterráneo.....	32
Gráfico 3.2 Dimensiones de la tubería.....	33
Gráfico 3.3 Cálculo del factor de pérdida lineal en la tubería de hierro cedula 40.....	35
Gráfico 3.4 Punto de operación, considerando presión de descarga de 30 PSI.....	41
Gráfico 3.5 Curva para la selección de la bomba considerando presión de descarga 30 Psi.....	42
Gráfico 3.6 Curva para la selección de la bomba sin considerar presión de descarga.....	44
Gráfico 3.7 pérdidas por tipo válvula de retención.....	48
Gráfico 3.8 curvas dinámicas de varias válvulas de retención.....	49
Gráfico 3.9 Válvula de retención seleccionada.....	50
Gráfico 4.1 Diagrama que nos muestra los costos en función del lcc en un periodo de 15 años.....	70
Gráfico 4.2 Gráfico de barras de Costos del ciclo de Vida.....	72
Gráfico 4.3 Gráfico de periodo de amortización.....	72

## PRÓLOGO

El nivel de agua subterránea en su mayoría está ubicado a varios metros de la superficie. Por lo que su extracción, requiere de la construcción y equipamiento de un pozo tubular. Por tanto en este informe se seleccionara los equipos y materiales necesarios para un sistema de extracción de agua a un pozo tubular, el informe consta de los siguientes capítulos:

**En el Capítulo 1 Introducción,** en él se describe los antecedentes, el objetivo, la justificación, el alcance y las limitaciones del informe.

**En el Capítulo 2 Marco Teórico,** realizaremos los fundamentos teóricos de las cuales se debe tener presente en el desarrollo de este informe, las cuales hemos dividido en 4 áreas:

- Fundamentos teóricos relacionados a pozos tubulares.
- Fundamentos teóricos relacionados a cálculos hidráulicos en red de tubería,
- Fundamentos teóricos relacionados a electrobombas sumergibles.
- Fundamentos teóricos relacionados con sistemas de protección de motores sumergibles.

**En el Capítulo 3 Selección e Instalación,** realizamos la selección de los equipos y elementos del sistema de extracción de agua, pautas de la instalación y puesta en marcha del sistema de extracción, con respecto al tablero de arranque los datos e informaciones importantes para derivar al proveedor.

**En el Capítulo 4 Costo Del Sistema De Extracción de Agua,** en él se describe el costo del sistema de extracción de agua considerando los alcances del informe.

Cabe mencionar que en el Apéndice se adjuntan todos los esquemas, formatos e información técnica mencionados en el informe.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

EL FONDO MINERO ANTAMINA en coordinación con la Municipalidad Provincial de Casma dentro del plan de apoyo a las comunidades establecidas en la provincia de Casma, departamento de Ancash, zona de influencia de la Minera Antamina, convocó a una Licitación para la perforación de dos pozos tubulares como fuente de abastecimiento de agua para la obra "INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO EN EL SECTOR TOMA GRANDE".

La empresa MEN WORKING E.I.R.L. Se vio favorecida al ganar esta Licitación para la realización de esta obra, quienes a su vez contratan a la empresa en la cual laboro para la selección, instalación y puesta en marcha del sistema de extracción de agua subterránea, la cual es parte de este proyecto en ejecución.

El pozo tubular se encuentra ubicado políticamente en el DISTRITO DE BUENA VISTA, PROVINCIA DE CASMA, DEPARTAMENTO DE ANCASH. Los ríos Sechín y Casma, principales fuentes de recarga del acuífero, pertenecen al sistema hidrográfico del Pacífico específicamente, a la CUENTA DEL RIO SECHÍN, ver apéndice 1.

### **1.2 OBJETIVO**

El objetivo de este informe de suficiencia es de seleccionar los componentes de un sistema de extracción de agua subterránea a razón de 80 m<sup>3</sup>/h, teniendo como

información base la prueba de aforo del pozo tubular y el plano del tendido del sistema de tubería ya realizado.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad el abastecimiento de agua mediante pozos subterráneos es tomado en su mayoría por zonas alejadas a la red de agua potable, previamente se han de realizar los estudios geofísicos pertinentes para localizar el punto donde realizar el pozo subterráneo. Cabe mencionar que es de suma importancia inculcar conceptos básicos de cómo se puede extraer el agua con el empleo de una electrobomba sumergible y los cuidados que se debe tener durante su funcionamiento, en este caso se optó por este medio de extracción de entre otros ya existentes por el requerimiento del contratante y se expondrá las pautas que se debe tener en cuenta.

Este informe tiene un carácter práctico del cuál es el procedimiento de selección e instalación de un sistema de extracción de agua subterránea, en la cual involucra mi experiencia de trabajo en el desarrollo del tema.

### **1.4 ALCANCES**

El desarrollo de este informe abarca la selección y el proceso de instalación del sistema de extracción de agua subterránea.

Previamente a la selección de los equipos y materiales se solicita al cliente los siguientes puntos: Prueba de aforo del pozo tubular, la cual debe incluir los parámetros hidráulicos, además el suministro eléctrico disponible en la caseta de bombeo, plano de tendido del sistema de tubería.

- Se seleccionara la electrobomba considerando el sistema de tubería tendida por el contratista y los parámetros hidráulicos del pozo tubular.

- Se seleccionara el sistema control de la electrobomba considerando las protecciones mínimas correspondientes.
- La instalación del sistema de extracción de agua abarca hasta la salida de la caseta tal como lo especifica el plano, ver apéndice 2.
- Realizar las pruebas hidráulicas y eléctricas necesarios para garantizar el buen funcionamiento del sistema, estos datos quedaran plasmados en el reporte de servicio puesta en marcha.

#### **1.5 RECURSOS EMPLEADOS:**

Para la realización de este informe se requirieron de los siguientes recursos.

- Información de la prueba de aforo, en la cual se detalla los niveles del comportamiento hidráulico de dicha prueba.
- Se tiene en conocimiento que la calidad del agua está dentro de los parámetros normales establecidos por los entes correspondientes, el PH del agua es de 6.8, esta información fue otorgada por correo por el contratante.
- La marca Grundfos, entidad de suministro de equipos de bombeo, se utilizó el software WINCAPS de selección de equipos.
- Además de recursos logísticos para los presupuesto de los materiales a emplearse.
- Manuales del fabricante bombas de la marcas Grundfos.

#### **1.6 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

El procedimiento a seguir es el siguiente:

##### **1.6.1 Determinar parámetros Hidráulicos de Trabajo**

Para determinar el objetivo nos basaremos en la información de la prueba de aforo, la cual tiene información del comportamiento hidráulico del

pozo tubular, donde se especifica el caudal óptimo de explotación del pozo y su nivel dinámico, para nuestro caso nos basaremos en el comportamiento hidráulico a un caudal de 80 m<sup>3</sup>/h, en la cual determinaremos la profundidad de la instalación de la electrobomba sumergible, además teniendo el plano del tendido del sistema de tubería se calculará los parámetros hidráulicos referidos al HDT de trabajo de la electrobomba a seleccionar.

### **1.6.2 Seleccionar materiales para el sistema de extracción de agua**

Teniendo especificado la profundidad de instalación de la electrobomba sumergible, los parámetros hidráulicos de trabajo de la electrobomba sumergible, procederemos a seleccionar la capacidad de la electrobomba, calibre del cable de alimentación, el tipo de tablero de control y demás accesorios para el correcto funcionamiento del sistema de extracción de agua subterránea.

### **1.6.3 Proceso de Instalación y puesta en marcha del sistema de extracción**

Una vez adquirido todos los materiales necesarios para el sistema de extracción de agua subterránea, procederemos a habilitar los servicios complementarios como la contratación de un equipo de apoyo mecánico para el montaje e instalación de los equipos del sistema del pozo tubular; y posteriormente la puesta en marcha, se presentará los formatos de las pruebas hidráulicas y eléctricas del sistema de extracción de agua subterránea para el llenado respectivo.

#### **1.6.4 Obtener estructura de costo del sistema de extracción de agua**

Valorización económica de la adquisición e instalación del sistema de extracción de agua subterránea, según los alcances de este informe, además se estimara costo de metro cubico extraído en un periodo de vida del sistema de 15 años.

# **CAPÍTULO 2**

## **MARCO TEÓRICO**

### **2.1 FUNDAMENTOS TEORICOS RELACIONADOS A POZOS TUBULARES** **SUBTERRANEOS**

La napa freática tiene un nivel permanente normal denominado nivel estático que está definido por el caudal que circula.

Cuando se extrae agua del pozo el nivel del agua freática desciende y su superficie adopta la forma de un cono invertido llamado cono de depresión. El vértice del cono se ubica en el punto de extracción de agua y define el nivel dinámico de agua del pozo. Cuando se aumenta el caudal que se extrae del pozo, aumenta la profundidad del nivel dinámico de agua.

El máximo caudal que se puede extraer queda determinado cuando el nivel dinámico se estabiliza y permanece constante, estos parámetros se determinan en una prueba de aforo después de haber terminado el pozo subterráneo y se determine el máximo caudal a extraer.

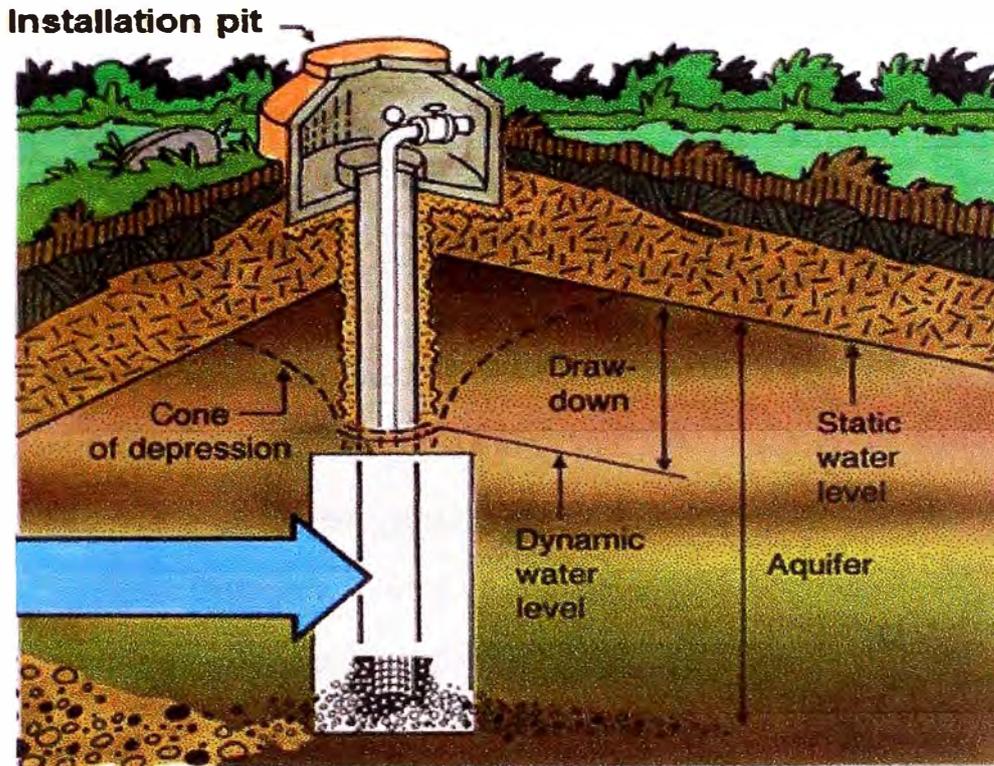


Gráfico 2.1 Identificación de los niveles de un pozo profundo

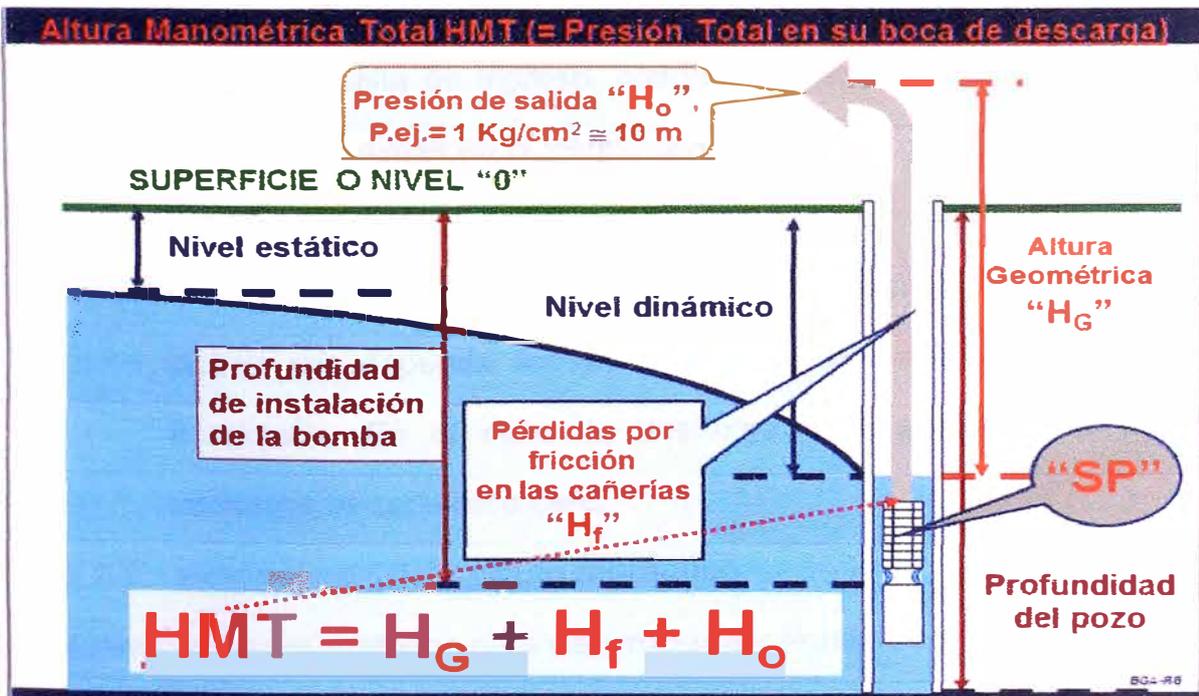


Gráfico 2.2 Parámetros de diseño de bombas de pozo

## **2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS RELACIONADOS A CALCULO HIDRAULICOS EN UNA RED DE TUBERIAS**

### **2.2.1 Calculo de la perdida de energía**

La pérdida de energía la tiene dos causas claramente diferenciadas: El rozamiento que se produce entre el fluido y las paredes de la tubería y las pérdidas por el paso del fluido a través de los accesorios de la tubería, tales como válvulas, codos, reducciones etc.

#### **2.2.1.1 Pérdida de carga en la tubería**

Debida a la fricción que se produce en los tramos rectos de la parte interna de las tuberías y el fluido. Depende del material, del diámetro de la tubería, la velocidad del flujo y del fluido a bombear.

#### **2.2.1.2 Pérdida de carga localizada en accesorios**

Debida a los elementos singulares, accesorios, de la tubería como canastilla de ingreso, codos, válvulas de control de flujo y otras que puedan existir en la instalación.

#### **2.2.1.3 Presión de salida**

Es la presión de suministro requerida en la descarga de la bomba que depende del tipo de servicio al que está destinada el agua bombeada. En el caso de descarga a la atmósfera la presión de descarga se considera cero.

### **2.2.2 Metodología del cálculo hidráulico**

Existen diversos métodos para determinar la perdida de energía en una tubería, siendo un método simple el empleo de monogramas de pérdidas de energía.

### 2.2.2.1 Pérdida de carga lineal

Las pérdidas de carga se pueden determinar por varios métodos, unos métodos son de cálculo y otros son gráficos.

De los métodos de cálculo se utilizan con mucha frecuencia dos de ellos, uno basado en la ecuación de Manning aplicable para flujos turbulentos y la ecuación de Darcy-Weisbach que es una ecuación general. En este caso consideramos la ecuación general de Darcy-Weisbach que se expresa como.

$$h_c = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Esta ecuación en función del caudal

$$h_c = 0,0826 \cdot f \cdot \frac{Q^2}{D^5} \cdot L$$

$h_c$  = Pérdidas por fricción

$Q$  = Caudal

$D$  = Diámetro de tubería

$L$  = Longitud equivalente

El factor de fricción  $f$  se puede determinar por la ecuación de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0,869 \cdot \ln \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,53}{R \cdot \sqrt{f}} \right)$$

Alternativamente se puede usar el Diagrama de Moody que permite obtener el factor  $f$  gráficamente. Para poder realizar esta operación se tendrá que tener los siguientes Datos:

### Número de Reynolds

Es una ecuación adimensional que nos indica el grado de turbulencia del movimiento de un fluido. Responde a las siguientes ecuaciones

$$Re = D \cdot v / \nu = D \cdot v \cdot \rho / (\mu \cdot g)$$

Dónde: D = diámetro interno de tubería (m).

V = Velocidad (m/s)

$\nu$  = Viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)

$\mu$  = Viscosidad dinámica (Ns/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

g = aceleración gravedad (m<sup>2</sup>/s)

Si el flujo es turbulento ( $Re \geq 4000$ ) o pertenece a la llamada zona de transición ( $2000 < Re < 4000$ ) se recurre a diagramas como el de Moody que expresa la relación entre "f", el número de Reynolds (Re) y un parámetro conocido como rugosidad relativa de la Conducción, que se representa como  $\epsilon/d$  (d sigue siendo el diámetro interno de la conducción) y que se encuentra tabulado para distintos materiales.

Tabla 2.1 Rugosidad superficial (e)

Material del tubo	Estado'	K(ft)
Tubo estirado de precisión	Nuevo	Bruñido
Tubería estirada	Nuevo	0,000005
Hierro fundido	Nuevo	0,00085
Hierro galvanizado	Nuevo	0,0005
Hierro fundido alquitranado	Nuevo	0,0004
Hierro forjado	Nuevo	0,00015
Acero	Nuevo	0,00015
Hierro o acero revestido con bitumen	Nuevo	0,000005
Acero remachado	Nuevo	0.003-.03
Hierro o acero revestido con cemento por centrifugado	Nuevo	0,00005
Cemento	Nuevo	0,001-.01
Duela de madera	Nuevo	0,0006-.003
Fibrocemento	Nuevo	0,00005- 0002

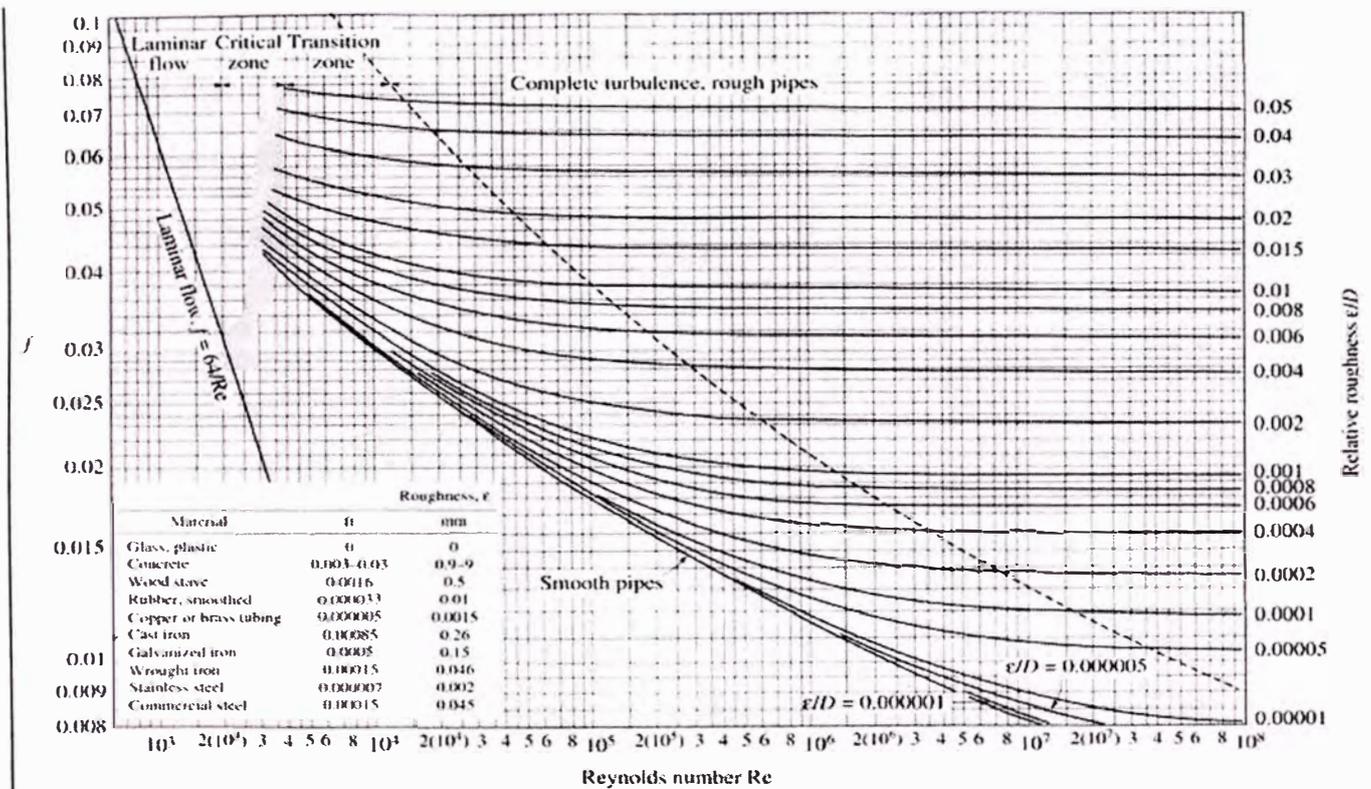


Gráfico 2.3 Diagrama de Moody

Como este método es relativamente complicado de utilizar, los fabricantes de tuberías han desarrollado gráficos en los que se pueden obtener directamente la caída de presión la pérdida de carga para cada 100 m de tubería o Monogramas como el gráfico 3.

- Se determina la longitud total de tubo que existe en la instalación para cada diámetro, que se obtiene de planos o diagramas de la instalación
- Del gráfico de pérdidas del correspondiente Monograma del Grafico 3 se ubica el caudal de trabajo, se traza una vertical hasta la línea inclinada correspondiente al diámetro de tubería, posteriormente se traza una horizontal hacia la izquierda hasta ubicar el valor de la rugosidad superficial

correspondiente al material de la tubería, posteriormente se traza una vertical hacia abajo y se ubica el factor de pérdidas de carga unitaria.

Se multiplica la longitud total por la pérdida de carga unitaria y se obtiene la pérdida de carga en los tramos rectos de la tubería.

La pérdida de carga lineal para una tubería es:

$$Pl = \left(\frac{1}{100}\right) P_u \cdot L_t$$

Dónde:

$Pl$  = Pérdida de carga lineal, m

$P_u$  = Pérdida unitaria por 100 m de tubería, m/(100 m)

$L_t$  = Longitud de tubería, m

### **2.2.2.2 Pérdida de carga localizada**

#### **PÉRDIDAS DE CARGA SINGULARES**

Además de las pérdidas de carga por rozamiento, se producen otro tipo de pérdidas que se originan en puntos singulares de las tuberías (cambios de dirección, codos, juntas, etc.) y que se deben a fenómenos de turbulencia. La suma de estas pérdidas de carga accidentales o localizadas más las pérdidas por rozamiento dan las pérdidas de carga totales.

Salvo casos excepcionales, las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar de forma experimental, y puesto que son debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura de velocidad corregida mediante un coeficiente empírico (K):

$$\Delta s = K \cdot (v^2 / 2g)$$

En donde:

- $\Delta_s$ : pérdida de carga o de energía (m)
- K: coeficiente empírico (adimensional)
- v: velocidad media del flujo (m/s)
- g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

El coeficiente "K" depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería. En la siguiente tabla se resumen los valores aproximados de "K" para cálculos rápidos:

Tabla 2.2 Coeficiente k en pérdidas singulares

VALORES DEL COEFICIENTE "K" EN PERDIDAS SINGULARES		
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.2	13
válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1 /2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1.80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a W de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0.60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0.45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0.35	-

### III. FACTORES DE PERDIDA FRICCIÓN AL

Anteriormente se mencionó que se requiere incluir el efecto del rozamiento interno del fluido y el efecto del rozamiento de esto con las paredes de la tubería, en las

fórmulas de pérdidas de carga para distintos tipos de fluidos. Los factores más importantes que inciden en la pérdida de carga friccional son:

- a) Viscosidad del fluido en movimiento (Viscosidad Dinámica)
- b) Densidad del fluido
- c) Rugosidad de la tubería
- d) Diámetro de la tubería
- e) Temperatura del fluido

### **2.2.2.3 Pérdida de carga total - HDT**

Se obtiene como la suma de las dos pérdidas anteriores. Si en la tubería existen tramos de tuberías de diferentes diámetros, se realiza un cálculo independiente para cada una y se suman para obtener la pérdida total HDT.

# Nomograma para pérdidas en tuberías, agua limpia a 20°C

Valores orientativos de rugosidad superficial (k) para tuberías

Material de la Tubería	Tubería nueva k (mm)	Tubería vieja k (mm)
plástico	0,05	1,25
acero pulido	0,05	0,75
acero oxidado	0,1	1,0
acero inoxidable oxidado	0,25	0,25
acero inoxidable oxidado	0,1	1,25
acero oxidado	0,25	1,0
acero galvanizado	0,75	
fundición gris atizada	1,2	
acero galvanizado	0,1-1,0	
grafito-aramio	0,015	

C = Caudal (l/s)  
 D = Diámetro interior de la tubería, mm  
 k = Rugosidad superficial, mm  
 H = Pérdida en la tubería, m/100 m

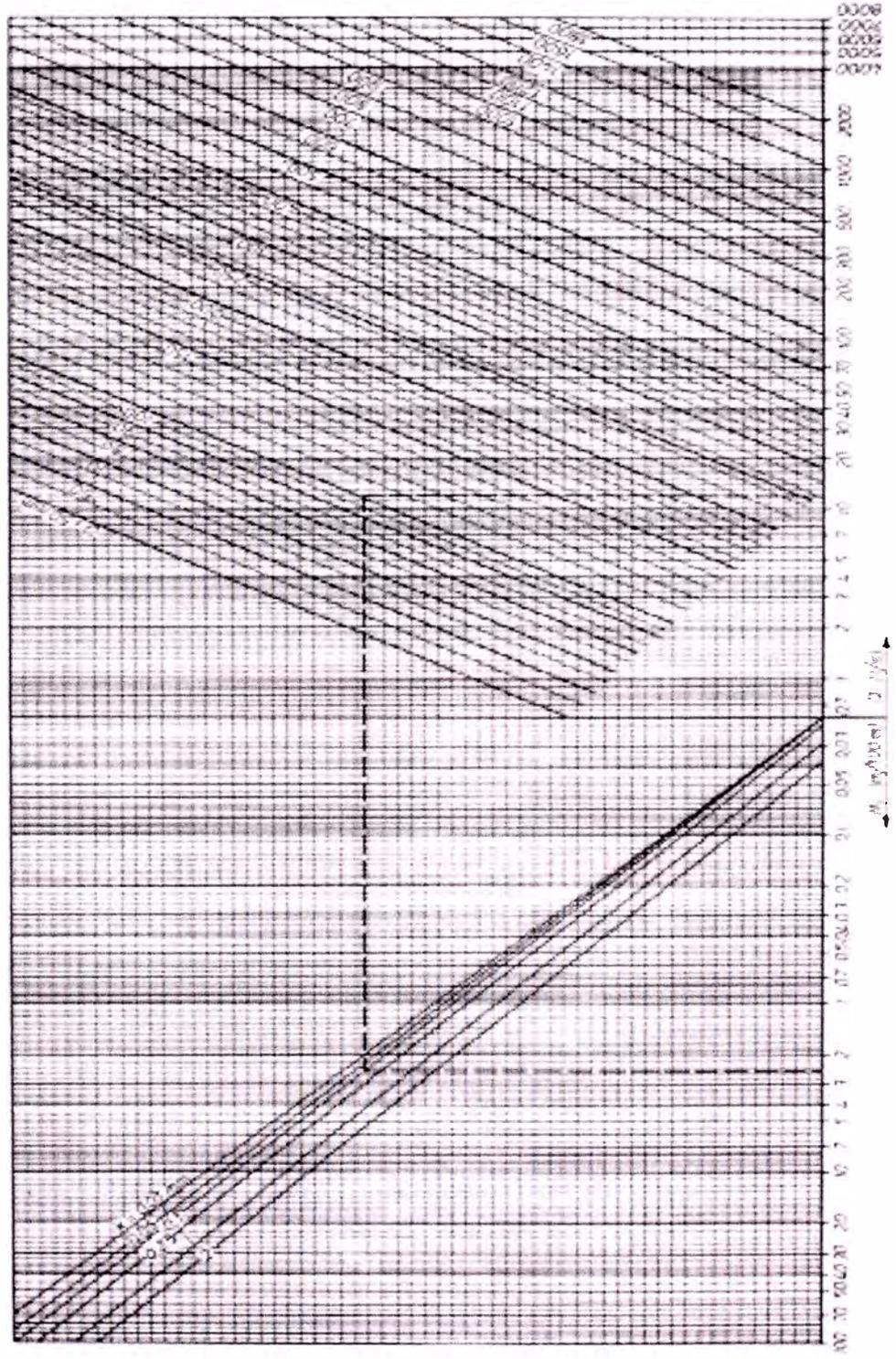


Gráfico 2.4 Nomograma para pérdidas en tuberías

## 2.3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS RELACIONADOS A ELECTROBOMBAS

### SUMERGIBLES

#### 2.3.1 Componentes

Una electrobomba sumergible es el conjunto formado por la bomba y el motor eléctrico, acoplados directamente y ensamblados en un conjunto compacto destinado a ser instalado directamente en el fondo del pozo.

La bomba está formada por un determinado número bombas modulares denominados cuerpos de bomba, acopladas en serie, grafico 2.5. Estas bombas son iguales y están formadas por un impulsos y un difusores.

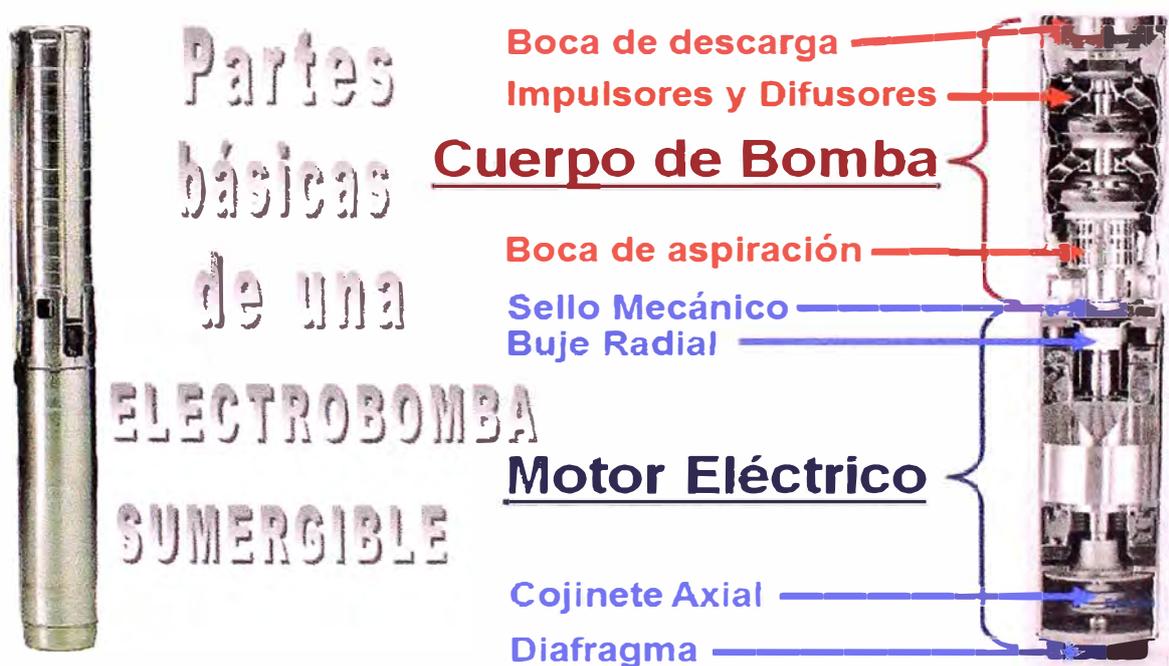


Gráfico 2.5 Partes de una electrobomba sumergible

Cada módulo es una bomba que opera con un caudal  $Q_m$  y altura  $H_m$  a unas determinadas rpm y como en el caso de suministro de agua de pozos, la napa freática generalmente se encuentra a profundidades tales que se requieren elevadas altura de bombeo con caudales relativamente bajos.

La velocidad específica de se expresa como:

$$N_s = \frac{N \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Las condiciones hidráulicas de operación de una bomba de pozo son caudales bajos y alturas de bombeo altas, en la expresión anterior se observa que con estas condiciones se obtienen bajos números  $N_s$ , lo que lleva a tener impulsores de gran diámetro, canales estrechos y altas rpm, grafico 2. 6

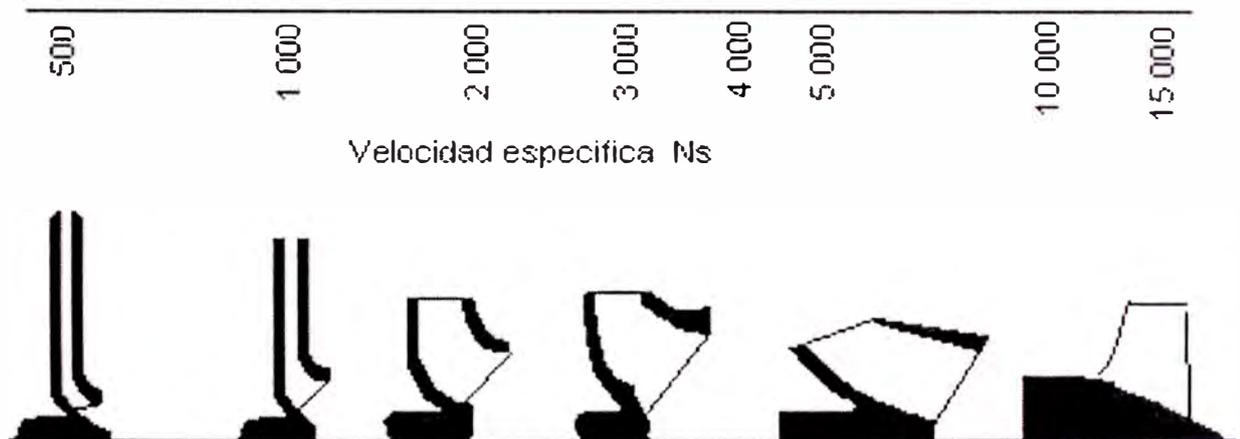


Gráfico 2.6 Perfiles de impulsores de bombas hidráulicas según su  $N_s$

Estas características geométricas de la bomba son inconvenientes para operar en pozos profundos debido a que por razones económicas los pozos deben ser de pequeño diámetro. Una bomba de diámetro grande obliga a construir un pozo profundo más costoso.

En el grafico 2.6 se observa que el diámetro se reduce al aumentar el número específico y en la expresión se puede deducir que el aumento de la  $N_s$  se puede lograr reduciendo la altura de bombeo.

Para tener una bomba de diámetros razonables, las altura  $H_m$  se selecciona de manera que la velocidad específica está comprendida entre 2 000 y 3 000 rpm, que corresponde a bombas semiaxiales. Estas bombas se unen con un difusor con el que forma un cuerpo de bomba de diseño compacto, que se acoplan unos a continuación de otros, como se muestra en el grafico 2.5

En una instalación con caudal  $Q$  y una altura  $H$ , se pueden instalar varias bombas en serie de caudal  $Q$  y altura  $h_1$  de modo que la suma de las alturas  $h_1$  sean iguales o mayores a la altura.  $H$ .

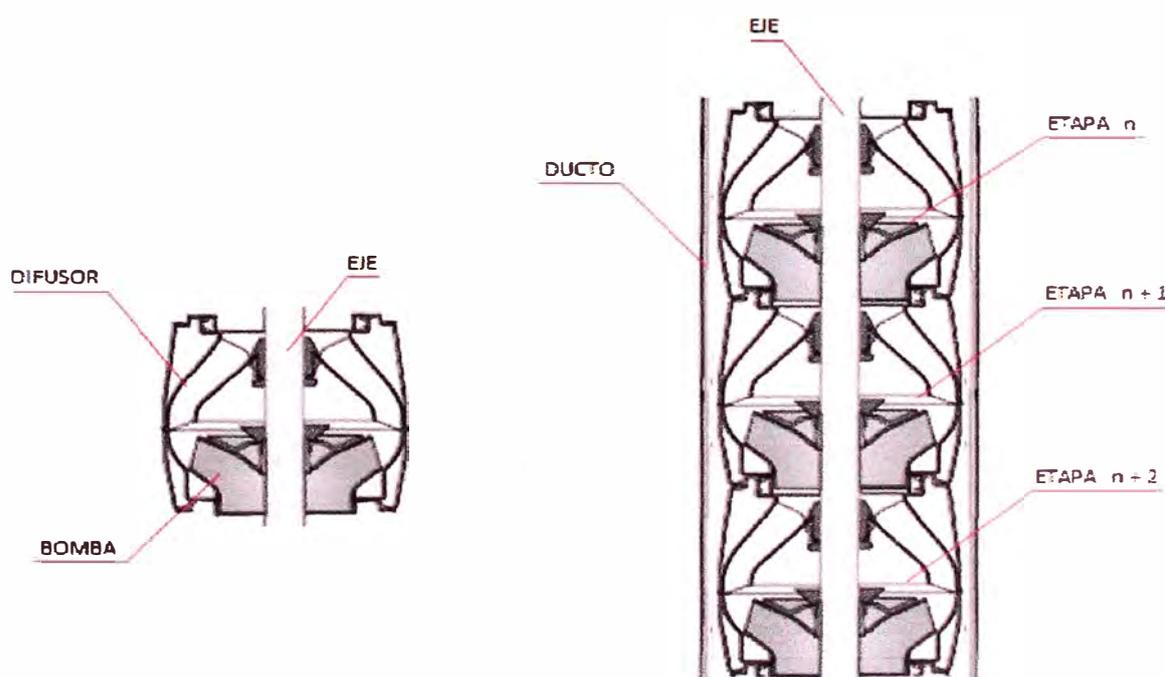


Gráfico 2.7 Perfil típico de bomba sumergible de rotor semiaxial

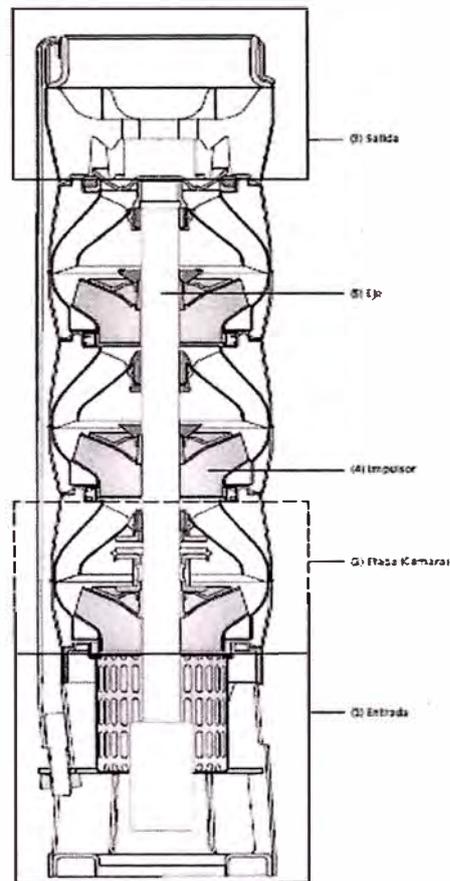


Gráfico 2.8 Bomba de pozo comercial

Para cubrir las necesidades  $Q$  y  $H$  requeridas con un módulo de caudal  $Q_m$  y altura  $H_m$  :

- El caudal del módulo debe ser:

$$Q_m \geq Q$$

- El número de módulos  $N_m$  se determina como:

$$N_m = \text{Maxentero} \left( \frac{H}{H_m} \right)$$

De esta manera los diversos fabricantes conforman series de bombas conformadas con diversos números de que cubren un amplio rango de aplicación de  $Q$  vs  $H$ , que adoptan las formas típicas que se muestran en el gráfico 9.



Gráfico 2.9 Series estándar de bombas sumergibles

### 2.3.2 Potencia

La potencia hidráulica de la bomba se obtiene con la expresión:

$$P_h = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{367}$$

$P_h$  = Potencia hidráulica, kW

$\rho$  = Densidad

$Q$  = Caudal, m<sup>3</sup>/h

$H$  = Altura de bombeo total, HDT (m.c.a)

La potencia mecánica en el eje de la bomba es:

$$P_b = \frac{P_h}{\eta_b}$$

$P_b$  = Potencia en el eje de la bomba, kW

$\eta_b$  = Eficiencia total de la bomba

Potencia del motor eléctrico:

$$P_m = \frac{P_b}{\eta_m}$$

$P_m$  = Potencia del motor eléctrico

$\eta_m$  = Eficiencia total del motor eléctrico

### 2.3.3 Eficiencia

En una electrobomba definiremos dos tipos de eficiencia:

$\eta_b$  = Eficiencia total de la bomba, la cual es el cociente de la potencia entregada al fluido entre la potencia que entrega en el eje del motor eléctrico.

$\eta_m$  = Eficiencia total del motor eléctrico, la cual es el cociente de la potencia que se entrega en el eje del motor y la potencia de entrada al motor eléctrico.

Por tanto para calcular la eficiencia total de la unidad bomba motor se tendrá que multiplicar estas dos eficiencias ya mencionadas. Esta eficiencia es muy importante ya que determina la rentabilidad de una electrobomba.

### 2.3.4 Selección de la Bomba

Esta se determina previamente definiendo el punto de operación y ubicarlo este punto en el diagrama Q – H de la Bomba, como se muestra en el grafico 2.10. Además se requiere de la disponibilidad de suministro eléctrico, voltaje eléctrico, además de satisfacer el requerimiento debe tener la mejor eficiencia como equipo completo bomba y motor.

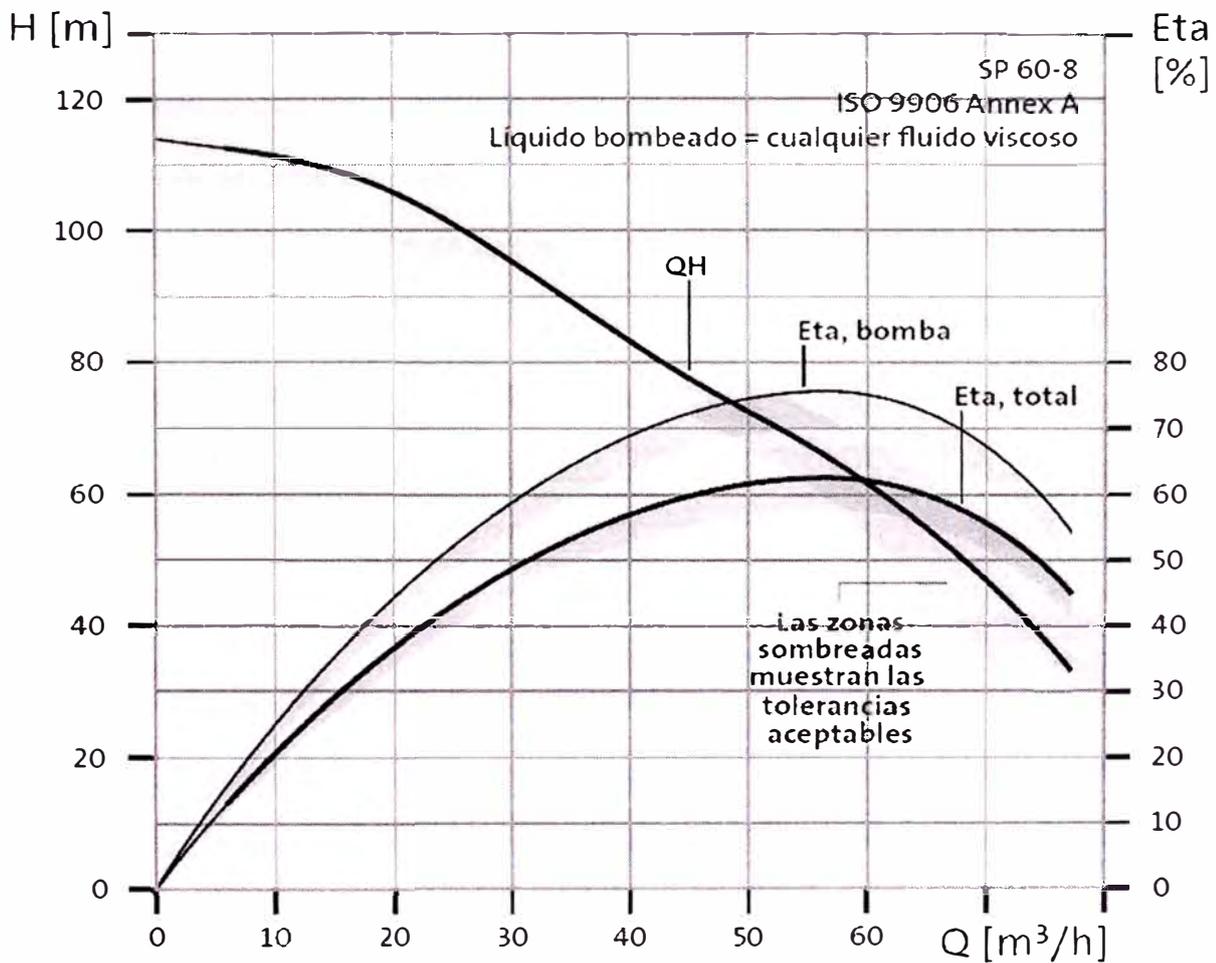


Gráfico 2.10 Curva H-Q típica

### 2.3.5. Calculo de NSPH disponible

El NPSH disponible es un parámetro del sistema y debe calcularse. Es la caída interna de presión que sufre un fluido cuando este ingresa al interior de una bomba centrífuga. De ahí el requerimiento  $NPSH\ requerido < NPSH\ disponible$ .

Se calcula de la siguiente manera:

$$NPSH\ disponible. = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vap}$$

$h_{sp}$ : Cabeza de presión estática aplicada al fluido (en escala absoluta) expresada en metros de altura de columna del fluido.

hs: Diferencia de elevación entre el nivel del fluido en el depósito y la entrada a la bomba. Positivo cuando la bomba está por debajo del depósito (preferido) y negativa cuando está por encima del mismo.

hf: pérdida por fricción en la tubería de succión expresada en metros.

h<sub>vap</sub>: Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo expresada en metros de altura de columna del fluido.

## **2.4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS RELACIONADOS A SISTEMAS DE PROTECCION DE MOTORES ELECTRICOS SUMERGIBLES**

### **2.4.1 Factores que influyen en la vida útil del motor eléctrico**

En vista que tenemos diferentes factores que podrían ir deteriorando de manera paulatina la vida útil de nuestros motores eléctricos, procederemos a explicar diferentes dispositivos para su protección y control, así como también de qué factores dependerá su ajuste y selección. Según la Autoridad de los Servicios Públicos de Panamá estadísticamente nos indica que a nivel mundial las causas de fallas más comunes en los motores eléctricos son las siguientes

**Tabla: Fallas en motores eléctricos más comunes**

Tabla 2.3 Tipos de falla

TIPO DE FALLA	PORCENTAJE DE QUE OCURRA
Sobrecarga	30%
Pérdida de una fase	14%
Contaminantes	19%
Fallas en los rodamientos	13%
Envejecimiento	10%
Fallas en el rotor	5%
Otras causas	9%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

De aquí podemos concluir que aproximadamente el 44% de las fallas se deben principalmente al sobrecalentamiento del motor Eléctrico. Por lo que es recomendable que el motor posea las debidas protecciones para prevenir este tipo de fallas, pero desde el punto de vista económico puede resultar imposible el colocar una protección para cada tipo de falla por lo que es recomendable un estudio detallado del sistema y de las condiciones del ambiente para realizar una protección económicamente Óptima.

## 2.4.2 Sistemas de arranque de motores eléctricos

Tabla 2.4 Sistemas de arranque ("Sumergibles")

Tipos	Sigla	Precio	Límites: desde y hasta	Corriente de Arranque	Tiempo de conmutación	Observaciones
Directo: "DirectOn Line"	DOL	Bajo	Hasta 45 KW.' 60 HP	Alta: 5 á 6 veces la nominal	No hay	Genera menos calentamiento y por lo tanto otorga mayor durabilidad al motor. Para potencias mayores no es recomendable por producir perturbaciones en la red eléctrica.
Estrella ' Triángulo: "Star-Delta"	SD	Bajo para el sistema pero incrementa un 5* <sup>i</sup> el del motor	Desde 45 KW 1 60 HP a más	Aprox. 1.7 veces la nominal	Menos de un segundo hasta dos	Para bajas potencias no da ningún beneficio porque cuando conmuta toma una alta corriente como en el arranque DOL. Si la conmutación es demasiado larga produce calentamiento en el motor, y éste puede llegar a detenerse para arrancar de nuevo.
Autotransformador o impedancia	AF	Medio	No hay	2,5 veces ta nominal	Idem SD	La ventaja es que el motor está siempre conectado con la alimentación y la velocidad no se reducirá.
Arrancador Suave ó "Soft-Start"	SS	Medio	No hay	2 a 3 veces la nominal	No debe exceder los 3 seg.	Tiene la ventaja que también produce una detención suave. El inconveniente es que genera pulsos y picos de tensión en la línea
Convertidor de Frecuencia	FC	Alto	No hay	0,5 a 1 veces la nominal	De 3 a 30 seg.	Tiene la ventaja que se puede arrancar con la corriente nominal y puede hacerse tantas paradas y arranques como se quiera.

Un motor con Factor de Servicio "SF" = 1, 0 en 50 Hz tendrá "SF" = 1, 15 en 60 Hz

### 2.4.3 Frecuencia de arranque de motores eléctricos de bombas sumergidas

Información extraída por motores sumergibles de la marca Grundfos.

Tabla 2.5. Frecuencia de arranques (sumergibles)

**¡ Mínima recomendable = 1 arranque por año !**

Modelos	Tipo	Pozo	Por hora	Por día
MS 4000	Encapsulado	4"	100	300
MS6 / MS 6000	Encapsulado	6"	30	300
MMS 6000	Rebobinable	6"	15	360
MMS 8000	Rebobinable	8"	10	240
MMS 10000	Rebobinable	10"	8	190
MMS 12000	Rebobinable	12"	5	120

### 2.4.4 Tensión de operación de motores eléctricos

#### ALIMENTACIÓN ELECTRIC A ("Motores Sumergibles")

Normalmente un motor puede trabajar con una frecuencia un 5% por debajo de la nominal, pero la tolerancia de la combinación de tensión y frecuencia no deben superar el 10%

Un motor 3x380V-50Hz puede conectarse a 3x460V-60Hz ( $U/f=cte$ )

Alimentación Trifásica: Motores bobinados para 50 Hz aplicados en redes de 60 Hz

Tabla 2.6 .alimentación trifásica

Motor bobinado para 50 Hz	Conectado o a 60 Hz	Velocidad nominal	Potencia Nominal	Par Nominal	Corriente Nominal	Par de Arranque Nominal	Corriente de Arranque
380 V	380 V	1,20	1.00	0,83	1.00	0.83	0,83
380 V	460 V	1,20	1,15	0,96	1,00	0,96	0,96

#### **2.4.5 Empalme de cables/Conexion del cable del motor**

Las uniones defectuosas o fuera de norma de los cables son causa frecuente de que se quemen los motores. Deben elegirse productos recomendados por Grundfos o productos de calidad similar y seguir las instrucciones del fabricante. Todas las uniones de los cables deben ser estancas y disponer de una resistencia de aislamiento de un mínimo de 10 megaohmios, medidos en condición de inmersión una vez transcurridas 24 horas en el agua.

# CAPÍTULO 3

## SELECCIÓN E INSTALACION

### 3.1 DETERMINAR PARAMETROS HIDRAULICOS DE TRABAJO

#### 3.1.1 Recopilar información técnica de la prueba de aforo del pozo tubular

De la información de la prueba de aforo se extrae los datos del comportamiento hidráulico del pozo subterráneo. Caudal recomendado máxima a extraer es de 80 m<sup>3</sup>/h con un nivel del espejo de agua de la napa freática se ubica a 53 m bajo el nivel de la superficie del terreno.

Por lo que se fijan como condiciones a tener en cuenta:

Profundidad del pozo	:	85 m
Nivel Estático	:	26 m
Nivel dinámico	:	53 m
Caudal máximo recomendado	:	80m <sup>3</sup> /h

#### 3.1.2 Dimensionar el recorrido de la tubería de impulsión y accesorios

Sobre el perfil topográfico del terreno se ha trazado el recorrido de la tubería del pozo de alimentación al punto de entrega del agua, teniendo presente que la instalación está limitado hasta caseta de bombeo, pero para efecto de cálculo se debe tener presente todo el recorrido de la tubería de impulsión en el que se muestra en el grafico 3.1.

Ahora para la definición del diámetro de tubería de la línea de impulsión desde la bomba hasta la salida de la caseta de bombeo se argumenta básicamente por la velocidad del fluido recomendado, para evitar la formación de depósitos de las sustancia en suspensión que puede llevar el agua y costo del material que es proporcionalmente a la dimensión de la tubería, se tiene el siguiente criterio:

Tabla 3.1 comparación de propiedades por diámetro

$\Phi$ Tubería de impulsión	Velocidad de fluido (m/s)	Perdida unitaria (m/100m)	costo	conformidad
4"	2.74	9	bajo	
5"	1.75	3	Medio	OK
6"	1.22	1.2	Alto	

Por tanto se determina que el diámetro de tubería a seleccionar es de 5".

Tomando como punto de referencia el nivel del terreno sobre el eje vertical del pozo se tienen los siguientes datos, del grafico 3.1:

- |                               |     |         |   |
|-------------------------------|-----|---------|---|
| 1) Nivel de referencia        | Ho  | 0,00    | m |
| 2) Nivel napa freática        | Hnf | - 53,00 | m |
| 3) Nivel de punto de entrega  | He  | 11,00   | m |
| 4) Nivel de tubería enterrada | Hte | - 1,00  | m |

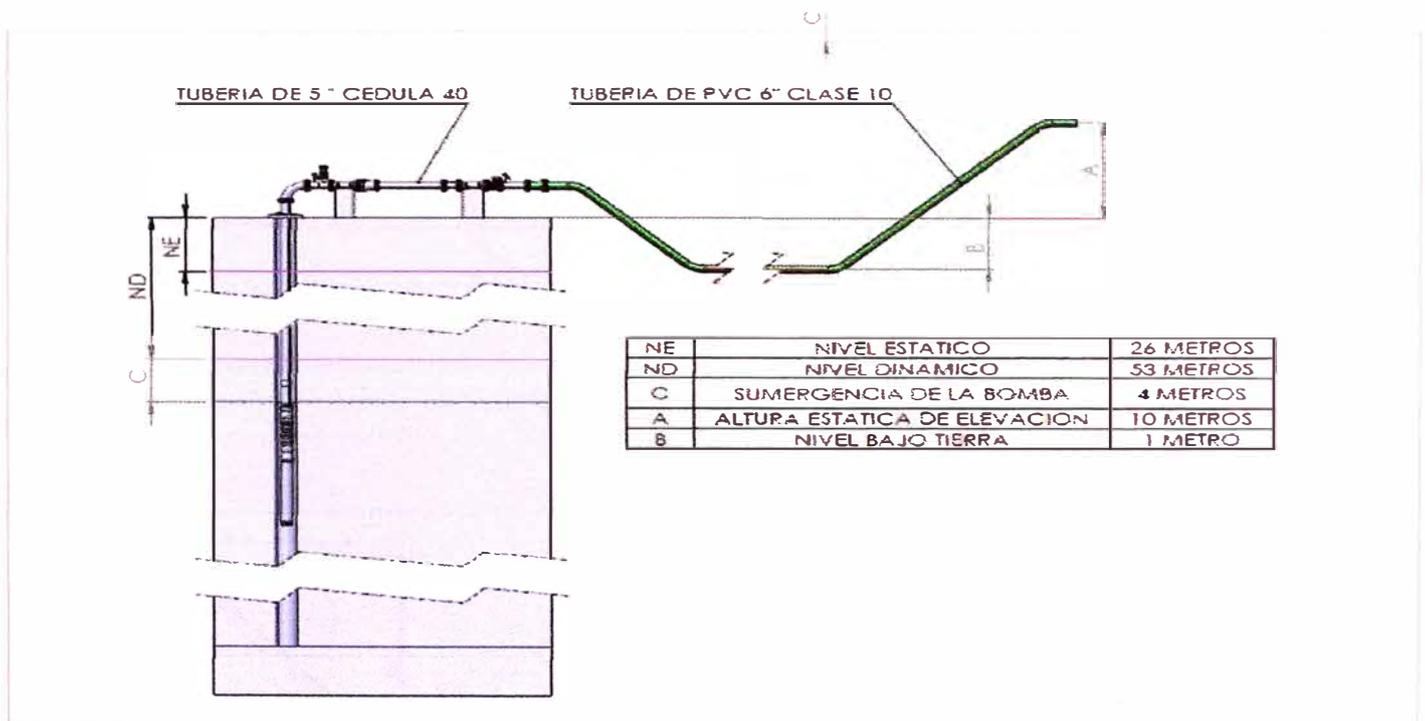


Gráfico 3.1 Niveles presentes en el pozo subterráneo

### 3.1.3 Calcular el HDT del sistema de tubería para un caudal de 80 m<sup>3</sup>/h

La altura dinámica total se determina como la suma de la altura geodésica más la altura de pérdidas producidas por la fricción de las tuberías más las pérdidas atribuidas a los accesorios y la presión de salida deseada en la descarga.

La altura geodésica de bombeo es la diferencia geométrica de alturas entre el espejo de agua de la napa freática en su nivel permanente y el punto de salida del agua en el punto de entrega, que según el perfil de la instalación esquematizado en el gráfico 3.2 y 3.1:

$$H_g = ND + A$$

$$H_g = 53 + 11$$

$$H_g = 64 \text{ m}$$

Las pérdidas por fricción totales se calculan determinando la pérdida de carga lineal más las pérdidas localizadas.

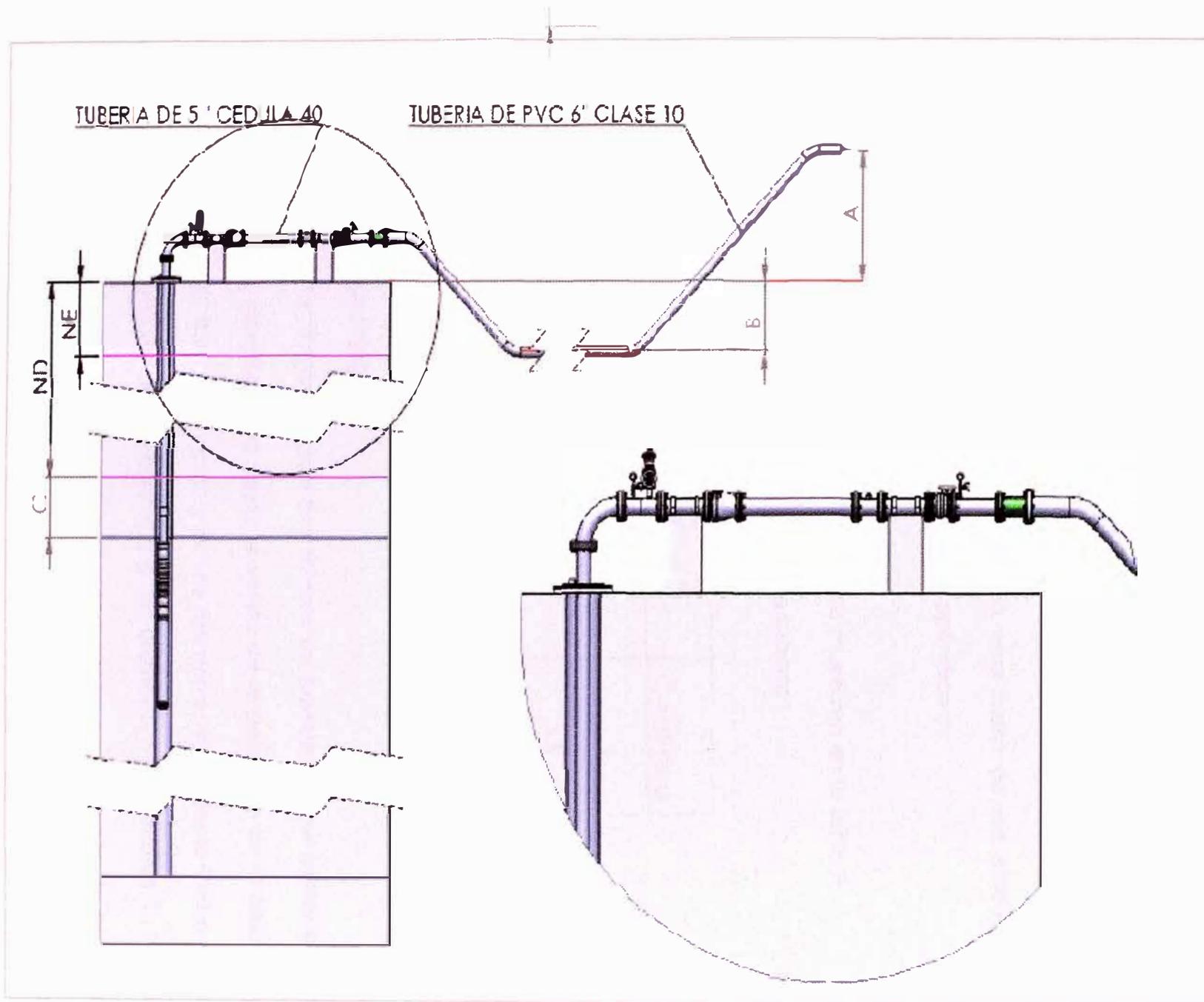


Gráfico 3.2 Dimensiones de la tubería de impulsión

### Longitud de la tubería

Longitud de tubería de 5" desde la salida de descarga de la bomba hasta la salida de la caseta 62 metros, material en fierro cedula 40, luego la tubería cambia de sección a 6" en material de PVC, teniendo una longitud de 420 m hasta el punto de descarga, teniendo presente que este último tramo esta fuera de los alcances del proyecto pero interviene en el cálculo hidráulico, ver apéndice 1.

### Tipo y número de accesorios.

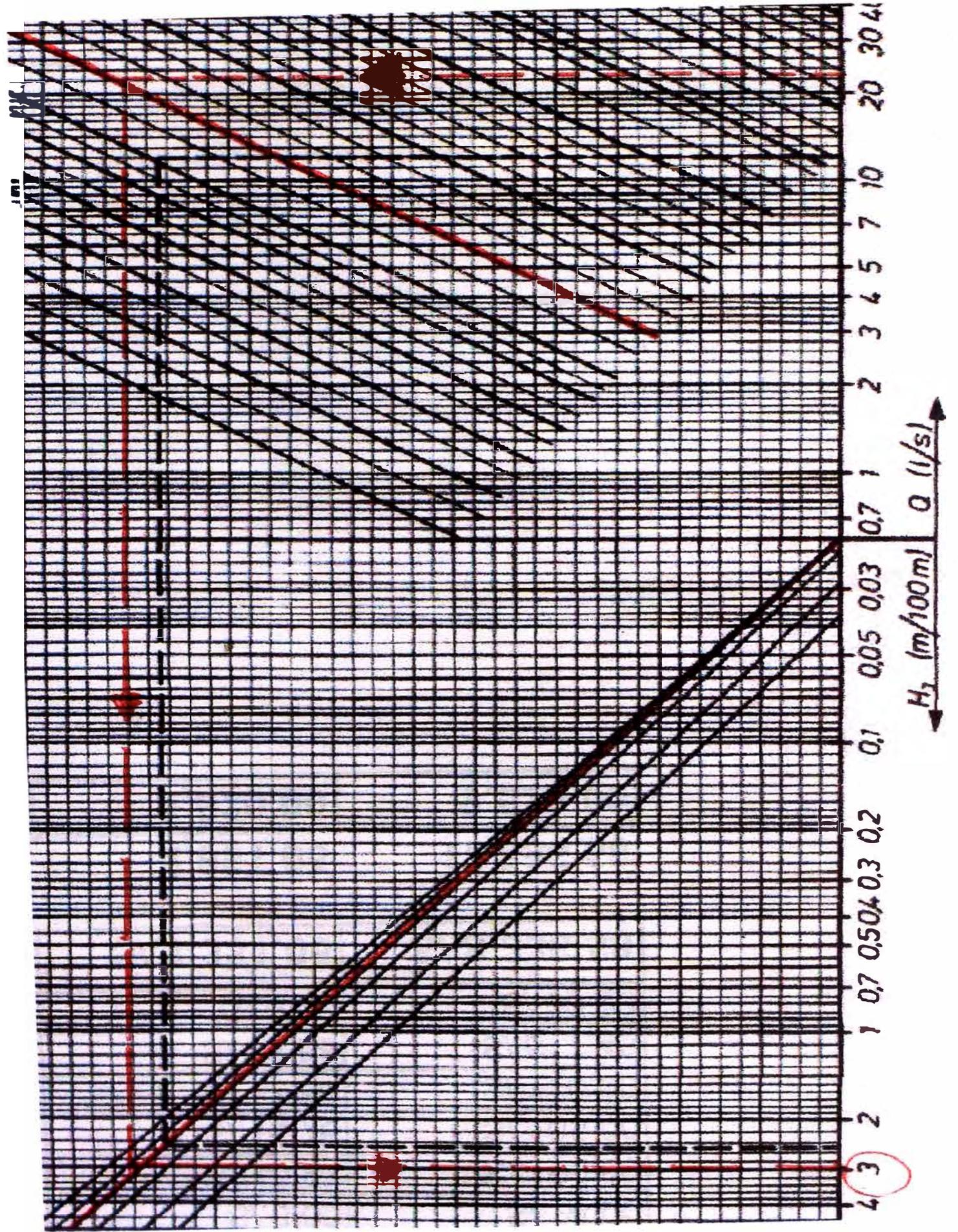
El tipo y número de accesorios de la tubería se muestran en la tabla 9

Tabla 3.2 Accesorios de la tubería

Accesorio	Cantidad
Codos, a 90°	1
Union	14
Válvula compuerta	1
Válvula Check	1
Medidor de flujo	1

### Pérdidas de carga lineales.

Como en el Grafico 3.1 se aprecia dos tramos de tubería, primer tramo abarca desde la descarga de la electrobomba hasta la salida de la descarga de la caseta de bombeo, cuyo material es fierro cedula 40 y 5 " de diámetro, el siguiente tramo es de material PVC, cuya longitud es de 420 metros y 6" de diámetro, ver apéndice 1 , la cual su selección no está dentro de los alcances de este trabajo, cuyo cálculo de pérdidas por fricción fue determinado y tiene un valor de 7.526 metros, dato otorgado por el contratista, este dato se tendrá en cuenta en el cálculo del HDT.



... el factor de pérdida en la tubería de hierro cédula 40

Del Grafico 3.3 se determina el valor de la pérdida unitaria por cada 100 de longitud de tubería, teniendo presente que el caudal es de 80 m<sup>3</sup>/H <> 22.2 LPS, la pérdida de carga para la longitud total de la tubería es de:

Donde:

$P_l$  = Pérdida de carga lineal, m

$P_u = 3 \text{ m}/(100 \text{ m})$

$L_t = 62$

Entonces:

$$P_l = \left( \frac{1}{100} \right) 3,0 \cdot 62,0$$

La pérdida de carga para la longitud total de la tubería de fierro cedula 40 es de:

$$P_l = P_u \cdot L_t$$

$$P_l = 1.86 \text{ m.}$$

Perdidas lineales totales es:

PI (tubería de fierro) + PI (tubería de PVC)

= 1.86 + 7.526 = 9.386 metros de columna de agua.

### **Perdidas de carga por accesorios**

Emplearemos la siguiente formula:

$$\Delta s = K \cdot (v^2 / 2g)$$

Tabla 3.3 Coeficientes k en pérdidas singulares

VALORES DEL COEFICIENTE "K" EN PERDIDAS SINGULARES		
Singularidad	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Tabla 3.4 Pérdidas singulares

Accesorio	Cantidad	Pérdidas
Codos, a 90°	1	0,04
Union	14	0,43
Válvula compuerta	1	0,03
Válvula Check	1	0,31
Medidor de flujo	1	0,31
Pérdidas totales		1,12 m.c.a

Tabla 3.5 Perdidas en la camiseta de refrigeración de carga en pies (metro) en diferentes tipos de flujo (gastos)

DIÁMETRO DEL MOTOR		4"	4"	4"	6"	6"	8"	8"	8"
DI ADEME EN PULG. (MM)		4 (102)	5 (127)	8 (152)	8 (152)	7 (178)	8 (203)	8.1 (206)	10 (254)
Flujo (Gasto) en GPM (l/m)	25 (95)	0.3 (.09)							
	50 (189)	1.2 (.37)							
	100 (378)	4.7 (1.4)	0.3 (.09)		1.7 (.52)				
	150 (568)	10.2 (3.1)	0.6 (.18)	0.2 (.06)	3.7 (1.1)				
	200 (757)		1.1 (.34)	0.4 (.12)	6.3 (1.9)	0.5 (.15)		6.8 (2.1)	
	250 (846)		1.8 (.55)	0.7 (.21)	9.6 (2.9)	0.8 (.24)		10.4 (3.2)	
	300 (1136)		2.5 (.75)	1.0 (.30)	13.6 (4.1)	1.2 (.37)	0.2 (.06)	14.6 (4.5)	
	400 (1514)				23.7 (7.2)	2.0 (.61)	0.4 (.12)	24.6 (7.5)	
	500 (1893)					3.1 (.94)	0.7 (.21)	37.3 (11.4)	0.6 (0.2)
	600 (2271)					4.4 (1.3)	1.0 (.30)	52.2 (15.9)	0.8 (0.3)
	800 (3028)								1.5 (0.5)
1000 (3785)								2.4 (0.7)	

Según la tabla se determina la pérdida de fricción que existe entre la camiseta de refrigeración y en motor sumergible, teniendo como dato caudal de 80 m<sup>3</sup>/h <> 352 GPM y diámetro interno de la camiseta de 7 pulgadas, interpolando nos da un valor de 0.5 m.c.a.

Además se tiene en proyección tener una presión de descarga de 30 PSI o 21 m.c.a

Entonces resulta:

$$Pt = 9.386 + 1.12 + 0.5 + 21$$

$$Pt = 32.006 \text{ m.c.a}$$

La altura dinámica total HDT se obtiene con:

$$HDT = Hg + Pt$$

$$HDT = 64 + 32$$

$$HDT = 96.0 \text{ m.c.a}$$

### 3.1.4 Verificación de los de los parámetros hidráulicos de trabajo

Considerando las pérdidas de fricción en las tuberías, accesorios y la proyección de presión de descarga al final del recorrido de tubería se tiene que el punto de operación del equipo debe ser:

Caudal: 80 m<sup>3</sup>/H a un ADT= 96 m.c.a, considerando la presión de descarga de 21 m.c.a a la salida de la tubería de PVC.

Cabe mencionar que para razones de operación de la electrobomba el punto de operación transitoriamente antes del requerimiento de presión de descarga de 30 PSI es:

Caudal: 80 m<sup>3</sup>/H a un ADT: 75 m.c.a.

## 3.2 SELECCIONAR MATERIALES PARA EL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA

### 3.2.1 Verificar parámetros fisicoquímicos del agua a extraer

La verificación se realizará mediante el análisis fisicoquímico del agua mediante protocolos de ensayo según las normas pertinentes. Se toma en consideración la información brindada por el contratante la cual fue un PH de fluido 6.8, agua sin presencia de solidos menores a 50 ppm”.

### 3.2.2 Seleccionar la electrobomba sumergible

La potencia hidráulica teórica de bombeo se obtiene con:

$$P_u = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad \text{donde,}$$

$P_u$ , es la potencia proporcionada al fluido, en W;

$Q$ , es el caudal de fluido que atraviesa la bomba, en m<sup>3</sup>/s;

$H$ , es la altura manométrica ganada por el fluido a su paso por la bomba, en m;

$\rho$ , es la densidad del fluido, en kg/m<sup>3</sup>;

$g$ , es la aceleración de la gravedad: 9,81 m/s<sup>2</sup>.

$H = 96.00$  m.c.a.

$Q = 80 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0222 \text{ m}^3/\text{s}$

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$Pu = 1000 \times 9.81 * 0.0222 \times 96 = 20907.07 \text{ w}$$

Teniendo en cuenta los valores calculados anteriormente se tiene:

$$Pu = 20,90 \text{ kW}$$

#### **Potencia de la bomba.**

Considerando una eficiencia de la bomba:

$$\eta = 0,73$$

La potencia de la bomba resulta

$$Pb = \frac{20.90}{0.73}$$

$$Pb = 28,64 \text{ kW}$$

Las características técnicas de la bomba sería que cumpla el siguiente punto de operación:

Caudal 80 m<sup>3</sup>/h <> 22.22 LPS a un ADT de 96 m.c.a, cuya potencia calculada al eje se tiene de 28.64 kW.

Paralelamente se realizó la selección del equipo a través de un software propiedad de la compañía Grundfos, fabricantes de electrobombas para todas las aplicaciones industriales, obteniéndose valores similares, ver gráfico 3.4. y gráfico 3.5.

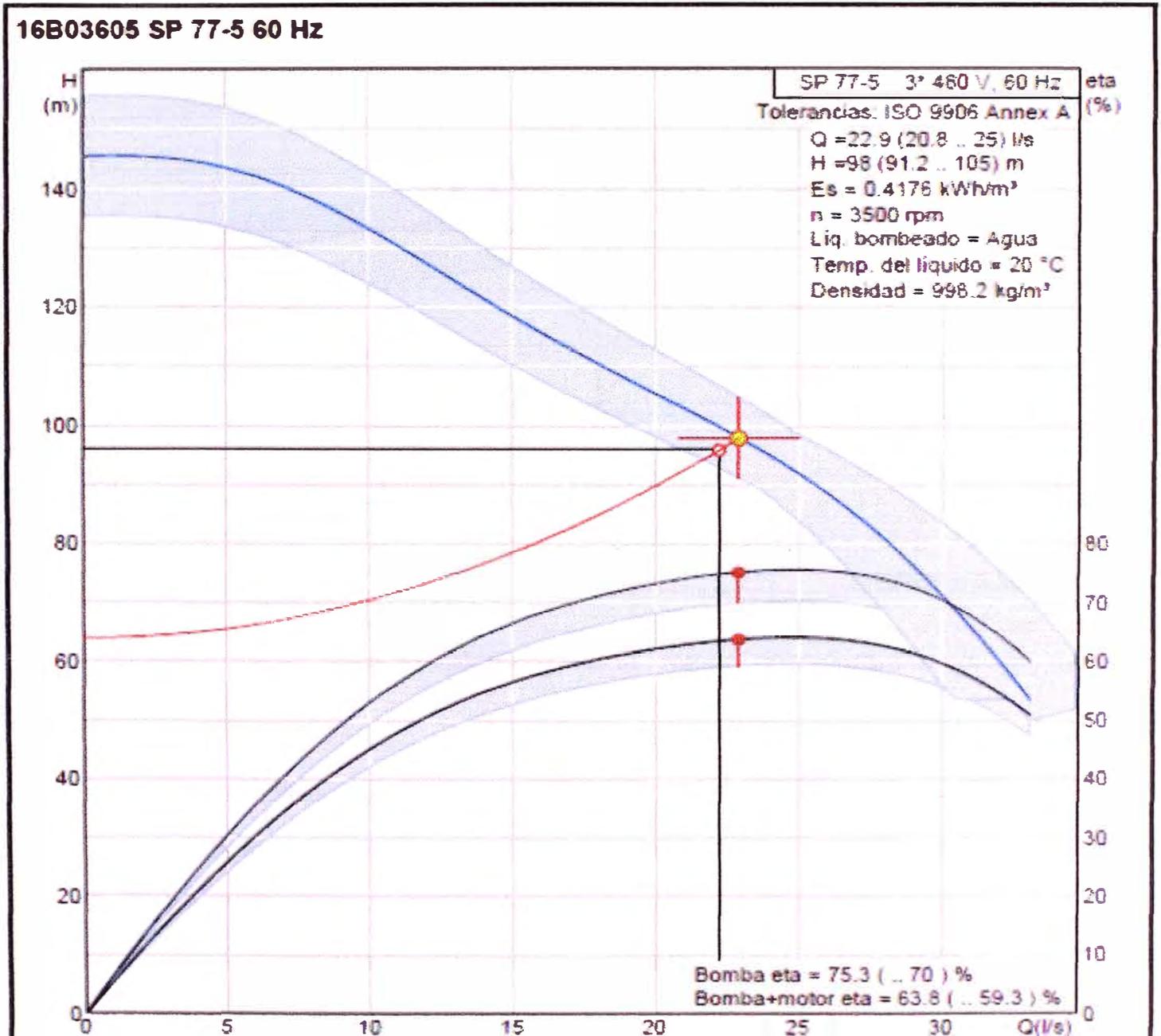


Gráfico 3.4 Punto de operación, considerando presión de descarga de 30 PSI

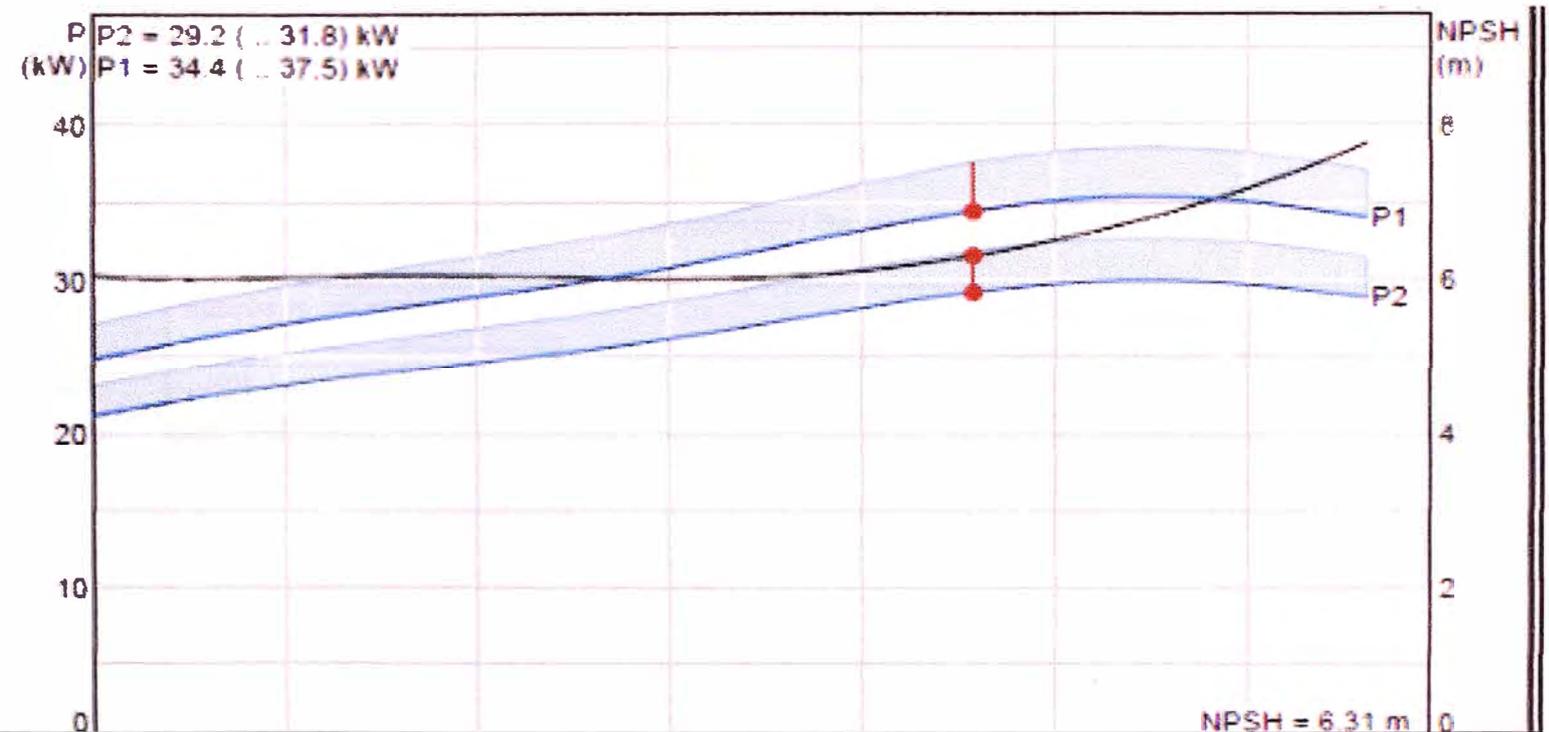


Gráfico 3.5 Curva para la selección de la bomba considerando presión de descarga 30 Psi.

Teniendo presente que la presión de descarga solicitada no es requerida hasta el momento, el sistema requiere el siguiente punto de operación caudal: 80 m<sup>3</sup>/h y ADT: 75 m.c.a, entonces se deberá operar la electrobomba a una frecuencia de trabajo de 54 HZ, como se especifica en el gráfico 3.6.

### 3.2.3 Calculo del NSPH disponible

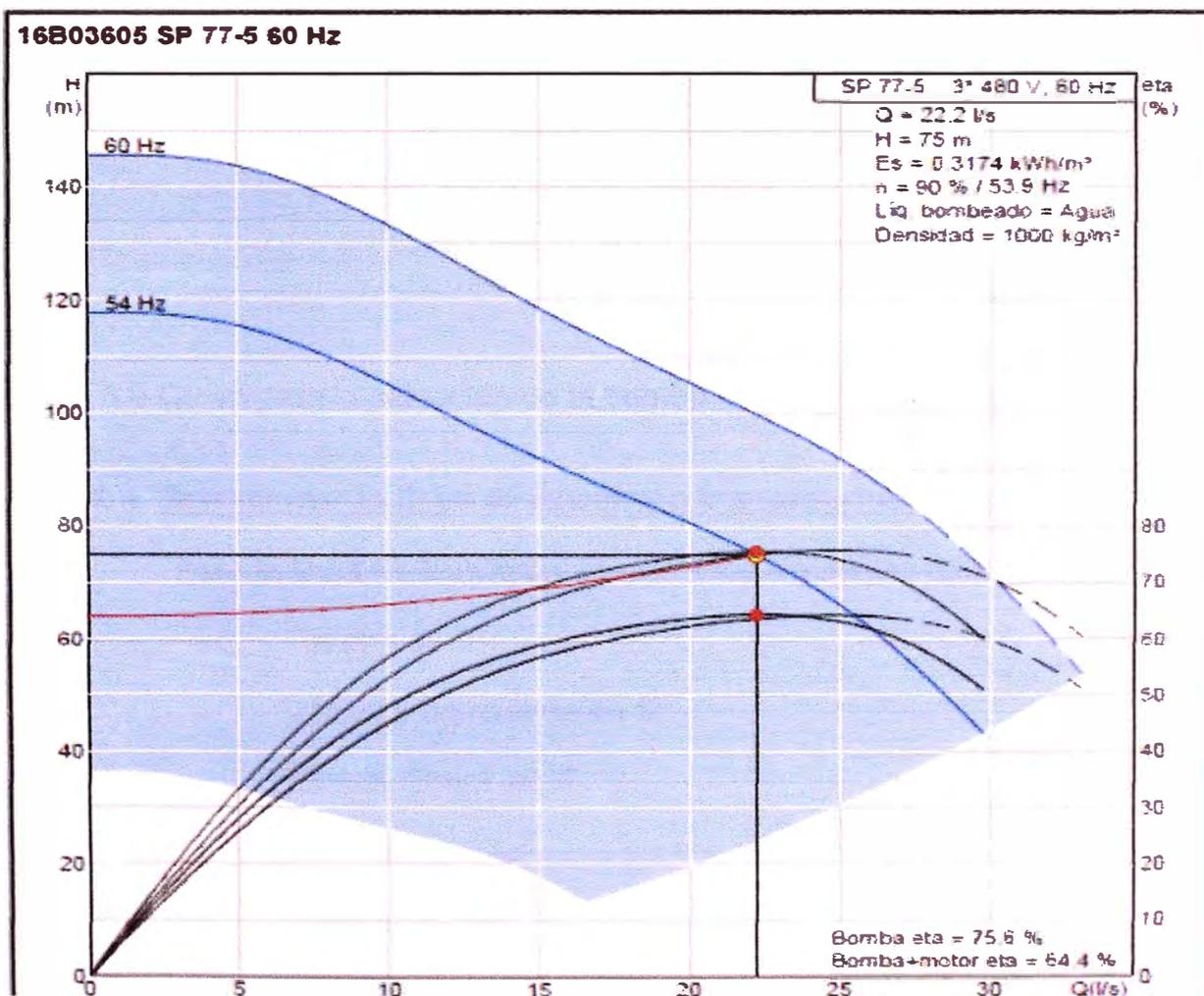
Ahora calcularemos el NSPH disponible del sistema, teniendo en cuenta los siguientes datos: Presión atmosférica a 200 m.s.n.m es de 9.9 m.c.a, Altura de sumergencia con respecto al nivel dinámico es de 4 m.c.a, Presión de vapor a 25 ° C es de 0.4 m.c.a y pérdida de fricción en la camiseta de refrigeración es de 0.5 m.c.a, NSPH requerido es de 6.3, según grafico 3.5.

$NPSH_{disponible} = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vap}$

$NPSH_{disponible} = 9.9 + 4 - 0.5 - 0.4 = 13 \text{ m.c.a}$

Entonces  $NPSH_{requerido} = 6.3 < NPSH_{disponible} = 13$ .

Por tanto no se producirá el fenómeno de cavitación.



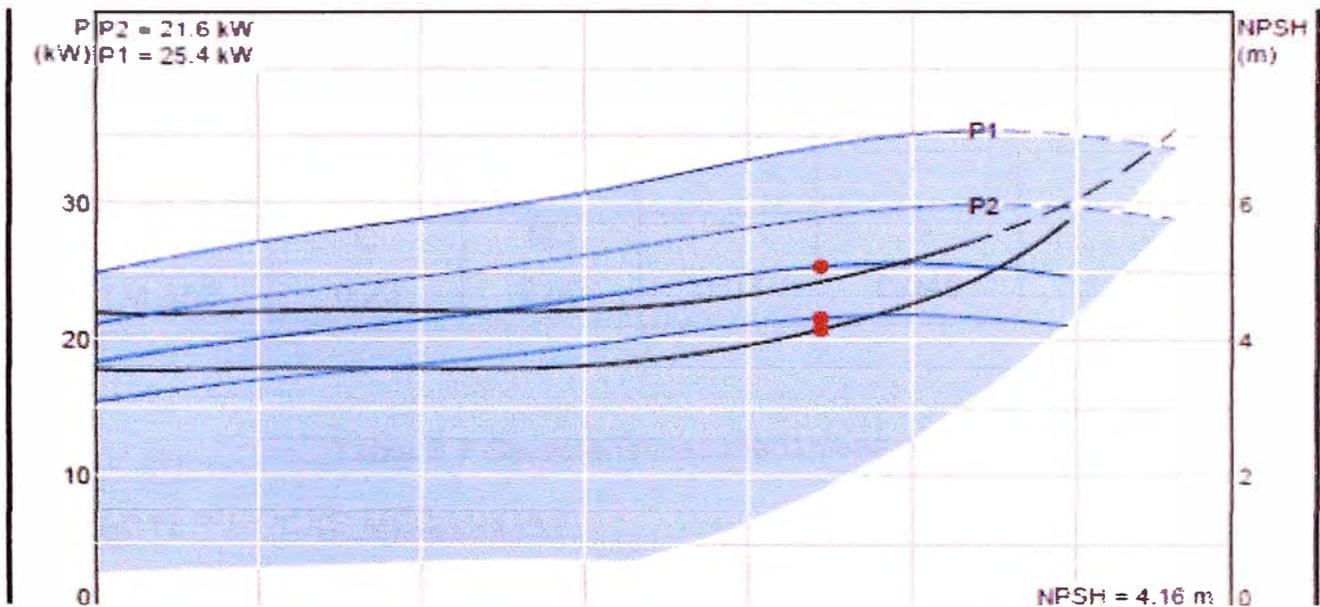


Gráfico 3.6 Curva para la selección de la bomba sin considerar presión de descarga

### 3.2.4 Seleccionar la línea de impulsión y accesorios mecánicos

Para la línea de impulsión se utiliza los siguientes elementos principales:

- Tubería de 5"
- Válvulas compuerta de 5"
- Válvula Check de 5".
- Medidor de flujo
- Válvula de aire

Se selecciona la tubería sin costura de acero ASTM A53 de 5 "cedula 40 por los motivos ya explicados, cuyas características son las siguientes:

Tabla 3.6 Composición química del acero

**COMPOSICION QUIMICA DEL ACERO:**

NORMA DE FABRICACION				
	C	Mn	P	S
ASTM A53	0.25	0.95	0.05	0.045

Tabla 3.7 Características mecánicas de tubería

**CARACTERISTICAS MECANICAS:**

Medida nominal	cedula	Espesor de pared (mm)	Diámetro exterior (mm)	Peso aprox. Kg/m	Presión interior de trabajo psi
5"	40	6.55	141.3	22.265	1280

Como observamos en la tabla la tubería seleccionada tiene una presión interior de trabajo de 1280 psi. La presión de trabajo requerida en el sistema va determinada por la presión máxima desarrollada por la bomba la cual es de 206 psi aproximadamente siendo esta inferior a 1280 psi, por tanto estamos en lo correcto.

La tubería de impulsión en su primer etapa dentro del pozo se distribuye en 9 niples de tubo de 5" x 6 metro de largo Y 1 niple de tubo de 5" x 3460mm de largo. la cual va unida de uniones roscadas de 5" con rosca de tubo NPT selladas con grasa negra grafitada.

Al final del último niple vertical se colocó una brida de 5 " de 150 libras para su rápido mantenimiento y separación de tramo de impulsión de la caseta unida por 8 pernos hexagonales de 5/8" x 4 " grado 5 y sellado por una empaquetadura de nitrilo de 3mm de espesor.

Para el tramo de impulsión de la caseta (tramo horizontal) recibe el fluido en una codo bridado de 5" que seguido va un carrete bridado de 5"x340 mm donde va instalado un manómetro de 150 libras con un caño de alivio con manómetro, también va instalado una válvula de aire bridado de 1" ,Luego una válvula check de 5" tipo columpio ,pasando después por un carrete de tubo de 5" x 1 metro para homogenizar el perfil del flujo y así tener una mejor lectura en el caudalimetro de 5 " ,

Y por último una válvula compuerta del sistema que será de 5", el cual nos permitirá una restricción mínima al paso del fluido, ya que al estar abiertos deja una abertura del tamaño de la tubería evitando pérdidas considerables.

**Para el control del flujo se utilizan:**

**Válvula de aire:** Las válvulas Eliminadoras de Aire, han sido diseñadas para que un sistema de bombeo trabaje a su máxima capacidad del flujo calculado. Instaladas en los puntos altos de la línea automáticamente expulsan por un orificio de venteo las cantidades de aire que se han acumulado cuando el sistema está en operación y bajo presión.

De no eliminar este aire se provoca una restricción en la línea como si tuviera una válvula de seccionamiento parcialmente cerrada, al ocurrir este fenómeno se presenta problemas tales como: mayor consumo de energía, un gasto menor al calculado y en ocasiones la obstrucción total del sistema.

Seleccionamos la marca vamex

Tabla 3.8 Selección de diámetro de válvula de aire

## SELECCIÓN DE DIÁMETROS

Tabla para seleccionar las válvulas de admisión y expulsión de aire en la descarga a bombas de pozo profundo

Gasto en lps de la bomba sin carga	13	20	30	75	125	310	500	1260	2250	3150
Diámetro de la válvula	½	¾	1	2	3	4	6	8	10	12

El sistema requiere 80 m<sup>3</sup> /hr que es 22,22 lps , de La tabla seleccionamos uno de 30 lps y la tabla nos da un diámetro de válvula de 1"

Ver catalogo en anexos.

### Válvula check:

Las válvulas de retención tienen como propósito permitir el flujo en un sólo sentido, su aplicación principal es en la descarga de bombas. Tiene como función prevenir que el flujo bombeado regrese una vez que las bombas se detienen; también evitan que el flujo de retomo provoque un giro inverso de las bombas, lo cual puede, en algunos casos, dañar los equipos de bombeo.

Calculamos la desaceleración:

Conforme más alta sea la carga o la altura de bombeo (presión), más riesgo existe que se genere una alta velocidad de reversa. Por otro lado mientras más larga sea la longitud de la línea de conducción, más baja es la velocidad de reversa resultante por tanto:

$$\frac{dv}{dx} = \frac{gh}{l} = \frac{10 \times 11}{420} = 0.26 \text{ m/s}^2$$

g: gravedad

h: altura de bombeo sometida de la válvula.

l: longitud de la línea de conducción

O sea que la velocidad del flujo de reversa se acelera a razón de  $0.26 \text{ m/s}^2$  por cada segundo que tarde en cerrar la válvula de retención.

De las curvas dinámicas de las válvulas de retención podemos conocer la velocidad de reversa que se va a generar dependiendo del tipo de válvula que utilicemos, esto se determina del siguiente grafico alcanzado por el fabricante.

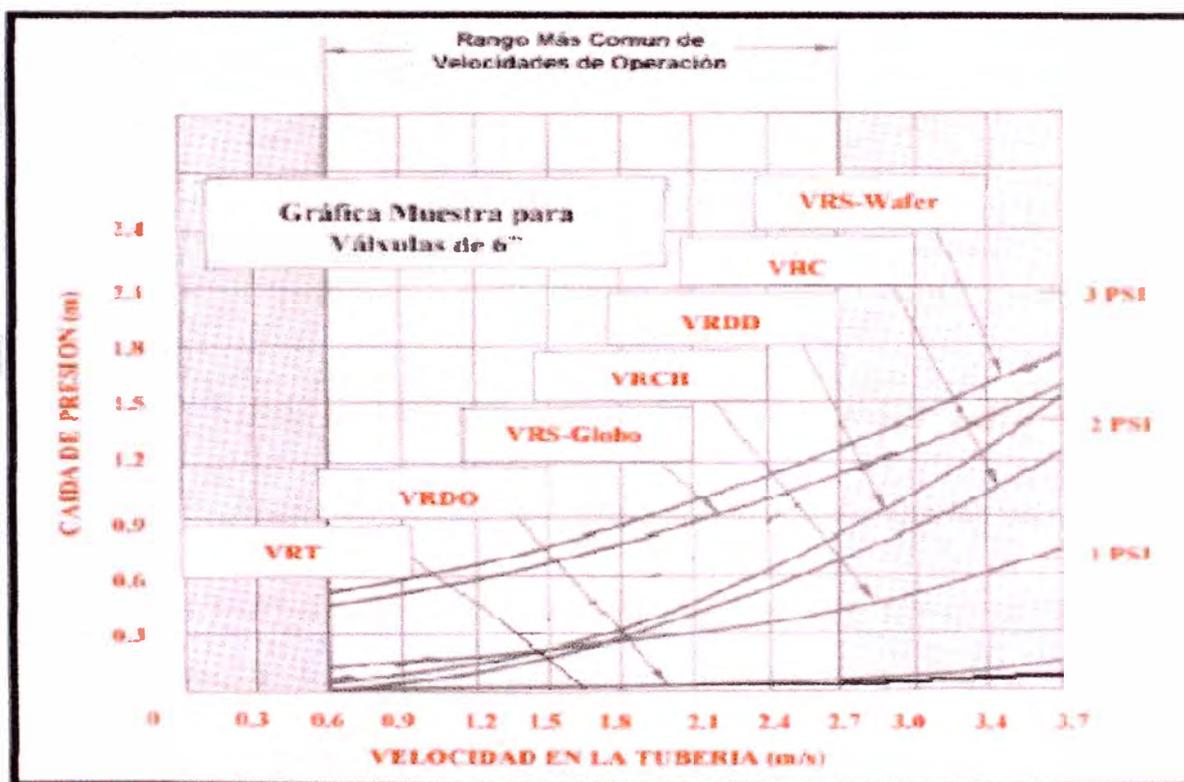
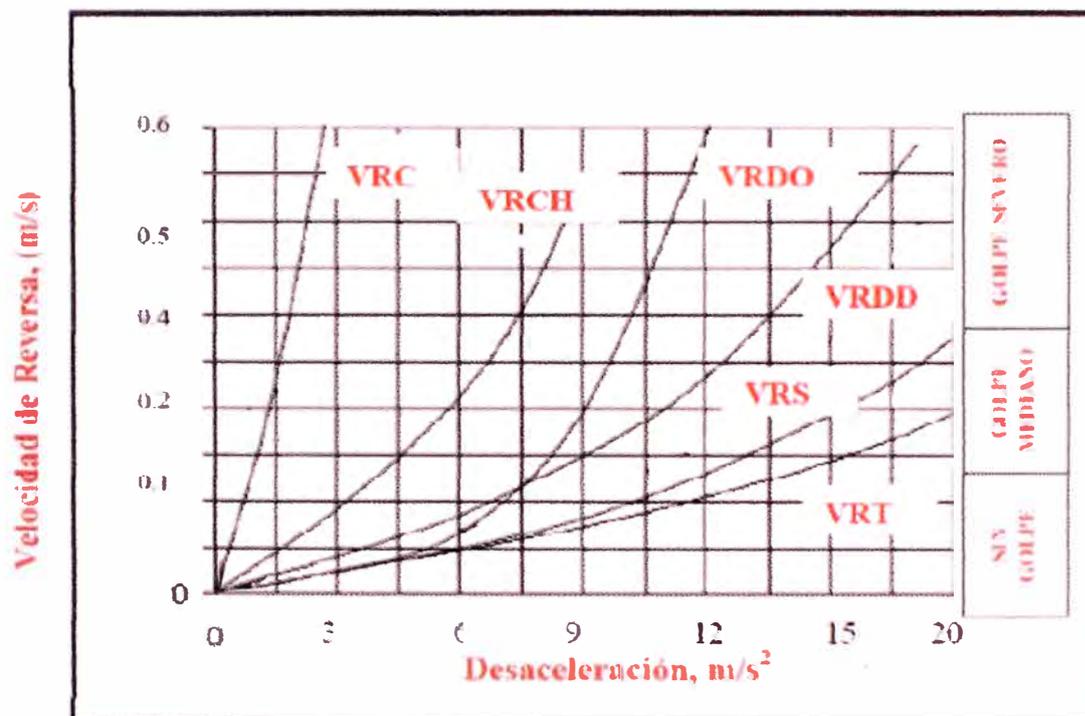


Gráfico 3.7 Pérdidas por tipo válvula de retención



**Curvas dinámicas de varias válvulas de retención**

Gráfico 3.8 Curvas dinámicas de varias valvulas de retencion

Del gráfico del fabricante con  $0.26 \text{ m/s}^2$  observamos que estamos en un tramo en la cual con cualquier modelo estamos en un area de sin golpe de ariete por tanto elegimos la más económica que es el modelo VRC que es la de tipo columpio.

En cuanto a caída de presión observamos del grafico que a una velocidad de  $1.7 \text{ m/s}$  obtenemos caídas de presión muy parecidas para diferentes modelos de check, por lo que elegimos la válvula más económica.

Por tanto concluimos que la válvula a usar es la de tipo columpio de 5".

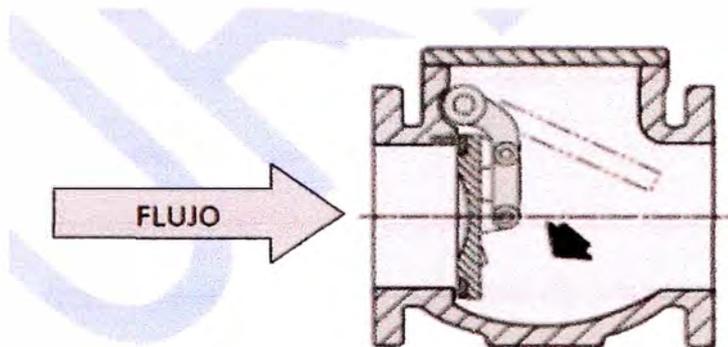


Gráfico 3.9 Válvula de retención seleccionada

### Válvula compuerta:

Seleccionamos la válvula compuerta porque se usan en sitios sujetos a operaciones poco frecuentes, debiendo permanecer la mayor parte del tiempo o completamente abierta o completamente cerrada, porque tiene la gran ventaja de no presentar resistencia al flujo cuando está en posición de apertura total, lo cual nos genera ahorro de energía.

Elegimos una válvula con accionamiento externo que es aplicado a la cabeza del husillo de la válvula que transmite un movimiento de giro con un mecanismo reductor, y de él con una volante, que nos permite una mejor maniobra de apertura y cerrado de la válvula.

La válvula debe operarse, por lo menos una vez cada cuatro meses, para conservar su fluidez en el proceso de operación.

Elegimos por tales motivos una válvula compuerta de 5 "con accionamiento mecánico por medio de un reductor con una volante en su extremo.

### Caudalimetro:

La elección deberá satisfacer los requerimientos de la *aplicación*, *performance* y *costo*.

- (1) **Requerimientos de aplicación.** Las necesidades de una aplicación específica constituyen el primer conjunto de criterios a examinar. El tipo de líquido y la viscosidad son parámetros más que obvios. Para descartar las alternativas que no satisfacen los requerimientos de aplicación se puede emplear la siguiente tabla.

Tabla 3.9. Caudalímetros según su aplicación

Grupo	Tipo	APLICACIONES																		
		Líquidos <sup>(1)</sup>								Gases <sup>(2)</sup>					Otros <sup>(3)</sup>					
		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	
1	Orificio	■	?	■	■	■	■	■		■	?	■	■	■		?	■	?	?	?
	Venturi	■		■	■	■	■			■	?		?	?		?	■	?	?	?
	Boquilla	■		■	■	■	■			■	■	?	?	■		?	■	?	?	?
2	Area variable	■	■			#	?		■	■	■									?
	De blanco (Target)	■				#				■				■		?	■	?		
	Pitot Promediante	■		■	■	■	?	■		■		■	■	■			■	?	?	?
3	Boquilla sónica	■								■	■	?	?							
	Paleta deslizante	■		#			■		■							?				
	Ruedas ovaladas	■	■	#		#	■		■							?			■	
4	Pistón giratorio	■	?			#	■		■							?			#	
	Diafragma para gases									■	■									
	Giratorio de gas									■	■									
5	Turbina	■		■	#	■	?	■	■	■		■				?	?	#		
	Pelton	■	■			■		■		?	?						?		?	
	Medidor mecánico	■														#	?			
6	Turbina de inserción	■		■	■	■		■		■		■	■	?		?	?			
	Vórtex	■					■		■	■		?	■	■		?				
	Tipo Coanda	■								■										
7	Vórtex de inserción	■		■	■	?		?	?	■		■	?	■		■		?	?	
	Electromagnético	■	■	■	■	#	?		■							■	■	?	■	
	Electromagnético de inserción	■		■	■	?			■							?	■	?	■	
8	Doppler	■		?	?	#		?								■	■	?	?	
	Tiempo de Tránsito	■	?	■	■	#	?	#	■	#						?	?		#	#
	Coriolis	■				#	■		■	?						?	?		#	
9	Rotor de torsión	■																		
	Anemómetro	■		?	?	#				■										
	De masa térmica		#							■	■									
10	Trazador	■	#	■	■	■	■	■		#		#	■	■		?	■	#	#	
	Láser	■		?	?															

<p>■ Adecuado, por lo general aplicable.          ? Merece considerarse, algunas veces aplicable.          # Merece considerarse, disponibilidad limitada o caro.          El espacio en blanco indica no adecuado o no aplicable.</p>	<p>(2) Aplicaciones con gases          J. Gases en general          K. Flujos reducidos de gas (&lt; 150 m<sup>3</sup>/hora)          L. Grandes flujos de gases (&gt; 5000 m<sup>3</sup>/hora)          M. Gases calientes (&gt; 200 °C)          N. Vapor</p>
<p>(1) Aplicaciones para líquidos          A. Líquidos en general (&lt; 50 cP)          B. Flujos reducidos de líquidos (&lt; 2 L/min)          C. Grandes flujos de líquido (&gt; 1000 m<sup>3</sup>/hora)          D. Grandes tuberías con agua (&gt; 500 mm de diámetro)          E. Líquidos calientes (&gt; 200 °C)          F. Líquidos viscosos (&gt; 50 cP)          G. Líquidos criogénicos          H. Líquidos sanitarios</p>	<p>(3) Otras aplicaciones          P. Suspensiones y flujos de partículas          Q. Mezclas líquido-líquido          R. Mezclas líquido-gas          S. Líquidos corrosivos          T. Gases corrosivos</p>

Tabla 3.10 Caudalimetro y Restricciones impuestas por las propiedades del fluido

Grupo	Tipo	Presión máxima (Bar)	Rango de Temp. (°C)	Nº de Re mínimo	Gas (G) o Líquido (L)	Dos o más fases
1	Orificio	400	< -650	3 10 <sup>2</sup>	L G	P
	Venturi	400	< -650	10 <sup>5</sup>	L G	P
	Boquilla	400	< -650	2 10 <sup>4</sup>	L G	N
2	Area variable	700	-80 a +400	Sin datos	L G	N
	De blanco (Target)	100	-40 a +120	3 10 <sup>4</sup>	L G	S
	Pitot Promediante	400	< -540	10 <sup>4</sup>	L G	N
	Boquilla sónica	400	< -650	2.5 10 <sup>4</sup>	G	N
3	Paleta deslizante	100	-30 a +200	10 <sup>2</sup>	L	N
	Ruedas ovaladas	100	-15 a +290	10 <sup>2</sup>	L	N
	Pistón giratorio	170	-40 a +170	10 <sup>3</sup>	L	N
	Diafragma para gases	200	-30 a +200	2.5 10 <sup>2</sup>	G	N
	Giratorio de gas	100	-40 a +150	10 <sup>3</sup>	G	N
4	Turbina	3500	-268 a +530	10 <sup>4</sup>	L G	N
	Pelton	3500	-225 a +530	10 <sup>4</sup>	L G	N
	Medidor mecánico	600	-25 a +200	10 <sup>4</sup>	L G	N
	Turbina de inserción	70	-50 a +430	10 <sup>4</sup>	L G	N
5	Vórtex	260	-200 a +430	2 10 <sup>4</sup>	L G	P
	Tipo Coanda	100	-40 a +110	Sin datos	L G	N
	Vórtex de inserción	70	-30 a +150	5 10 <sup>3</sup>	L G	N
6	Electromagnético	300	-60 a +200	Sin límites	L	S / P
	Electromagnético de inserción	20	+5 a +25	Sin datos	L	N
7	Doppler	*	-20 a +110	5 10 <sup>3</sup>	L	S
	Tiempo de Tránsito	200	-200 a +250	5 10 <sup>3</sup>	L G	N / P
8	Coriolis	390	-240 a +400	10 <sup>2</sup>	L	P
	Rotor de torsión	400	-240 a +350	10 <sup>4</sup>	L	N
9	Anemómetro	20	-200 a +400	Sin datos	L G	N
	De masa térmica	300	0 a +100	Sin datos	L G	N
10	Trazador	Sin datos	Sin datos	Sin límites	L G	P
	Láser	*	Sin datos	Sin límites	L G	N

S. Adecuado      P. Posible      N. No adecuado      \* Depende de la pared de la cañería

Re = 2.5x10<sup>5</sup>, presión max = 206 psi, temperatura de 5 a 30 grados centígrados, estado líquido agua a 1cp de viscosidad.

Tabla 3.11 Caudalímetros y restricciones impuestas por la instalación

Grupo	Tipo	Orientación	Dir.	Tramos aguas arriba	Tramos aguas abajo	Filtro	Diámetros de cañería (mm)
1	Orificio Venturi Boquilla	H.VU.VD.I	U.B	5D/80D	2D/3D	N	6 a 2600
		H.VU.VD.I	U	0.5D/29.5D	4D	N	>6
		H.VU.VD.I	U	5D/80D			
2	Área variable De blanco (Target) Pitot Promediante Boquilla sónica	VU	U	0D	0D	P	2 a 600
		H.VU.VD.I	U	6D/20D	3.5D/4.5D	N	12 a 100
		H.VU.VD.I	U.B	2D/25D	2D/4D	P	> 25
		H.VU.VD.I	U	> 5D	> 0D	N	≥ 5
3	Paleta deslizante Ruedas ovaladas Pistón giratorio Diafragma para gases Gurtono de gas	H.VU.VD.I	U	0D	0D	R	25 a 250
		H	U	0D	0D	R	4 a 400
		H.VU.VD.I	U	0D	0D	R	6 a 1000
		H	U	0D	0D	N	20 a 100
		H.VU.VD.I	U.B	0D/10D	0D/5D	R	50 a 400
4	Turbina Pelton Medidor mecánico Turbina de inserción	H.VU.VD.I	U.B	5D/20D	3D/10D	P	5 a 600
		H.VU.VD.I	U	5D	5D	R	4 a 20
		H.VU.VD.I	U	3D/10D	1D/5D	R	12 a 1800
		H.VU.VD.I	U.B	10D/80D	5D/10D	P	> 75
5	Vórtex Tipo Coanda Vórtex de inserción	H.VU.VD.I	U	1D/40D	5D	N	12 a 200
		H.VU.VD.I	U	3D	1D	N	12 a 400
		H.VU.VD.I	U	20D	5D	N	> 200
6	Electromagnético Electromagnético de inserción	H.VU.VD.I	U.B	0D/10D	0D/5D	N	2 a 3000
		H.VU.VD.I	U.B	25D	5D	N	> 100
7	Doppler Tiempo de Tránsito	H.VU.VD.I	U.B	10D	5D	N	> 25
		H.VU.VD.I	U.B	0D/50D	2D/5D	N	> 4
8	Conoide Rotor de torsión	H.VU.VD.I	U	0D	0D	N	6 a 150
		H.VU.VD.I	U	20D	5D	N	6 a 150
9	Anemómetro De masa térmica	H.VU.VD.I	U.B	10D/40D	Sin datos	R	> 25
		H.VU.VD.I	U	Sin datos	Sin datos	R	2 a 300
10	Trazador Láser	H.VU.VD.I	U.B	=	=	N	Ilimitado
		H.VU.VD.I	U.B	0D	0D	P	

H. Flujo horizontal	U. Flujo unidireccional
VU. Flujo vertical hacia arriba	B Flujo bidireccional
VD. Flujo vertical hacia abajo	R. Recomendable
I. Flujo inclinado	N. No necesario
= Longitud de mezcla	P. Posible

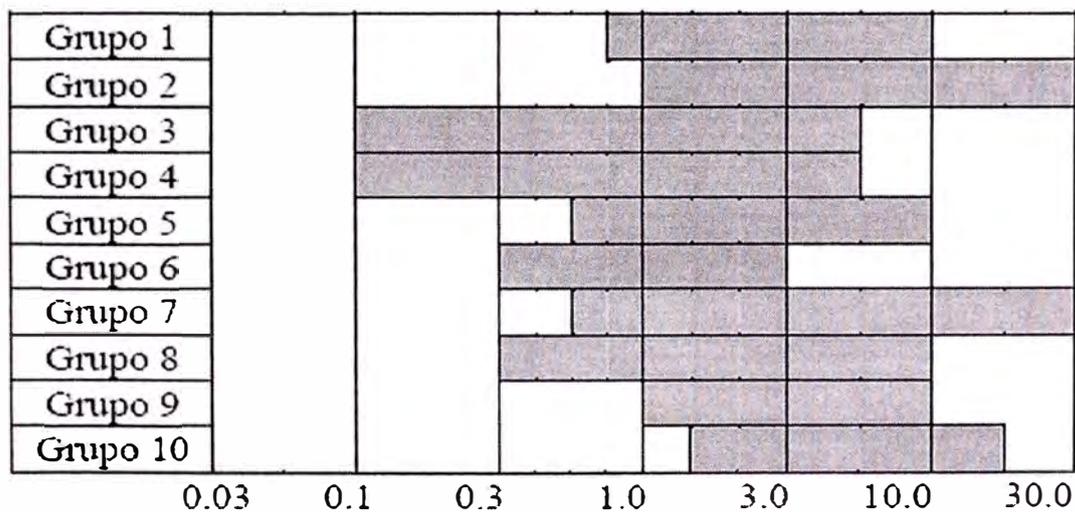
Tenemos un tramo de tubería tramos aguas debajo de 1 metro con la cual tenemos una relación con el diámetro de  $1000/144 = 7$  que es mayor a 5D.

Por tanto satisface para un flujómetro electromagnético.

**(2) Requerimientos de performance.** Los requerimientos de performance son relativamente sencillos y reflejan la calidad de la medición y las necesidades para el control del sistema.

Se puede consultar la Tabla siguiente y así descartar los elementos primarios que no cumplan con las exigencias

Tabla 3.12 Incertidumbre (% del caudal) típicas de los distintos grupos de caudalímetros



Requerimos una lectura entre 1 y 3 % la cual satisfacen la mayoría de modelos.

**(3) Requerimientos de costo.** Las evaluaciones de costo pueden ser subjetivas y tienden a concentrarse en los costos iniciales de compra, despreciándose los gastos a largo plazo. El costo de compra e instalación son fáciles de examinar (a modo de referencia puede consultarse la tabla siguiente. Los costos de mantenimiento y operacionales son más difíciles de definir y a veces se los pasa por alto, aunque pueden ser importantes. Los costos de mantenimiento incluyen costos de re calibración y reparación mientras que los costos operacionales incluyen por ejemplo los de

bombeo relacionado con la pérdida permanente de presión del instrumento. Para tener una idea aproximada puede tomarse como referencia las indicaciones de la Tabla siguiente..

Tabla 3.13 Selección por costos de caudalimetro

Grupo	Tipo	Costo de Instalación	Costo de Calibración	Costo de Operación	Costo de Mantenim.	Costo de Repuestos
1	Orificio	2/4	1	3	2	1
	Venturi	4	1/4	2	3	3
	Boquilla	3	3	2	3	2
2	Area variable	1/3	2	2	1	1
	De blanco (Target)	3	3	2	3	3
	Pitor Promediante	2	3	2	2	2
	Boquilla sónica	2	1	3/4	2	1
3	Paleta deslizante	3	5	4	4	5
	Ruedas ovaladas	3	4	4	4	5
	Pistón giratorio	3	3	3	3	4
	Diafragma para gases	3	3	1	2	2
	Giratorio de gas	3	4	3	3	3
4	Turbina	3	4	3	4	4
	Pelton	4	3	3	4	3
	Medidor mecánico	3	2	2	3	3
	Turbina de inserción	2	3	2	2	3
5	Vórtex	3	3	3	3	3
	Tipo Coanda	3	4	3	3	3
	Vórtex de inserción	2	3	2	3	3
6	Electromagnético	3	3	1	3	3
	Electromagnético de inserción	2	3	2	3	2
7	Doppler	1/3	1	1	3	2
	Tiempo de Tránsito	1/3	3	1	3	2
8	Coriolis	3	4	4	3	3
	Rotor de torsión	3	3	3	3	3
9	Anemómetro	3	2	1	3	3
	De masa térmica	3	4	2	4	3
10	Trazador	2		4	2	4
	Laser	5		4	5	5

1 es bajo                      5 es alto

Por tanto observamos que podemos usar varios modelos de caudalímetros ya que se encuentran en el rango de funcionamiento y en cuanto a precio.

Elegimos la del tipo electromagnético porque además de lo necesario se acomoda su lectura a cualquier reynold lo que nos favorece además de que su

incertidumbre de lectura se encuentra entre 1 y 3 % del caudal y su costo es un promedio de los otros modelos de caudalímetros.

### **3.2.5 Requerimientos para seleccionar tablero de control, cable de alimentación y accesorios**

Primeramente se debe definir las características técnicas del motor eléctrico sumergible.

Teniendo presente este cálculo se selecciona el motor de la marca Grundfos modelo MS6000 , teniendo información de corriente nominal de 65 amperios a 460 voltios.

#### **Selección de cable de alimentación**

Ahora seleccionaremos el calibre de cable a empalmar al motor teniendo presente la capacidad de corriente y la caída de tensión de 3 %, factor de potencia 0.85, calcularemos la máxima longitud recomendado para un calibre de cable de 4x6 AWG, cuya capacidad de corriente es de 65 amperios según la tabla 5.4. la cual también coincide con la corriente nominal del motor, pero esta selección por capacidad de corriente tendrá que evaluarse hasta que longitud me permite lograr una caída de tensión del 3%.

Longitud máxima del cable de una bomba sumergible trifásico.

$$L = \frac{\Delta U \times U \quad [m]}{I \times 1,73 \times 100 \times (\cos \varphi \times \rho / q + \sin \varphi \times Xl)}$$

U= Tensión nominal [V]

$\Delta U$ = Caída de tensión [%]

I = Intensidad nominal del motor [A]

$\rho$ = Resistencia específica: 0,02 [mm<sup>2</sup>/m]

Q= Sección transversal del cable de caída sumergible [mm]

X<sub>l</sub>=Resistencia inductiva:  $0.078 \times 10^{-3}$  (  $\Omega$  /m)

#### Características:

- ✓ Tensión máxima de operación 600 V
- ✓ Temperatura máxima de operación en el conductor 75 °C
- ✓ Conductor suave en construcción flexible.
- ✓ Aislamiento de polietileno (PE) y cubierta exterior de policloruro de vinilo (PVC).
- ✓ La cubierta exterior es de color negro.

#### Especificaciones.

- ✓ Los cables Viakon trifásicos planos para bomba, cumplen con las siguientes especificaciones:
- ✓ ICEA S-95-658 Standard for nonshielded cables rated 0 to 2000 V for use in distribution of electric energy.

Tabla 3.14 Capacidad de corriente de conductores eléctricos.

CABLE WAKON® TRIFÁSICO PLANO PARA BOMBA 600 V, 75° C							
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Espesor nominal de la cubierta exterior	Dimensiones exteriores aproximadas	Peso total aproximado	Capacidad de conducción de corriente* 75°C
14	2.082 mm <sup>2</sup>	41	0.28	1.14	8.0 x 13.1	14/1000	20 Amperes
12	3.307	65	0.76	1.52	7.3 x 15.4	19	25
10	5.260	105	0.76	1.52	8.2 x 16.2	28	35
8	8.367	168	1.14	2.03	11.0 x 24.4	47	50
6	13.30	266	1.14	2.03	12.1 x 27.8	66	65
4	21.15	420	1.14	2.03	13.5 x 32.0	92	65
2	33.62	665	1.14	2.03	15.6 x 38.3	136	115
1/0	53.48	1 064	1.40	2.79	20.1 x 48.6	230	150
2/0	67.43	1 323	1.40	2.79	21.9 x 54.0	270	175
3/0	85.01	1 666	1.40	2.79	23.5 x 58.8	330	200
4/0	107.2	2 107	1.40	2.79	25.3 x 64.3	406	230

Basada en la tabla 310-16 del NEC (NFPA 70) para una temperatura ambiente de 30°C.

Nota: Las dimensiones y pesos están sujetos a tolerancias de manufactura.

Teniendo presente los datos antes mencionados, se tiene que para un calibre de 4x6AWG, se puede tener una longitud máxima de 90 metros y se lograra una caída de voltaje del 3%. Para nuestro caso necesitaremos una longitud de 65 metros hasta llegada del tablero, por tanto estamos dentro de lo recomendado.

### **Materiales para el empalme eléctrico y preparación**

Para seleccionar los materiales para el empalme eléctrico se requiere las características de los cables eléctricos a unir sobre todo el de mayor dimensión que este caso es de 4x6 AWG. Para la selección del conector y los tubos termo contraíbles.

### **Requerimiento para seleccionar tablero eléctrico con variador de velocidad**

Los convertidores de frecuencia son un dispositivo ideal para controlar el rendimiento de la bomba, al ajustar la velocidad del motor. Por lo tanto, es el tipo de arrancador ideal tanto para reducir la corriente de arranque como para reducir los picos de presión, se usan principalmente en aplicaciones con rendimiento variable como en el caso de este proyecto que inicialmente se requiere un punto de trabajo y posteriormente se requerirá de otro punto de trabajo de la cual requiere mayor presión de trabajo en la descarga. Para esta selección de tablero se requiere datos técnicos del motor sumergible:

- Tipo de motor: MS6000
- Potencia nominal - P2: 30 kW
- Frecuencia de alimentación: 60 Hz
- Tensión nominal: 3 x 440-460-480 V
- Toler. Tensión: +6/-10 %
- Tipo de arranque: directo
- Factor de trabajo: 1,15
- Corriente nominal: 66,5-64,0-63,0 A
- Protección con electrodos de nivel.

Mayor detalle de los componentes del tablero se detallara en los anexos

#### **3.2.6 Verificación de los materiales para el sistema de extracción de agua**

Todos los materiales utilizados en las instalaciones del sistema de bombeo deben de disponer de un certificado de calidad o descripción técnica que garantice la aplicación que les corresponde.

### **3.3 INSTALAR Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA**

#### **3.3.1 Prueba de aislamiento del motor y cable de alimentación**

Estas pruebas se deben realizar de acuerdo a las normas:

Prueba de aislamiento de cables eléctricos : NTP-IEC 60502-2 2009

Se someterá un voltaje de 500 V mediante un megometro durante 1 minuto al motor con su respectivo cable de alimentación previamente sumergido en agua, cuyo valor debe superar los 100 megaohmios.

#### **3.3.2 Subcontratar el montaje del sistema de extracción de agua**

Con las especificaciones técnicas de la tubería, bomba y accesorios se elaboran los términos de referencia del contrato.

El contratista a realizar este trabajo deberá contar con las herramientas para realizar este trabajo y personal con experiencia en realizar este servicio, se considerara 2 puntos para realizar el montaje de la bomba sumergible:

##### **1.0 Materiales:**

- ✓ Montacargas de 3 toneladas.
- ✓ Elevadores con rosca de 5".
- ✓ Plancha tipo U para tubo de 5".
- ✓ Llaves cadenas de 12"
- ✓ Grasa grafitada.
- ✓ Megometro para medición de aislamiento.
- ✓ Pisto de calor
- ✓ Tubos termo contraíbles
- ✓ Cintas de aislamiento y vulcanizante.
- ✓ Caja de herramientas mecánicas.

## 2.0 El Procedimiento de montaje

Se tendrá presente en el montaje el siguiente procedimiento:

1. Realizar el tendido de cable eléctrico de la electrobomba, verificando daños presentes en el traslado y por ultimo verificar aislamiento eléctrico antes del montaje y respecto a la tubería verificar las condiciones de la roscas.
2. Instalar el primer tubo de impulsión de 0.7 m en la descarga de la bomba, posteriormente colocar 2 abrazaderas de sujeción en cable de alimentación y a la mitad de la tubería teniendo presente que el tramo de cable abrazadera-motor no quede templado.
3. Se procederá a levantar y colocarla en el pozo con la Grúa la bomba con el pequeño tramo de tubería mediante el elevador de 5", teniendo cuidado con el cable de alimentación de no generar tensión al momento de la maniobra.
4. Colocar la plancha U de 5" en la entrada del pozo la cual este accesorio soportara el peso en conjunto con el cople del tubo,
5. Colocaremos en un extremo el elevador de 5" y protegiendo la rosca con un tapón en el otro extremo durante la maniobra.
6. La Grúa alineara la tubería de 6 metros con el cople presente en la plancha U, posteriormente se procede a enroscar con ayuda de las llaves cadenas, teniendo presente que durante la maniobra no se ponga en peligro la integridad del cable eléctrico.
7. Se repetirá este proceso para los siguientes tubos restantes.
8. A partir del cuarto tubo hasta el último se tomara medidas del aislamiento por cada tubo instalado con el fin de detectar algún daño en el cable.

9. Una vez culminado el descenso de la tubería y electrobomba y se haya ubicado en el punto de operación, se procede a colocar la Linterna, Codo de descarga, unión Dresser, válvula check y válvula tipo compuerta, (árbol de descarga ) tal como se puede ver en la foto.
10. En el orificio de la linterna colocar los electrodos de nivel y conectarlo al tablero eléctrico, previamente respetando las cotas de ubicación que debe existir de cada electrodo de nivel en conjunto con el cable de alimentación.

Nota: durante la instalación se colocara en todas las roscas la grasa grafitada y la abrazadera del cable eléctrico cada metro de longitud.

### **3.3.3 Prueba del funcionamiento del sistema de extracción de agua**

Para realizar la prueba de funcionamiento del sistema de extracción de agua se debe tener presente lo siguiente:

- 1.0 verificación de parámetros eléctricos como: voltaje de alimentación al tablero, aislamiento del motor eléctrico, corriente nominal de la electrobomba.
- 2.0 Verificación de parámetros mecánicos: pernos de 5/8" debe tener un par de 90 Nm, válvulas  $\frac{3}{4}$  partes abierta.
- 3.0 Se procede al encendido del equipo, tener presente que este funcionamiento se debe determinar primero el sentido de giro correcto de la electrobomba.

### **3.3.4 Verificación de la instalación y puesta en marcha del sistema de extracción de agua**

En esta área tendremos presente los siguientes puntos para la verificación de la instalación y puesta en marcha preliminar:

- ✓ Aislamiento del conjunto electrobomba sumergible y cable de alimentación la cual debe ser superior a 10 megaohmios como mínimo.
- ✓ Determinación del sentido de giro correcto de la electrobomba, sentido correcto ofrece mayor caudal de trabajo.
- ✓ Corriente de trabajo debe ser inferior a la corriente nominal del motor eléctrico.

### **3.4 COMPROBACION DEL RENDIMIENTO DE CAUDAL DEL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA**

#### **3.4.1 Consideraciones de ensayo**

En esta área determinaremos las condiciones para la prueba final:

- Msnm del lugar.
- Temperatura ambiente.
- Temperatura del fluido.
- Fecha de la prueba.
- Tensión de entrada al tablero.
- Nivel estático en el pozo.
- Nivel de abatimiento cuando se extraiga los 80 m<sup>3</sup>/h.

#### **3.4.2 Variables independientes y dependientes**

**Las variables independientes son:**

- Tensión de entrada al tablero eléctrico.
- El tiempo de extracción del agua.

**Las variables dependientes**

- La profundidad del nivel dinámico de agua.
- tiempo de recuperación del nivel freático

### **3.4.3 Indicadores**

En nuestra prueba final el indicador es el caudalímetro digital.

### **3.4.4 Tabla de evaluación**

Lo que buscamos es obtener un caudal de 80 m<sup>3</sup>/h, por tanto si en la medición del caudal nos arroja un error del menor igual al 5 % entonces queda aceptado el objetivo.

### **3.4.5 Protocolo de prueba**

En el apéndice se adjunta el formato del protocolo de prueba, la cual fue llenada con los datos obtenidos en la prueba y se deberá tener presente la siguiente toma de datos en las observaciones del formato:

- ✓ Voltaje de alimentación del tablero antes del arranque.
- ✓ Corriente de consumo en las tres líneas y voltaje correspondiente.
- ✓ Balance de corriente en las tres líneas.
- ✓ Registro de caudal con una frecuencia de 30 minutos.
- ✓ Frecuencia de trabajo del equipo al caudal deseado de 80 m<sup>3</sup>/h.
- ✓ Fuga en el árbol de descarga.
- ✓ Vibración o sonidos extraños durante el tiempo que dure la prueba.

### **3.4.6 Comprobación del caudal del sistema de extracción de agua**

Para la comprobación del sistema de presión constante se tomara en cuenta los parámetros hidráulicos y eléctricos, las cuales son:

- Caudal de trabajo de 80 m<sup>3</sup>/h con un margen de error de 5%.
- Sin presencia de fuga en el árbol de descarga.
- Mediciones de corriente de balanceadas con una tolerancia del 6% y corriente de consumo inferior a la corriente nominal del motor eléctrico.

## CAPÍTULO 4

### COSTOS DEL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA

#### 4.1 Determinar costo de inversión

COSTOS			
COSTOS DE MATERIALES			
accesorios	precio unitarios	cantidad	precio total
acoplamiento roscado de 5"	40	9	360
valvulacheck de 5 "	215	1	215
medidor de caudal de 5 electromagnetico"	450	1	450
valvula compuerta de 5 "	178	1	178
pernos de amarre de bridas	3	80	240
niple de 1/4"x2"	0.5	4	2
valvula de bola de 1/4"	4.5	2	9
tee de 1/4"	0.8	2	1.6
codo de 1/4"	0.7	2	1.4
manometro de 300 psi	60	2	120
union de 1/4"	0.8	2	1.6
union de 2"	2.5	1	2.5
niple de 2"x4"	2	1	2
brida de 2" de 150lbs	6.5	1	6.5
valvula de compuerta de 2"	60	1	60
valvula de aire de 2"	100	1	100
abrazadera de anclaje de 5"	40	4	160
empaquetadura de nitrilo de 1/8" para bridas	3.5	10	35
plancha porta tapa de 500mmx500mm.	80	1	80
plancha tapa 350mmx350mm.	40	1	40
TUBO DE ACERO DE 5" CEDULA 40 X 6 METROS	200	10	2000
BRIDAS SOLDABLES DE 5" 150LBS	20	7	140
codo de 5 "	12.5	1	12.5
carrete bridado en ambos extremos del tubo de 5"x 340 mm.	100	1	100
carrete bridado en ambos extremos del tubo de 5"x 400 mm.	110	1	110
carrete bridado en ambos extremos del tubo de 5"x 1000 mm.	250	1	250
bomba sumergible con motor electrico	7735	1	7735
<b>costo total de accesorios (dólares)</b>			<b>12412.1</b>

componentes eléctricos	precio unitarios	cantidad	precio total
Cable eléctrico Plano	12	62	744
Tablero eléctrico con variador de frecuencia.	6000	1	6000
kit de empalme	200	1	200
costo total de componentes eléctricos			6944

### INSTALACION DE EQUIPO DE EXTRACCION DE AGUA SUBTERRANEA

Mano de obra	DOLARES/HORAS HOMBRE	HORAS HOMBRE	precio total
Supervisor.	8	32	256
Mecánico.	5	32	160
Electricistas.	7	10	70
Contrato de instalación de terceros.			3000

TOTAL (dólares)	3486
-----------------	------

Transporte	precio total
Mobilidad de trabajadores	200
Transporte de Materiales	1250
TOTAL	1450

GASTOS ADMINISTRATIVOS	500	dólares
GASTOS OPERATIVO	300	dólares
costo total de instalación (dólares)		5736

## **4.2 DETERMINAR EL COSTO DE CICLO DE VIDA DEL SISTEMA**

El fabricante de la electrobomba recomienda una vida útil entre 10 y 20 años por tanto definimos un tiempo de vida de las instalaciones de 15 años.

Se estima una caída en la eficiencia de 5 % por año la cual es compensada con el buen mantenimiento del sistema que requiere mantenimiento cada 6000 horas; por otra parte la duración de vida de las tuberías de acero con un fluido con las características de agua de ph 7 es de 1mm por cada 10 años. La cual requiere un respectivo mantenimiento y cambios graduales de accesorios.

Ahora determinaremos el costo del ciclo de vida del sistema durante 15 años, que es su ciclo de vida y considerando un valor residual del sistema nulo al igual que su desinstalación.

Por tanto el costo del ciclo de vida simple la determinamos de la siguiente formula:

$$Lcc = Ce + Ci + Cm$$

Ci : costo inicial.

Cm: costo de mantenimiento

Ce: costo energético.

Cuyos valores la determinamos de la siguiente manera:

### **COSTO INICIAL:**

Los costes iniciales de un sistema de bombeo incluyen todo el equipo y los accesorios necesarios para que funcione el sistema.

De la tabla de lista de elementos y accesorios del sistema podremos determinar el costo inicial sumando todos los precios.

### **COSTO ENERGÉTICO:**

En la mayoría de los casos, el consumo de energía es el mayor coste dentro del ciclo vital de los sistemas de bombeo ya que, con frecuencia, las bombas funcionan durante más de 2000 horas al año.

podemos calcularlo obteniendo los kw /hr consumidos por el sistema en un periodo de 15 años considerando que el sistema funciona 10 horas por día y 310 días al año ,y la potencia promedio consumida de 27.00 kw, según el grafico 3.6.

y luego multiplicarlo por el costo por kw/hr considerando que este es de 0.114 dólar /kw.

### **COSTO DE MANTENIMIENTO:**

Los costes de mantenimiento y reparación, tal como implica su nombre, están relacionados con el mantenimiento y la reparación del sistema de bombeo, como por ejemplo: costes operativos, repuestos, transporte y limpieza.

Como estableció el fabricante un periodo de mantenimiento de 6000 horas que equivale aproximadamente cada 2 año.

En 15 años se establece realizar 7 mantenimientos, el costo por mantenimiento

La estimamos en 2300 dólares. Es decir que el costo por mantenimiento en un periodo de vida de 15 años es de  $2300 \times 7 = 16\ 100.00$  dólares.

**COSTO DEL CICLO DE VIDA**

COSTOS INICIALES	25092.1
COSTOS DE MANTENIMIENTO	16100

DATOS		
DIAS DE FUNCIONAMIENTO POR AÑO	310	DIAS/AÑO
NUMERO DE HORAS DE FUNCIONAMIENTO POR DIA	10	HORAS/DIA
PERIODO DE VIDA DEL SISTEMA	15	AÑOS
HORAS DE FUNCIONAMIENTO TOTAL EN 15 AÑOS	46500	HORAS
CONSUMO MEDIO DE POTENCIA KW	27.00	
CONSUMO EN KWH	1255500	KWH
PRECIO DÓLAR/ KW	0.114	DÓLAR/KWH

COSTO DE LA ENERGIA	143,127.00	DOLARES
---------------------	------------	---------

**LCC =184319.10 DÓLARES =129802.2 EUROS.**

**DIAGRAMA DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA**

COSTOS INICIALES	25092.1	DOLARES	17670.49	EUROS
COSTOS DE MANTENIMIENTO	16100	DOLARES	11338.03	EUROS
COSTO DE LA ENERGIA	143127.00	DOLARES	100793.65	EUROS

## DIAGRAMA DE COSTOS PERIODO 15 AÑOS

■ COSTOS INICIALES ■ COSTOS DE MANTENIMIENTO ■ COSTO DE LA ENERGIA

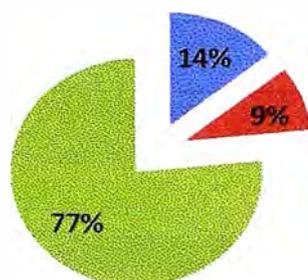


Gráfico 4.1 Diagrama que nos muestra los costos en función del lcc en un periodo de 15 años.

Ahora obtendremos tablas y diagramas que nos proporciona un software del fabricante la cual se asemeja mucho a nuestro resultado.

Tabla 4.1 reporte del costo del ciclo de vida durante 15 años

		Empresa: -
		Creado Por: -
		Teléfono: -
		Fax: -
		Datos: -
<b>Informe Cte CicloVital</b>		
<b>Requisitos:</b>	<b>Datos general:</b>	
Caudal: 87.8 m <sup>3</sup> /h	Precio energía (año): 0.08 €/kWh	n - Vida en años: 15
Capacidad anual: —		i - Tipo interés: 0.5 %
Altura: —		p - Inflación: 0 %
<b>Entrada</b>		
Sistema	<b>A: SP 77-5</b>	
	por año	total (vida)
Cte inversión inicial [€]		17670
Sistema bombeo [€]		17670
Inversión futura [€]		
Cte instalación/puesta en marcha [€]		
Cte energía [€]	7709	111128
Consumo energía [kWh/€]	25358	
Energía especif [kWh/m <sup>3</sup> ]		
Cambio rendimiento por año [%/Año]		
Costes funcion [€/Año]		
[€/Año]	809	11663
Cte mantenim. rutinario [€/Año]	509	
Cte reparación [€/Año]		
Otros costes/año [€/Año]		
Ctes pérdidas/paradas de producción [€/Año]		
Coste ambiental [€]		
Coste desmontaje y reciclaje [€]		
<b>Salida</b>		
<b>Valor neto LCC [€]</b>		140461
del cual los costes energ. son [€]		111128
y el coste mantenim es [€]		11663
del cual cte energía neto actual % es [%]		79.1
y cte mantenimiento % es [%]		8.3

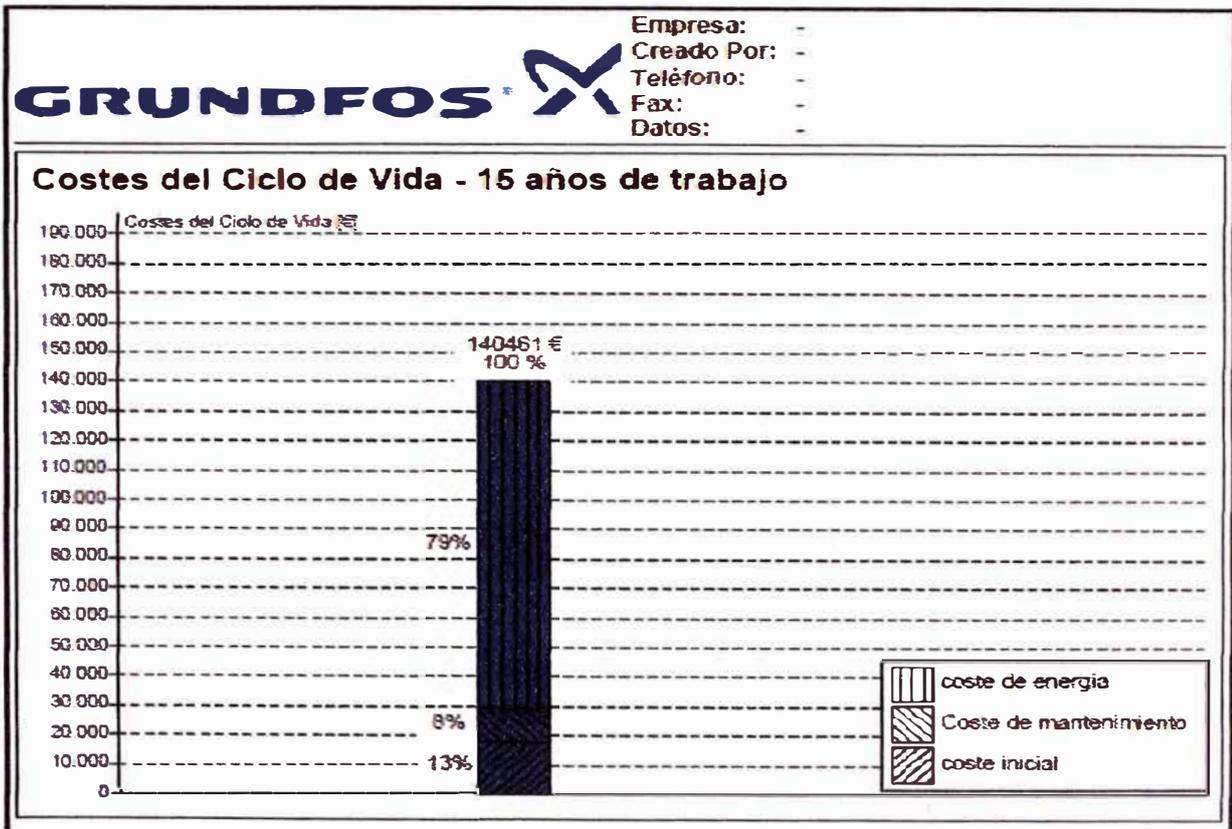


Grafico 4.2 Grafico de barras de Costos del ciclo de vida en un periodo de 15 años

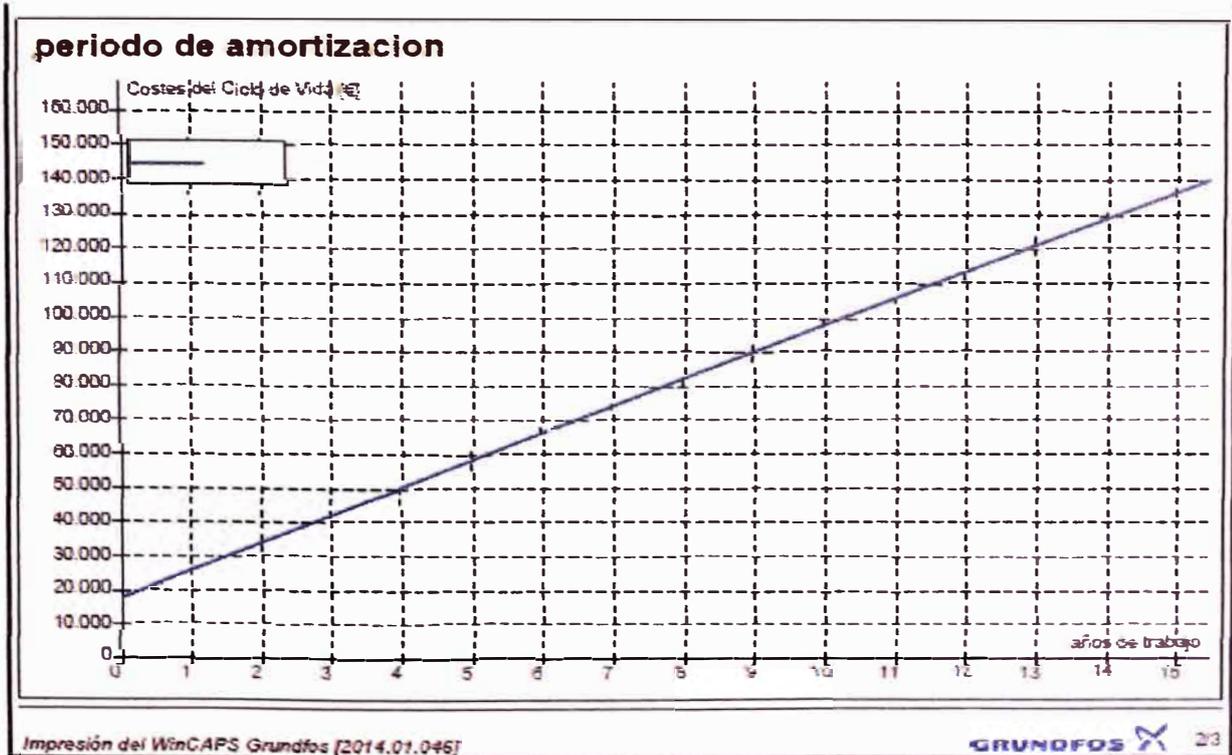


Gráfico 4.3 Grafico de periodo de amortización

#### 4.3 Verificación del costo de la implementación del sistema de extracción de agua

Teniendo en cuenta los parámetros calculados podemos verificar la solvencia del sistema, teniendo presente los siguientes parámetros:

- Costo de ciclo de vida del sistema (LCC) = 184319.1 DÓLARES
- Periodo de vida útil del sistema (T) = 15 años.
- Flujo entregado del sistema (Q) = 80 m<sup>3</sup>/hr
- Horas de funcionamiento total del sistema durante la vida útil.= 46 500 horas.

De los parámetros anteriores se determina el costo por m<sup>3</sup> de agua extraída es de **0.049 dólar /m<sup>3</sup>** en cuanto al sistema se refiere.

## CONCLUSIÓN

1. En el sistema de extracción de agua subterránea se obtiene un caudal de 80 m<sup>3</sup>/h mediante la utilización de un caudalímetro Digital.
2. Las pruebas hidráulicas y eléctricas se realizaron en presencia del cliente quedando conforme con el servicio.
3. El costo del metro cubico de agua extraída durante un periodo de 15 años es de 0.14 soles, no incluye el trabajo previo del pozo tubular, el cual se estima un costo adicional de 0.07 soles por m<sup>3</sup>.

## **RECOMENDACIONES**

1. Recibir capacitación de mantenimientos mínimos al personal de operaciones, para asegura el buen Funcionamiento y larga vida del equipo de bombeo.
2. Suministrar al personal de operaciones del equipo sumergible de bombeo una vez terminado el trabajo, herramientas para el monitoreo del sistema y tener un registro del sistema.
3. Realizar programa de mantenimiento preventivo cada 6000 horas de funcionamiento y reportar anomalías durante este periodo de funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Manual de Bombeo, Grundfos Management a/s 2004
2. Manual de Ingeniería SP, Grundfos Management a/s 2004
3. Diseño de Tuberías para Plantas de Proceso, Howard e. Rase, editor blume 1973
4. Bombas Selección y Mantenimiento, kenneth Mc Naughton, Publicación 09.08.1993
5. Bombas Centrifugas y Turbo Compresores, Carl Pfeleiderer, Editor Labor, 1960.
6. Catálogo de Válvula de Aire Vamex SA
7. Guía de Selección de Válvula de Retención Urbaca.
8. El costo del ciclo de vida en las bombas, Inigo Sanz Fernandes, Edición 2003
9. <http://net.grundfos.com/Api/WebCAPS/custom?userid=BGA> - WEBCAPS SOFTWARE
10. [http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/downloads/bge/engineering-manual\\_bge.pdf](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/downloads/bge/engineering-manual_bge.pdf) - manual de ingeniería
11. <http://www.gomezroco.com.ar/sources/pdf/grundfos/sp.pdf> - catalogo bomba sumergible
12. [http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/downloads/bge/sewage-handbook\\_bge.pdf](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/downloads/bge/sewage-handbook_bge.pdf) - Manual de bombeo
13. <http://franklinlinkmx.files.wordpress.com/2011/08/m1311-60-hz-aim-manual-06-11-sp.pdf> - Motores sumergible Franklin

## **APÉNDICE**

1. Esquema de ubicación de pozo subterráneo.
2. Esquema de instalación del sistema de extracción de agua.
3. Prueba de aforo del pozo subterráneo.
4. Monograma de pérdidas en tuberías de diferentes materiales.
5. Protocolo de puesta en marcha.
6. Data Sheet de la bomba SP 77-5.
7. Data Sheet del motor sumergible de 40 HP.

CARRETERA CASMA - HUARAZ

Mejia Caballero Magaly J

Colonia Aranibar Maximo

Marcelo Roriguez Brigido

Moreno De Tamara Catalina F

POZO PROYECTADO Nº 2  
E 805.735.00, N 8°954.733.00  
Cota=185.874 msnm  
Q=22.22l/s, h=85m

Luna Goñi Maximo

04649

119470

hf=7.526m

PVC NTP ISO 4422, Ø 160mm PN5, S-20  
L=420.00 ml

DMM

Cf=191.10

BM2

Reservorio  
V=2592 m<sup>3</sup>

Cc=193.40

R12

BM1

8954750

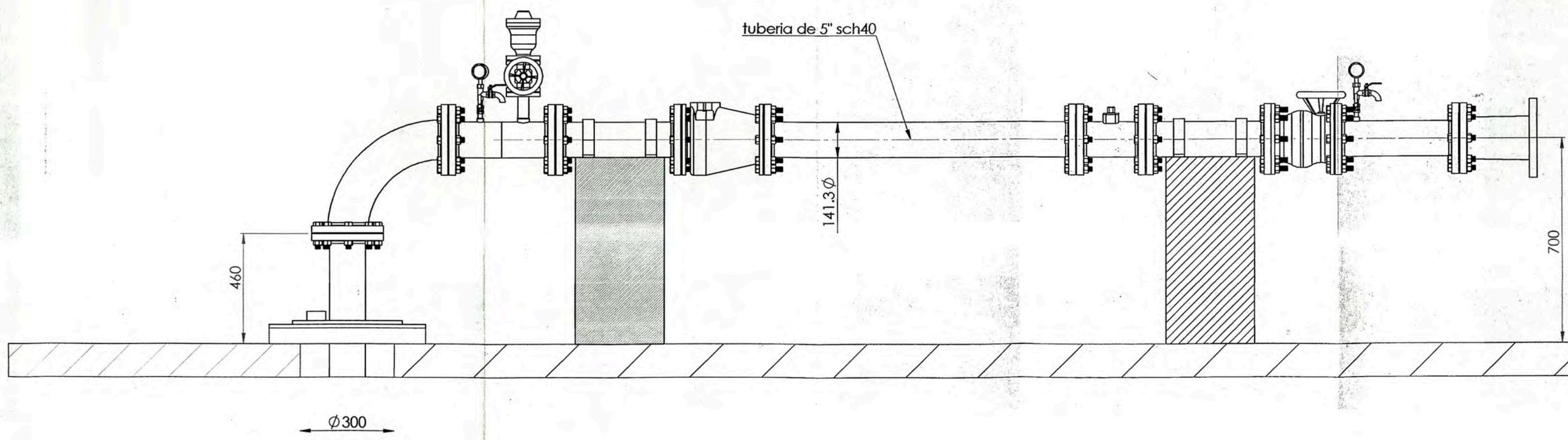
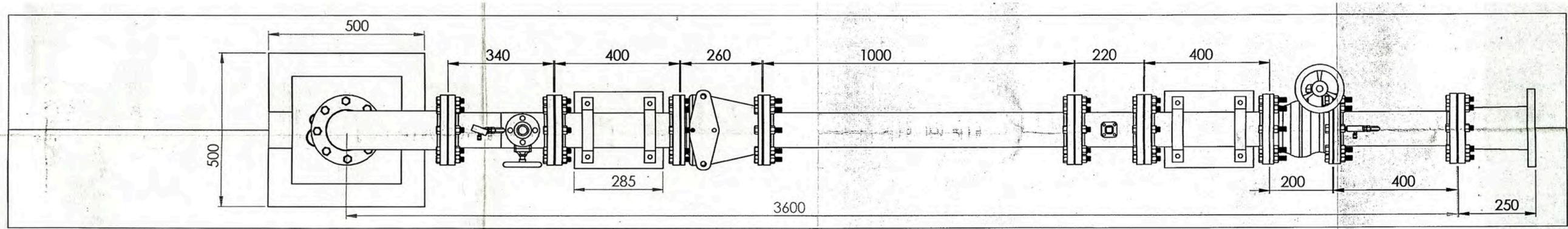
04641

Pz2

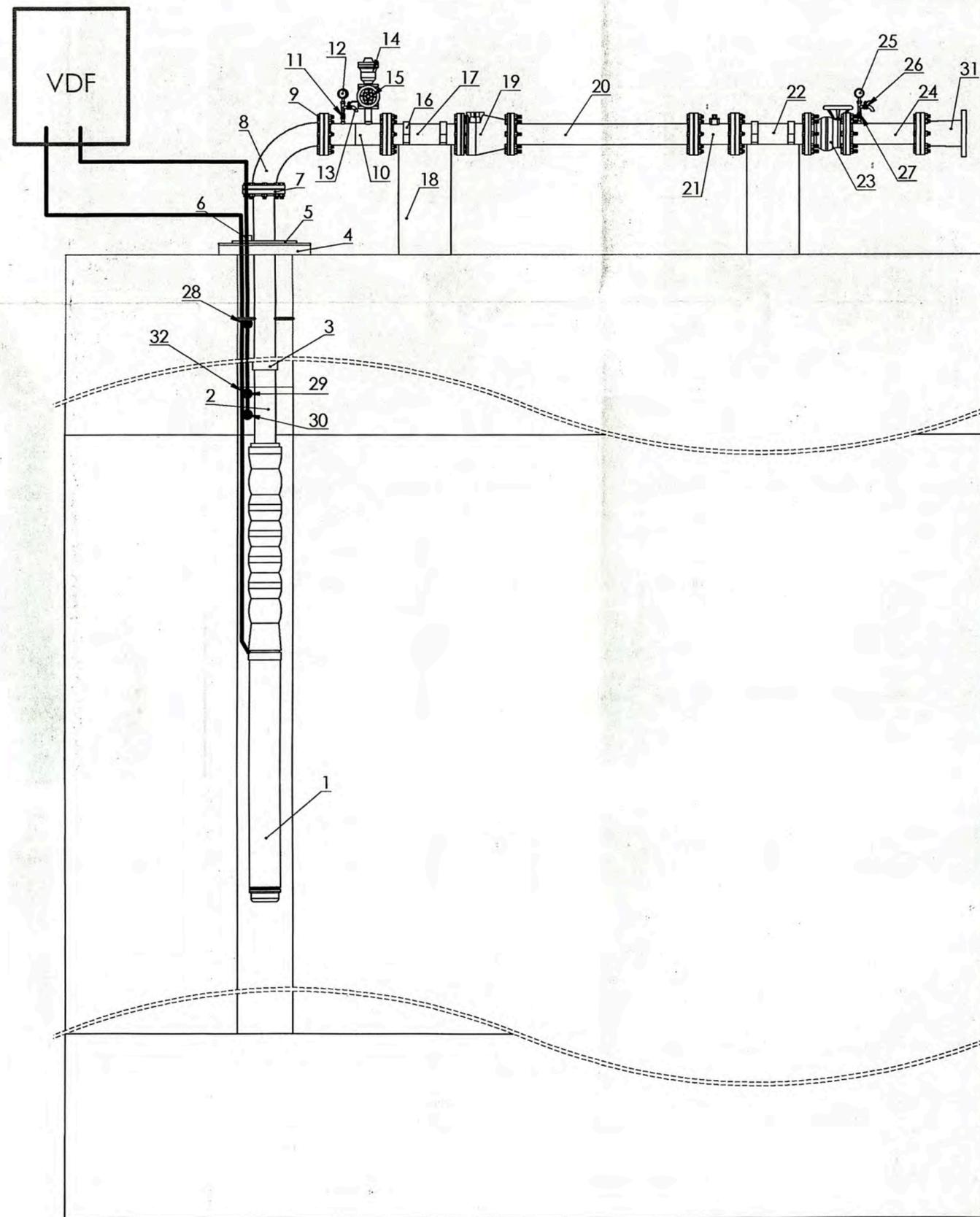
119201

04647

ESQUEMA DE UBICACION DEL POZO TUBULAR

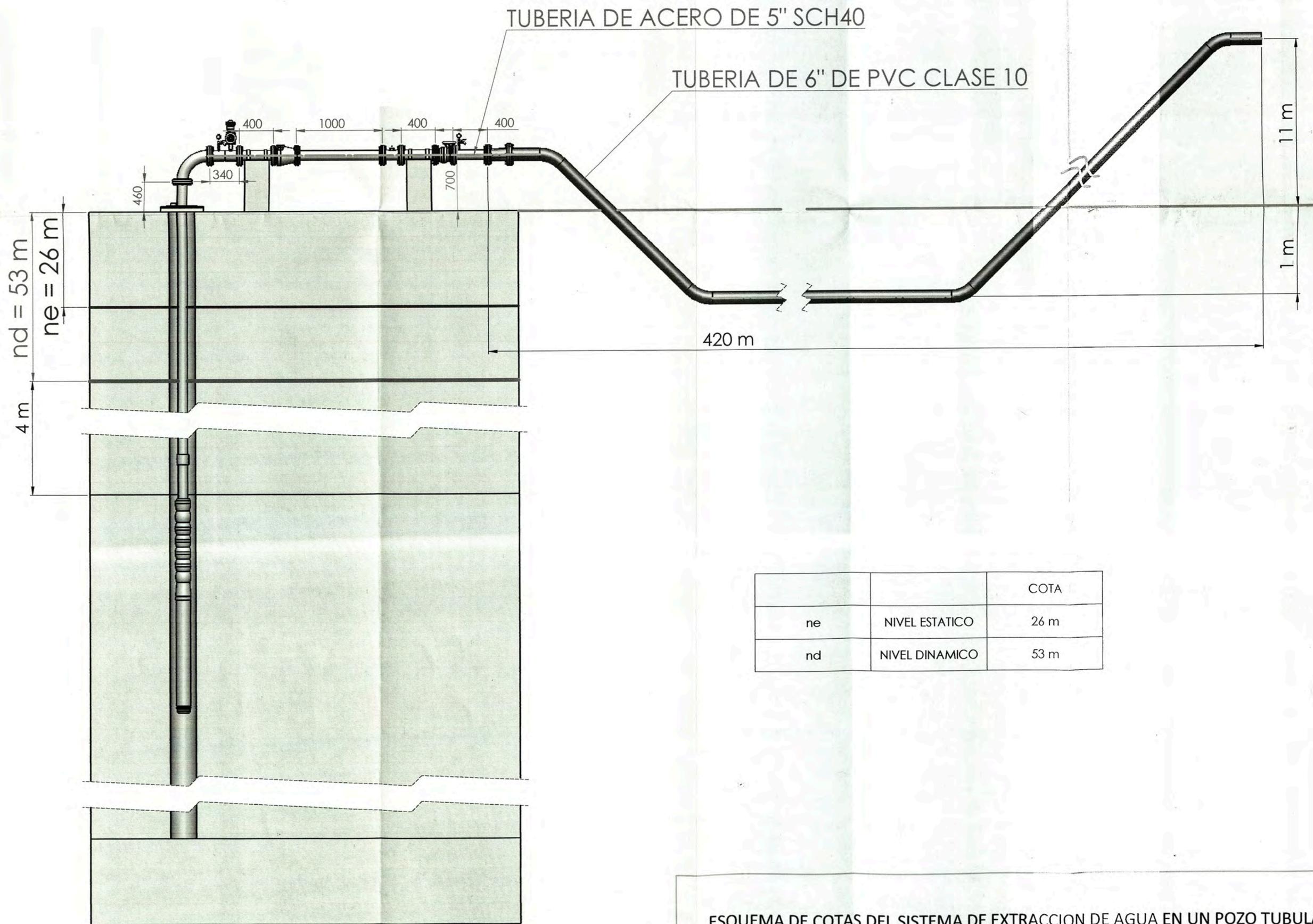


ESQUEMA DE ACOTADO DE LINEA DE EXTRACCION DE AGUA SUBTERRANEA



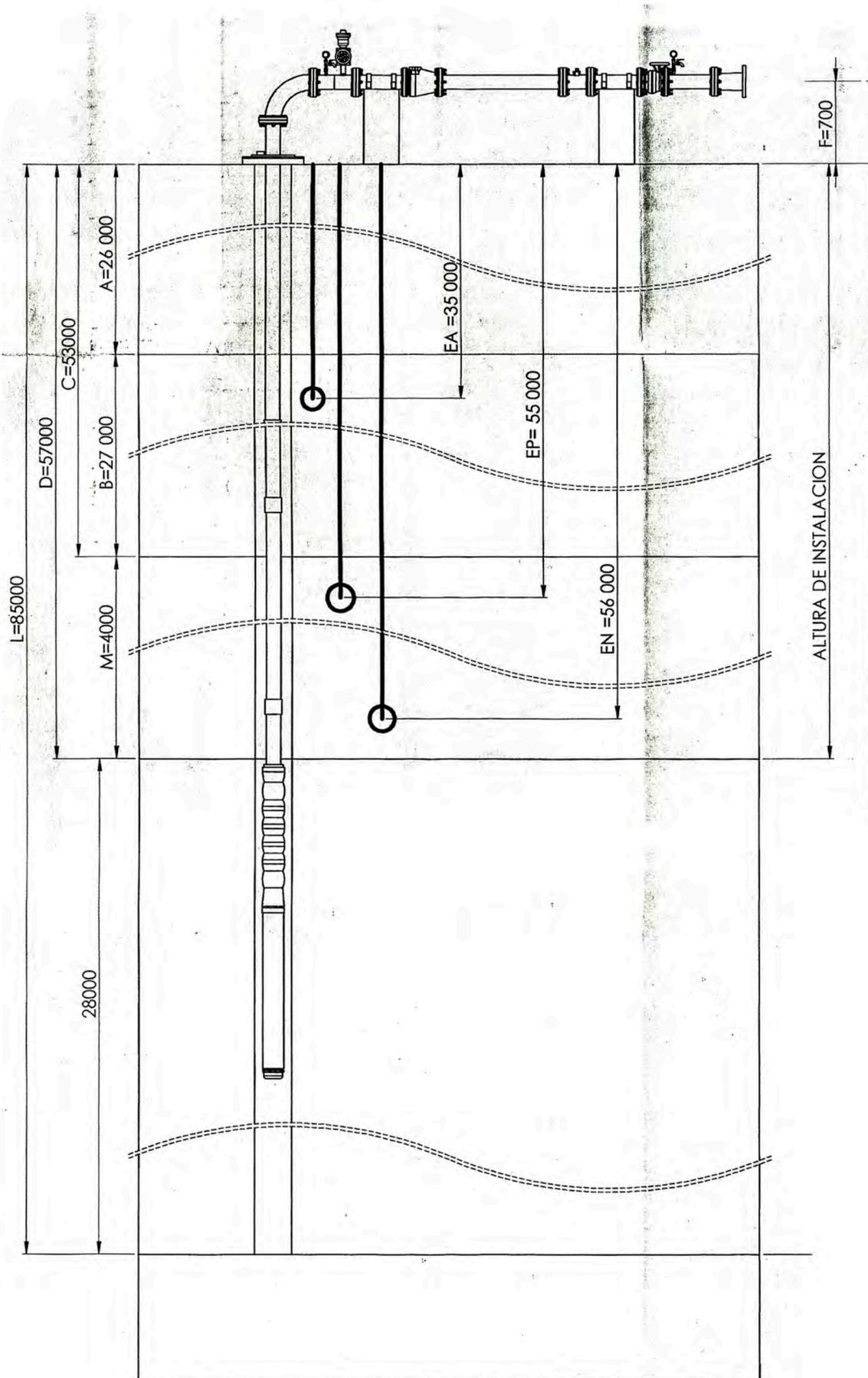
n° de elemento	componente
1	BOMBA SUMERGIBLE
2	TUBERIA DE 5" SCH 40
3	UNION ROSCADA DE 5"
4	PORTA TAPA 500mmx500mm.
5	TAPA DE 350 X350mm.
6	ACCESOS DE ELECTRODOS
7	BRIDA DE 5" DE 150 LBS
8	CODO BRIDADO DE 5"
9	PERNO DE AMARRE DE 3/4"x4"
10	CARRETE DE TUBO DE 5"x 340mm.
11	VALVULA DE BOLA 1/4"
12	MANOMETRO DE 150 PSI
13	CAÑERIA DE 1/4"
14	VALVULA DE AIRE DE 2"
15	VALVULA COMPUERTA DE 2"
16	ABRAZADERA DE ANCLAJE DE 5"
17	CARRETE DE TUBO DE 5"x400mm.
18	SOPORTE COLUMNA DE CONCRETO
19	VALVULA CHECK DE 5"
20	CARRETE DE TUBO DE 5"x1000mm.
21	MEDIDOR DE FLUJO
22	CARRETE DE TUBO DE 5"x400mm.
23	VALVULA COMPUERTA DE 5 "
24	CARRETE DE TUBO DE 5"x400mm.
25	MANOMETRO DE 150 PSI
26	CANERIA DE 1/4"
27	VALVULA DE BOLA 1/4"
28	ELECTRODO NIVEL ESTATICO
29	ELECTRODO NIVEL DINAMICO
30	ELECTRODO TIERRA
31	REDUCTOR DE 5" a 6"
32	CABLE DE ALIMENTACION ELECTRICA

ESQUEMA DE INSTALACION DEL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA SUBTERRANEA



		COTA
ne	NIVEL ESTATICO	26 m
nd	NIVEL DINAMICO	53 m

ESQUEMA DE COTAS DEL SISTEMA DE EXTRACCION DE AGUA EN UN POZO TUBULAR



COTAS EN INSTALACION DE ELECTROBOMBA SUMERGIBLE		
		COTAS
A	NIVEL ESTATICO DEL AGUA	26 m
B	ABATIMIENTO	27 m
C	NIVEL DINAMICO DEL AGUA	53 m
M	SUMERGENCIA DE LA ELECTROBOMBA	4 m
D	PROFUNDIDAD DE INSTALACION DE LA ELECTROBOMBA	57 m
F	ALTURA ESTATICA DE ELEVACION	0.7 m
L	PROFUNDIDAD DEL POZO	85 m

COTAS DE ELECTRODOS EN INSTALACION DE ELECTROBOMBA SUMERGIBLE		
		COTAS
EA	ELECTRODO DE ARRANQUE	35 m
EP	ELECTRODO DE PARADA	55 m
EN	ELECTRODO NEUTRO	56 m

ESQUEMA DE INSTALACION DE LA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE EN EL POZO TUBULAR

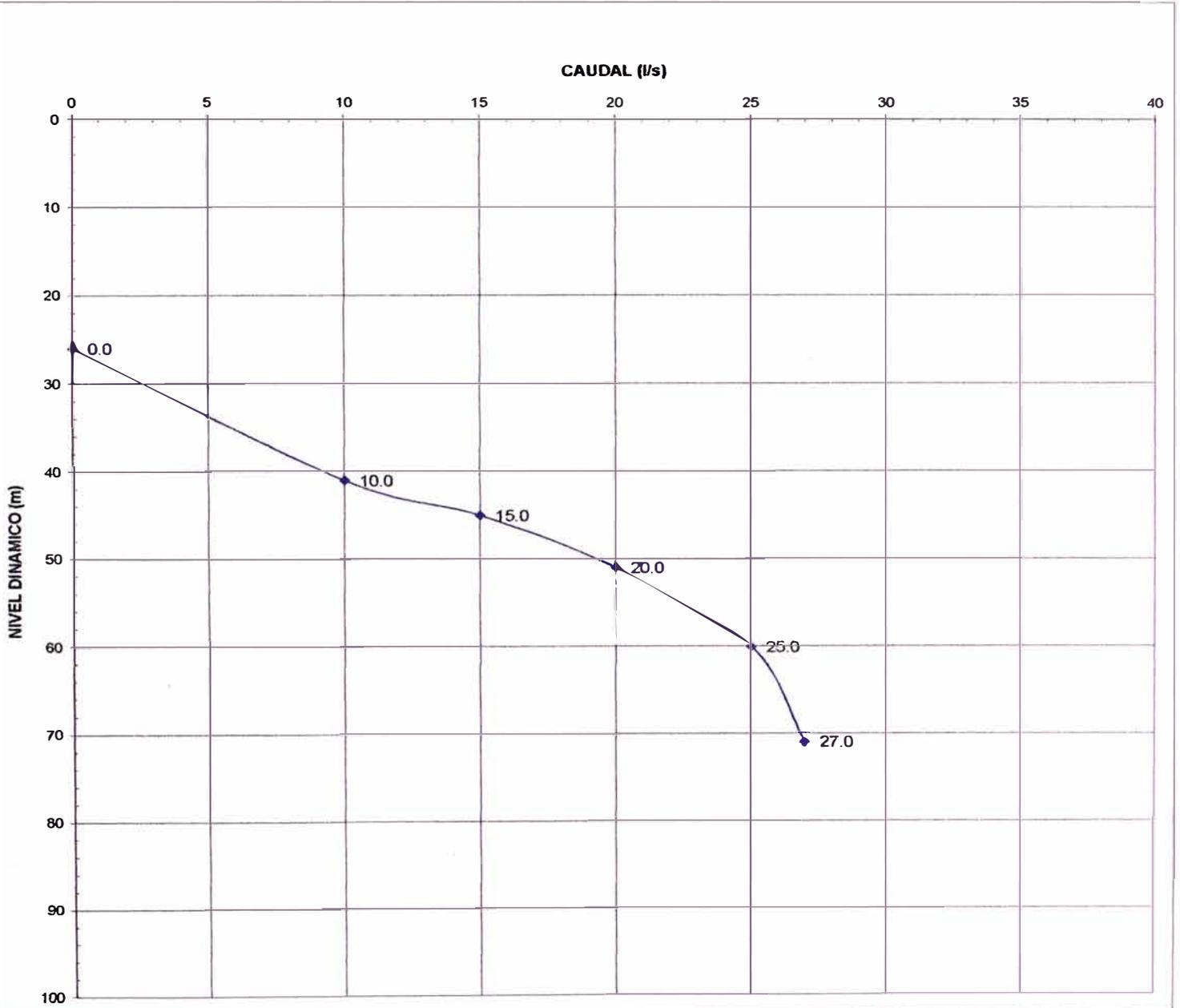
## **1.0 ESQUEMA D E UBICACIÓN DE POZO**

## **2.0 ESQUEMA DE INSTALACION DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUA.**

### **3.0 PRUEBA DE AFORO DEL POZO SUBTERRANEO.**

# PRUEBA DE RENDIMIENTO

DEPARTAMENTO	: <b>ANCASH</b>	CLIENTE	<b>MEN WORKING E.I.R.L.</b>
PROVINCIA	: <b>CASMA</b>	Fecha de prueba de Rendimiento	: <b>16/08/2010</b>
DISTRITO	: <b>BUENAVISTA</b>	Altura P.R./Suelo en m	: <b>0.50</b>
NOMBRE DEL POZO	: <b>POZO TOMA GRANDE II</b>	Profundidad del Agua al inicio en m	: <b>26.00</b>
Curva establecida por	: <b>Sr. Pablo Vasquez</b>	Espesor del acuífero atravesado en m	:
Interpretada por	: <b>Sr. Leopoldo Gomez</b>	Caudal Recomendable en l/s	: <b>23.00</b> Nivel Dinámico en m : <b>53.00</b>



REGIMEN	CAUDAL Q(l/s)	N. D. (m)	TIEMPO (hr)
N. Estático	0.0	26.00	0.0
1°	10.0	41.00	4.5
2°	15.0	45.00	13.5
3°	20.0	51.00	20.5
4°	25.0	60.00	27.5

#### **4.0 MONOGRAMA DE PERDIDAS EN TUBERIAS DE DIFERENTES MATERIALES**

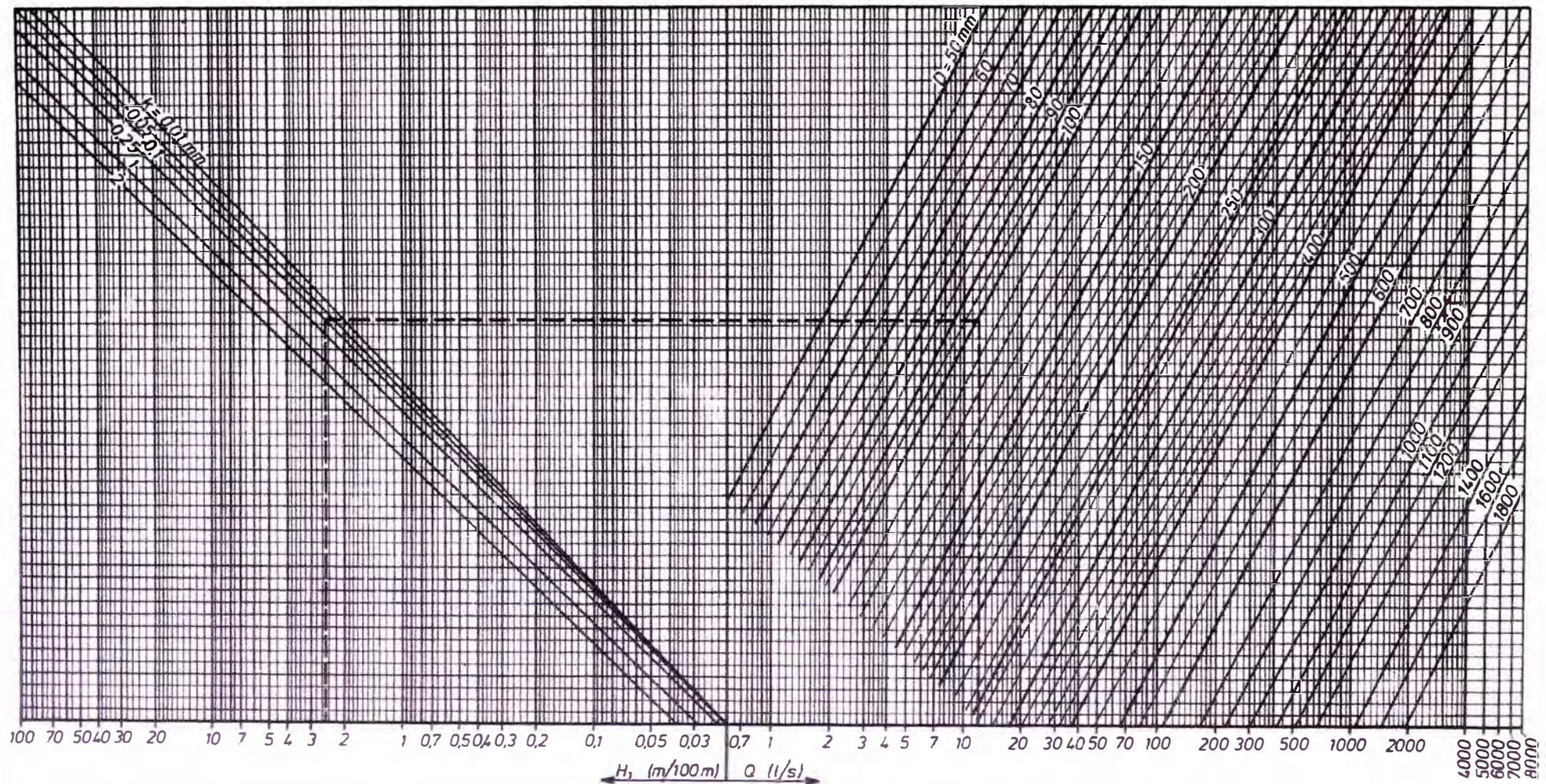
# Nomograma para pérdidas en tuberías, agua limpia a 20°C

## Valores orientativos de rugosidad superficial (k) para tuberías

Material de la Tubería	Tubería nueva k (mm)	Tubería vieja k (mm)
plástico	0,01	0,25
acero estirado	0,05	1,0
acero soldado	0,1	1,0
acero inoxidable estirado	0,05	0,25
acero inoxidable soldado	0,1	0,25
fundición	0,25	1,0
acero galvanizado	0,15	
fundición bituminada	0,12	
hormigón	0,3...2,0	
amianto-cemento	0,025	

Q = Caudal, l/s  
 D = Diámetro interior de la tubería, mm  
 k = Rugosidad superficial, mm  
 $H_{j\pi}$  = Pérdidas en la tubería, m/100 m

Ejemplo  
 Q = 12 l/s  
 D = 100 mm  
 k = 0,01 mm  
 $H_{j\pi}$  = 2,5 m / 100 m



**5.0 PROTOCOLO DE PUESTA EN MARCHA.**

## REPORTE SERVICIO PUESTA EN MARCHA

FECHA: 03/12/10

DATOS DEL CLIENTE		TIPO SERVICIO	
Cliente	Servicio Generales Man Working E.I.R.L.	Instalación	X
Pers. contacto	Giraldo Castillo Orcoñ	P. Servicio	X
Cargo		Mantenimiento	
Dirección	Buenavista - Casma	Evaluación	
Teléfono / Fax	Referencia: Poro Yoma Grande II	Reparación	

### 1. Descripción y Datos del Equipo

BOMBA				MOTOR			
Marca	Junceljo	Parámetros	Nom. Ope.	Marca	Junceljo	Potencia	40HP
Tipo		Caudal (Lps)	21.4 22	Procedencia	Dinamarca	Sistema / Frec.	3~ 60Hz
Modelo	SP 77-5	Altura Bom. (m)	102 75	Tipo	MS 6000	Voltaje	460V
Serie	16303605	Presión (PSI)		Serie		Amp. Nom / Max	60A
Descarga	5" NPT	Tub. Succ/Desc		Cat. Nº		RPM	3450
Sello		Material de Tub.		Diám. / F.Serv.	6" x 1.15	COSφ	0.85

### 2. Inspección Trabajos y mediciones Realizadas

I Mecánicos:				II Eléctricos			
Antes Del Arranque		Después del arranque		Antes Del Arranque		Después del arranque	
Nivel estático	26	Nivel estático	26	Voltaje Vacío	450V	Voltaje Vacío	451V
Nivel dinámico	-	Nivel dinámico	53		-	Amperaje(A)	-
Presión	0	Presión	21 PSI	Aislamiento: Motor	+700 Mu	Aislamiento: Motor	+700 Mu

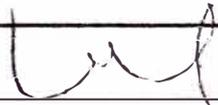
### 3. Observaciones

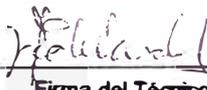
Fecha Puesta en Marcha del Equipo:	Fecha de Paralización:	Horas de Operación:
1.0	Caudalímetro digital	30.5 m³/h
2.0	Corriente de consumo variable en promedio	42.5A, 43A, 44A
3.0	Voltaje de consumo:	450V, 447V, 451V
4.0	Presión de Turbaya en superficie	22 PSI
5.0	Sistema de ventilación forzada aspirativa	
6.0	Sistema de control de nivel contra fluctuaciones en succ aspirativo	
7.0	Tiempo de recuperación de Nivel Estático	10 minutos

**REMAVISA**  
John Huamantupa Orcoñ  
VENTAS Y SERVICIOS  
Rep. 5-26 del 2010

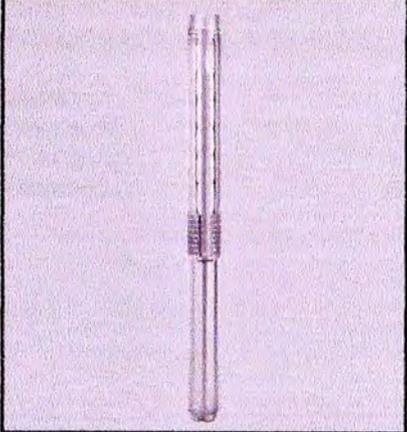
### 4. Datos del Servicio Realizado

Día	Descripción del Trabajo	Hrs. Viaje	Hrs. Trabajo

  
Firma del Cliente  
Nombre: GIRALDO CASTILLO

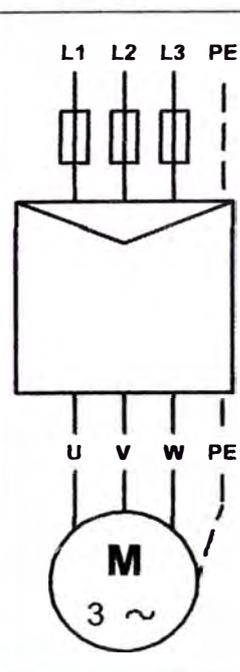
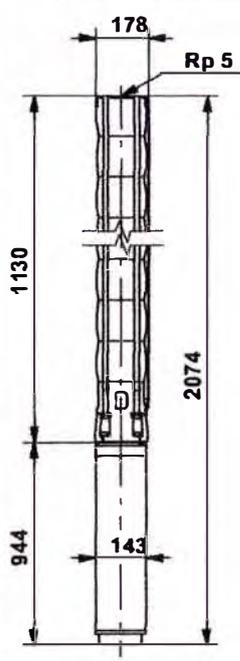
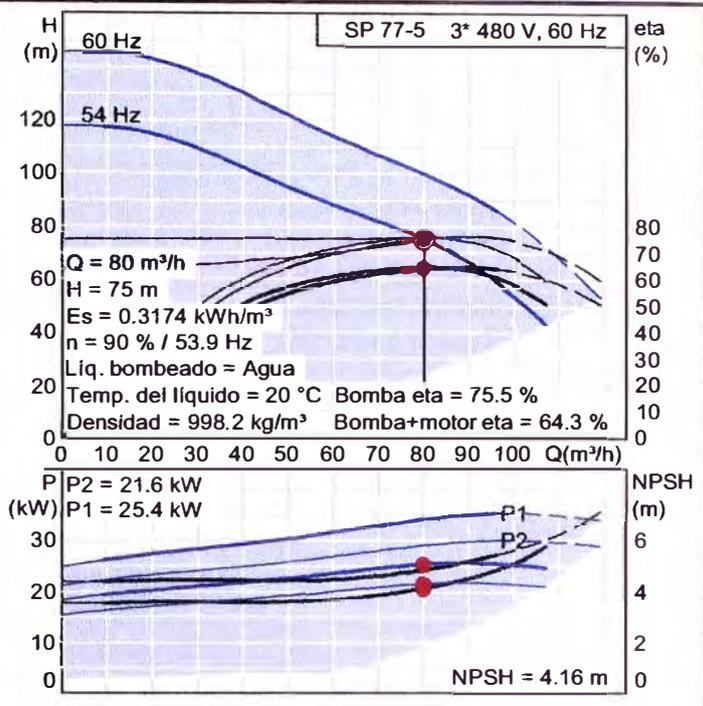
  
Firma del Técnico  
Nombre: Eduardo Nuñez Salas

## 6.0 DATA SHEET DE LA BOMBA SP 77-5.

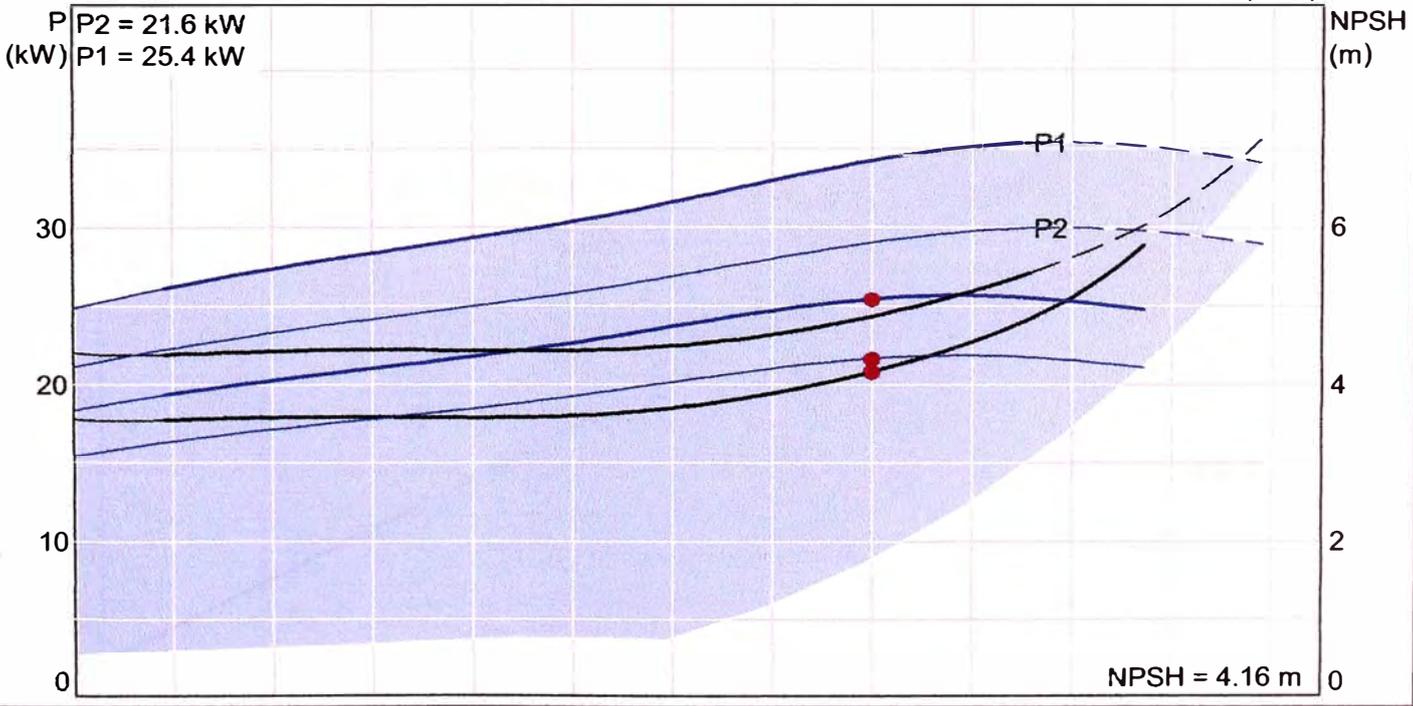
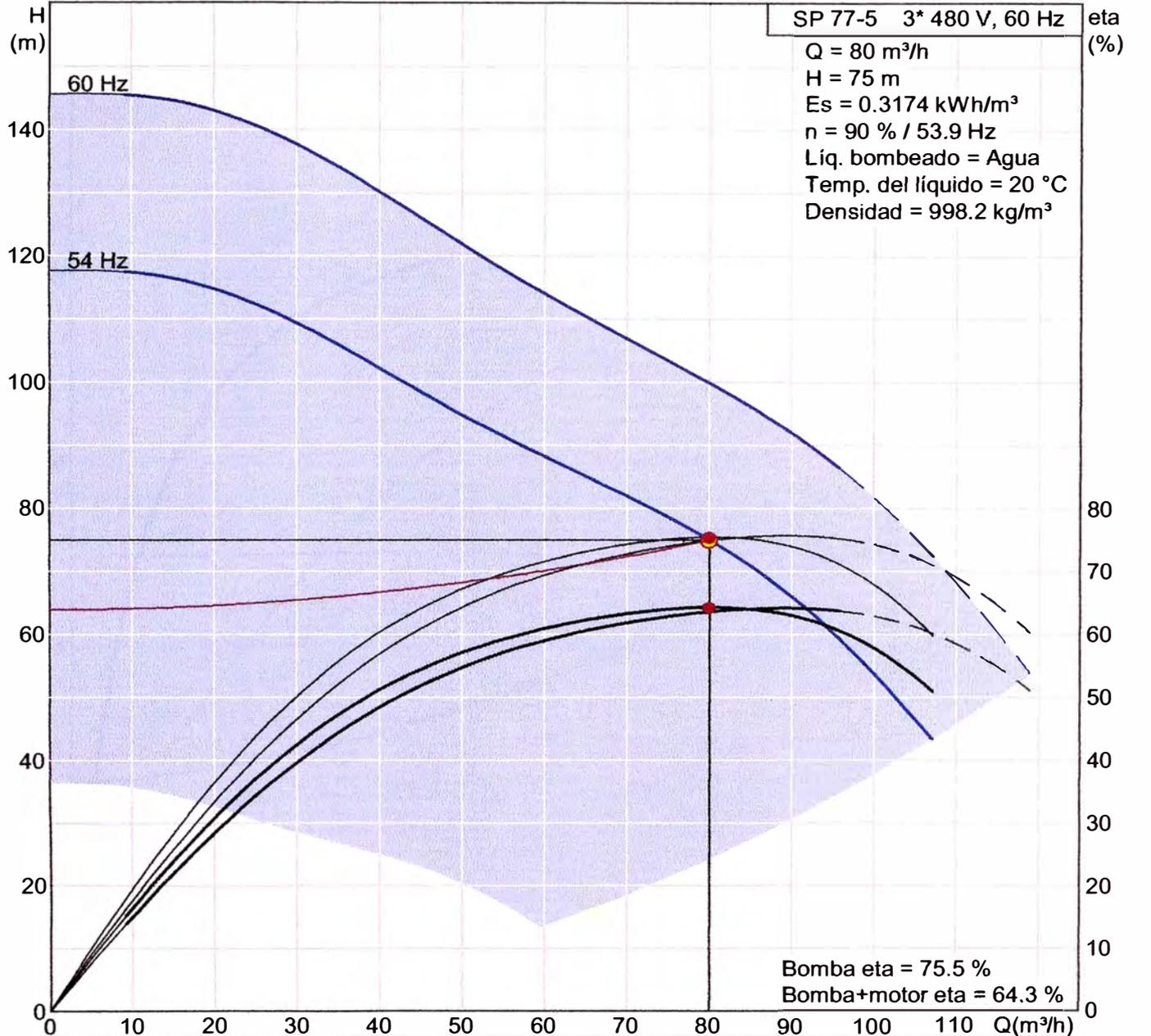
Posición	Contar	Descripción	Precio unit
	1	<p data-bbox="296 159 395 190"><b>SP 77-5</b></p>  <p data-bbox="708 607 1235 638">Advertencia! la foto puede diferir del actual producto</p> <p data-bbox="296 660 871 808">Código: 16B03605 Bomba sumergible multicelular para suministro de agua sin tratar, descenso del nivel freático aumento de presión. La bomba es adecuada para aplicaciones con líquidos agresivos.</p> <p data-bbox="296 835 1086 866">Toda la bomba es de Acero inoxidable DIN W.-Nr. DIN W.-Nr. 1.4301.</p> <p data-bbox="296 896 820 1010">El motor es un motor 3-fásico del tipo encapsulado con protección contra arena, cojinetes lubricados por el líquido y diafragma compensadora de presión.</p> <p data-bbox="296 1039 400 1070"><b>Líquido:</b></p> <p data-bbox="296 1070 820 1189">Líquido bombeado: Agua Temp. líquido máx. a 0.15 m/seg: 30 °C Temp. líquido: 20 °C Densidad: 998.2 kg/m³</p> <p data-bbox="296 1218 400 1249"><b>Técnico:</b></p> <p data-bbox="296 1249 852 1391">Velocidad para datos de bomba: 3450 rpm Caudal real calculado: 92 m³/h Altura resultante de la bomba: 90.1 m Cierre mecánico del motor: CER/CARBON Tolerancia de curva: ISO9906</p> <p data-bbox="296 1420 432 1451"><b>Materiales:</b></p> <p data-bbox="296 1451 890 1704">Bomba: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304 Impulsor: Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304 Motor: Acero inox. DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304</p> <p data-bbox="296 1733 440 1765"><b>Instalación:</b></p> <p data-bbox="296 1765 751 1827">Descarga: Rp 5 Diámetro del motor: 6 inch</p> <p data-bbox="296 1856 504 1888"><b>Datos eléctricos:</b></p> <p data-bbox="296 1888 919 2141">Tipo de motor: MS6000 Potencia nominal - P2: 26 kW Frecuencia de alimentación: 60 Hz Tensión nominal: 3 x 440-460-480 V Tipo de arranque: directo Factor de trabajo: 1,15 Corriente nominal: 57,5-55,5-54,5 A Cos phi - Factor de potencia: 0,87-0,85-0,82 Velocidad nominal: 3440-3460-3480 rpm</p>	Precio bajo pedido

Posición	Contar	Descripción	Precio unit
		Grado de protección (IEC 34-5): 68 Clase de aislamiento (IEC 85): F Transmisor de temp. incorporado: si  <b>Otros:</b> Peso neto: 117 kg Peso bruto: 135 kg Volumen: 0.16 m3	

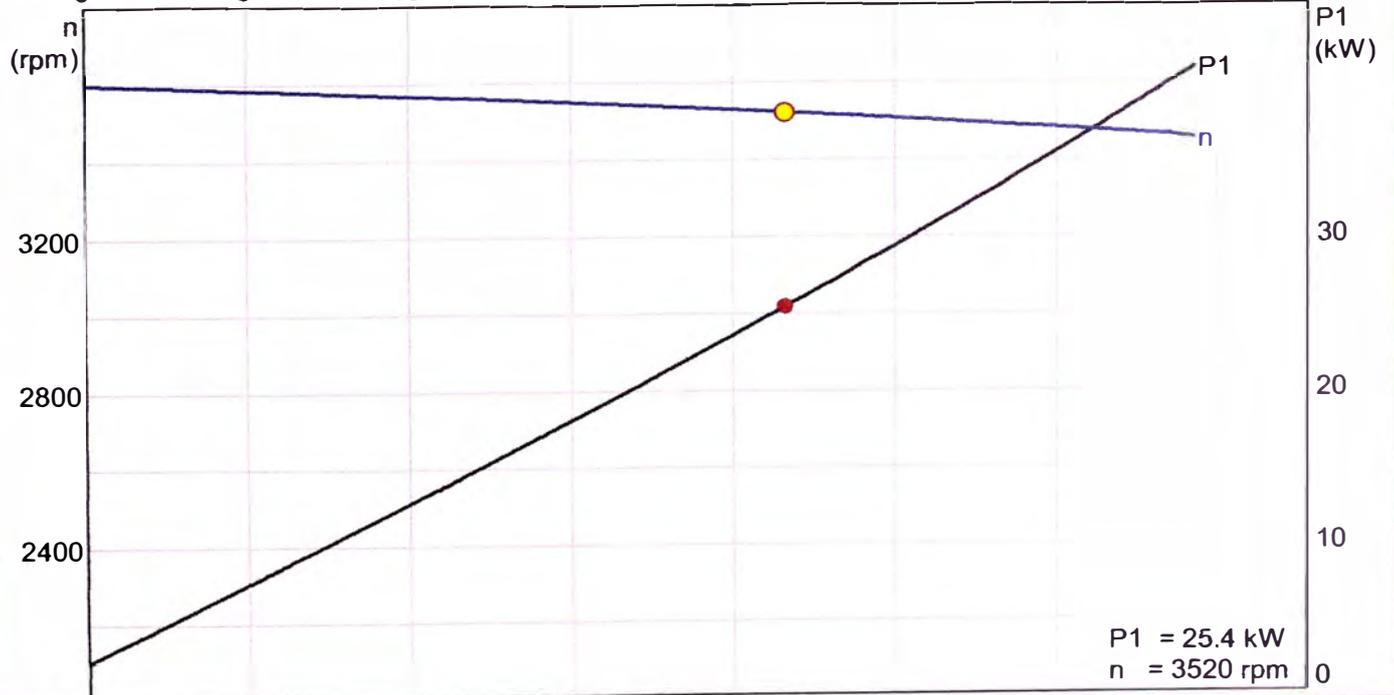
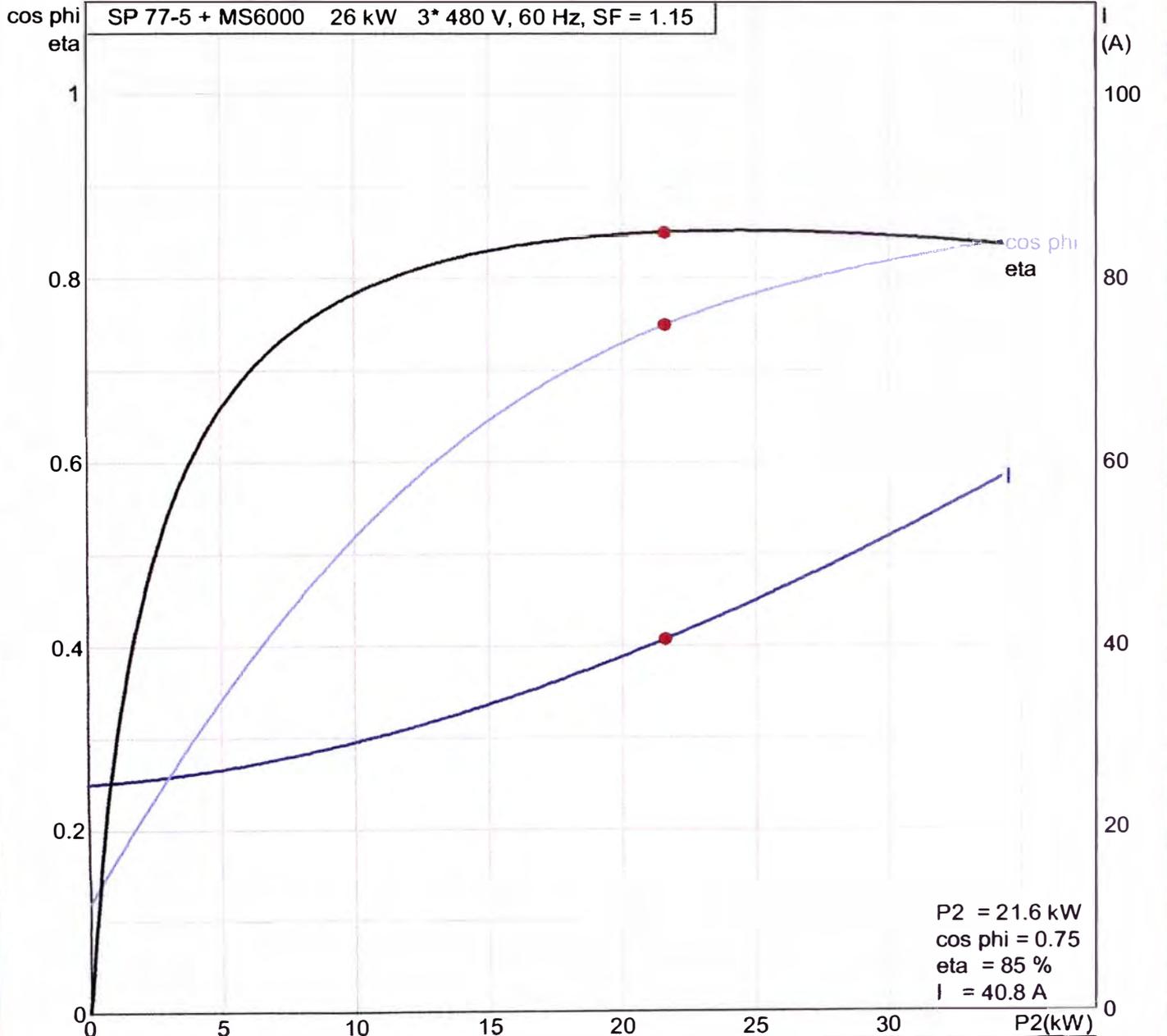
Descripción	Valor
Código:	SP 77-5 16B03605 5700391521546
Técnico:	
Velocidad para datos de bomba:	3450 rpm
Caudal real calculado:	80 m <sup>3</sup> /h
Altura resultante de la bomba:	75 m
Cierre mecánico del motor:	CER/CARBON
Tolerancia de curva:	ISO9906
Bomba N°:	16B00005
Etapas:	5
Modelo:	C
Válvula:	bomba con válvula de retención integrada
<b>Materiales:</b>	
Bomba:	Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Impulsor:	Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Motor:	Acero inox. DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
<b>Instalación:</b>	
Descarga:	Rp 5
Diámetro del motor:	6 inch
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Agua
Temp. líquido máx. a 0.15 m/seg:	30 °C
Temp. líquido:	20 °C
Densidad:	998.2 kg/m <sup>3</sup>
<b>Datos eléctricos:</b>	
Tipo de motor:	MS6000
Applic. motor:	NEMA
Potencia nominal - P2:	26 kW
Frecuencia de alimentación:	60 Hz
Tensión nominal:	3 x 440-460-480 V
Tipo de arranque:	directo
Factor de trabajo:	1,15
Corriente nominal:	57,5-55,5-54,5 A
Cos phi - Factor de potencia:	0,87-0,85-0,82
Velocidad nominal:	3440-3460-3480 rpm
Grado de protección (IEC 34-5):	68
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección del motor:	None
Protección térmica:	exterior
Transmisor de temp. incorporado:	sí
Motor N°:	78195519
<b>Otros:</b>	
Peso neto:	117 kg
Peso bruto:	135 kg
Volumen:	0.16 m <sup>3</sup>

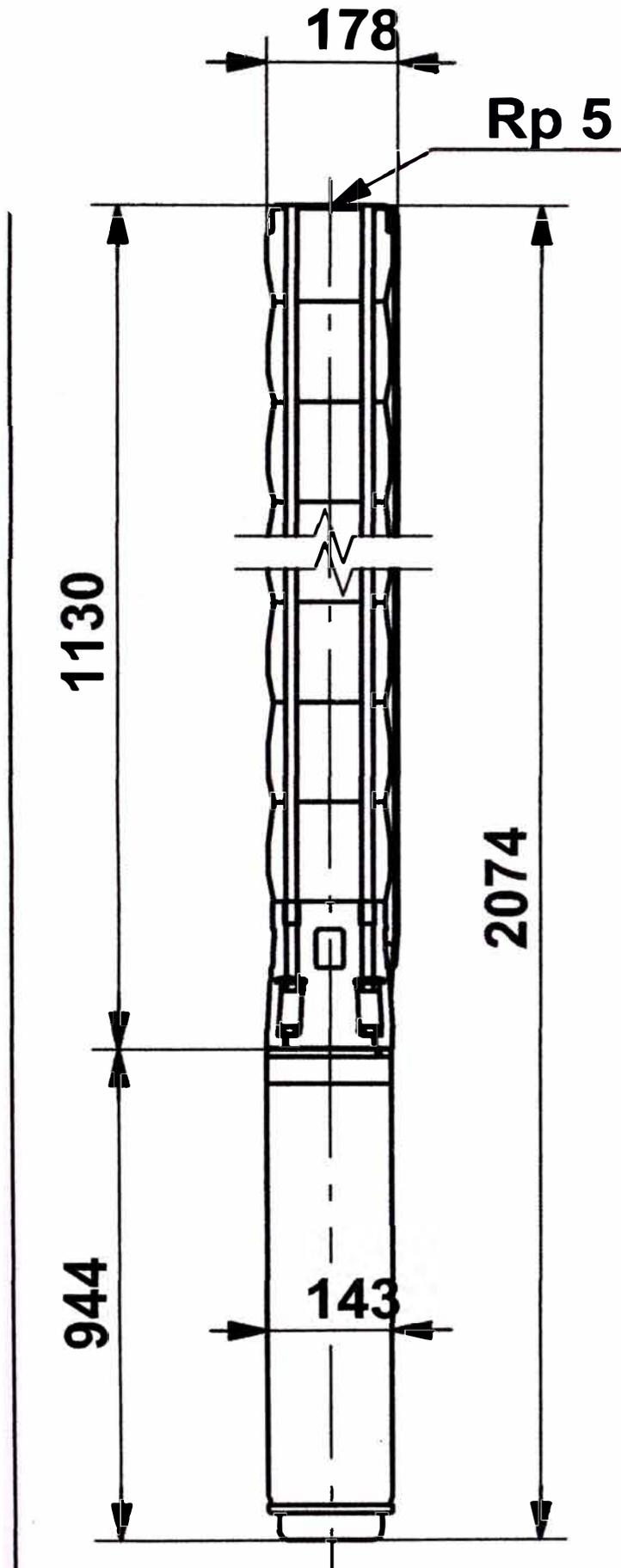


**16B03605 SP 77-5 60 Hz**

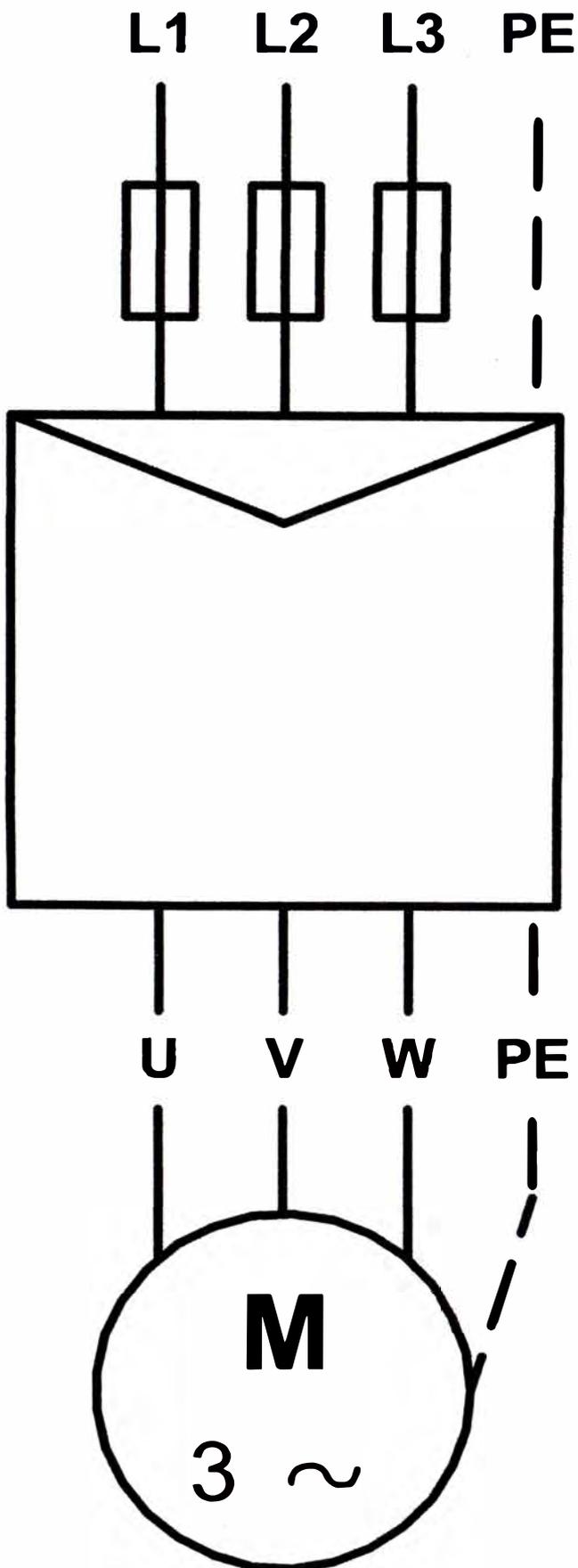


# 16B03605 SP 77-5 60 Hz





Nota: Todas las unidades están en [mm] a menos que se establezcan otras.

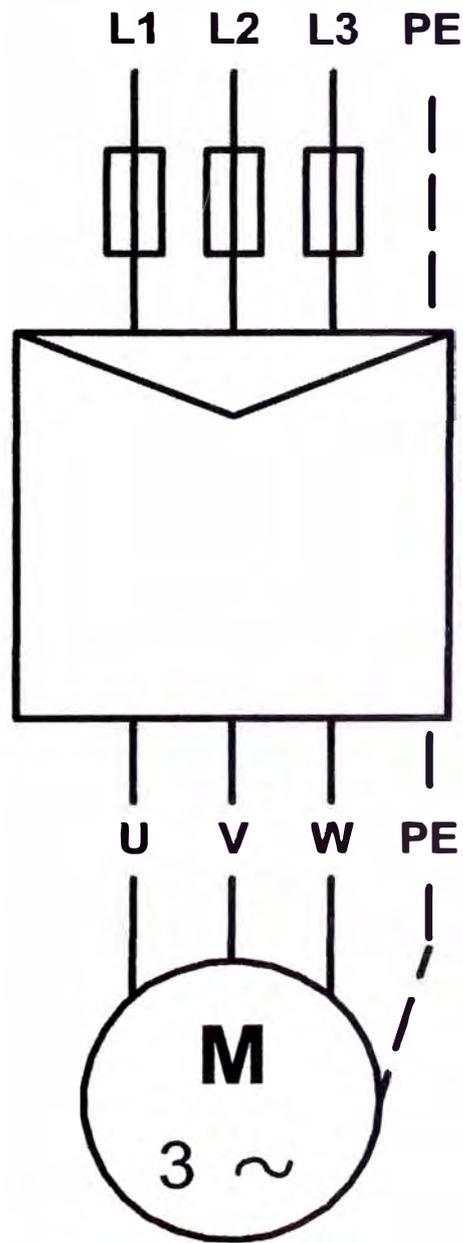


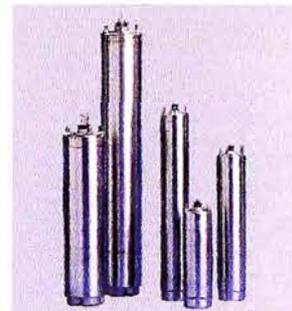
¡Nota! Uds en [mm] a menos que otras estén expresadas

**7.0 DATA SHEET DEL MOTOR SUMERGIBLE DE 40 HP.**

Posición	Contar	Descripción	Precio unit
	1	<p data-bbox="300 129 411 159"><b>MS 6000</b></p>  <p data-bbox="715 577 1241 607">Adverta! la foto puede diferir del actual producto</p> <p data-bbox="300 629 801 779">Código: 78195520 El motor es un motor 3-fásico del tipo encapsulado con protección contra arena, cojinetes lubricados por líquido y diafragma compensadora de la presión.</p> <p data-bbox="300 808 756 869"><b>Líquido:</b> Temp. líquido máx. a 0.15 m/seg: 30 °C</p> <p data-bbox="300 898 858 987"><b>Técnico:</b> Cierre mecánico del motor: CER/CARBON Homologaciones en placa: CE, GOST2</p> <p data-bbox="300 1016 896 1128"><b>Materiales:</b> Motor: Acero inox. DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304</p> <p data-bbox="300 1158 762 1247"><b>Instalación:</b> Máxima presión ambiental: 60 bar Diámetro del motor: 6 inch</p> <p data-bbox="300 1276 928 1830"><b>Datos eléctricos:</b> Tipo de motor: MS6000 Potencia nominal - P2: 30 kW Frecuencia de alimentación: 60 Hz Tensión nominal: 3 x 440-460-480 V Toler. tensión: +6/-10 % Tipo de arranque: directo Factor de trabajo: 1,15 Corriente nominal: 66,5-64,0-63,0 A Intensidad de arranque: 460-500-530 % Cos phi - Factor de potencia: 0,87-0,85-0,82 Velocidad nominal: 3430-3450-3470 rpm Par nominal a plena carga: 96 Nm Par de rotor bloqueado: 130-150-160 % Par de arranque crítico: 220-240-260 % Momento de inercia: 0.0137 kg m<sup>2</sup> Grado de protección (IEC 34-5): 68 Clase de aislamiento (IEC 85): F Transmisor de temp. incorporado: sí</p> <p data-bbox="300 1859 769 1919"><b>Otros:</b> Peso neto: 77.5 kg</p>	Precio bajo pedido

Descripción	Valor
Código:	MS 6000 78195520
Técnico:	
Cierre mecánico del motor:	CER/CARBON
Homologaciones en placa:	CE,GOST2
Materiales:	
Motor:	Acero inox. DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Instalación:	
Máxima presión ambiental:	60 bar
Diámetro del motor:	6 inch
Esparragos:	1/2"UNF
Líquido:	
Temp. líquido máx. a 0.15 m/seg:	30 °C
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	MS6000
Potencia nominal - P2:	30 kW
Frecuencia de alimentación:	60 Hz
Tensión nominal:	3 x 440-460-480 V
Toler. tensión:	+6/-10 %
Tipo de arranque:	directo
Factor de trabajo:	1,15
Corriente nominal:	66,5-64,0-63,0 A
Intensidad de arranque:	460-500-530 %
Cos phi - Factor de potencia:	0,87-0,85-0,82
Velocidad nominal:	3430-3450-3470 rpm
Par nominal a plena carga:	96 Nm
Par de rotor bloqueado:	130-150-160 %
Par de arranque crítico:	220-240-260 %
Momento de inercia:	0.0137 kg m <sup>2</sup>
Carga axial máxima:	2000 kg
Grado de protección (IEC 34-5):	68
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección del motor:	None
Protección térmica:	exterior
Transmisor de temp. incorporado:	si
R:	0,383 ohm
Otros:	
Peso neto:	77.5 kg





## Datos de pedido

8195520 MS 6000 60 Hz

Empresa:  
Creado Por: Teléfono:

Código: 78195520

Datos: 15/05/2014  
Fax:

Proyecto:  
Contacto:

Nº Cliente:  
Código:

### Datos eléctricos:

Frecuenc.	50 Hz	60 Hz
Tensión nominal del motor	380-400-415 V	440-460-480 V
Potencia nominal del motor	30 kW	30 kW
Velocidad nominal del motor	2840-2870-2870 rpm	3430-3450-3470 rpm
Par motor nominal del motor	100 Nm	96 Nm
Cableado	-	-
Corriente nominal de motor	68,5-66,5-66,5 A	66,5-64,0-63,0 A
Corriente máx. motor	-	-
Clase de eficiencia	-	-
Rendimiento a plena carga %	-	-
Factor de potencia	0,87-0,83-0,80	0,87-0,85-0,82
Arranque / Corriente nominal del motor (50/60 Hz)	-	/
Desglose / Par motor nominal (50/60 Hz)	-	230-250-270 / 220-240-260 %
Arranque / Par motor nominal (50/60 Hz)	-	/

### Datos mecánicos:

Mediciones del ruido (50/60 Hz)	-
Momento de inercia	0.0137 kg m²
Cojinete DE	-
Cojinete NDE	-
Montaje cojinete	NDE-bloqueado
Agujeros de drenaje	Si (abierto)
Dispositivo de engrase	No
Tipo de lubricación	-
Intervalo de reengrase	-
Cantidad de grasa para relubricación	-
Conexión a tierra externa	-
Color/tipo	-

### Protección anti-deflagrante

Tipo de protección -

### Condiciones ambientales:

Temperatura ambiente:  
Altitud sobre el nivel del mar 1000 m  
Aprobaciones y especificaciones IEC 60034

### Datos generales:

Tamaño MS6000  
Tipo de construcción -  
Peso en kg, sin accesorios opcionales 77.5 kg  
Material -  
Grado de protección IP 68  
Método de refrigeración, TEFC -  
Clase de vibración -  
Clase de aislamiento 155(F) a 130(B)  
Tipo de funcionamiento -  
Sentido de giro /

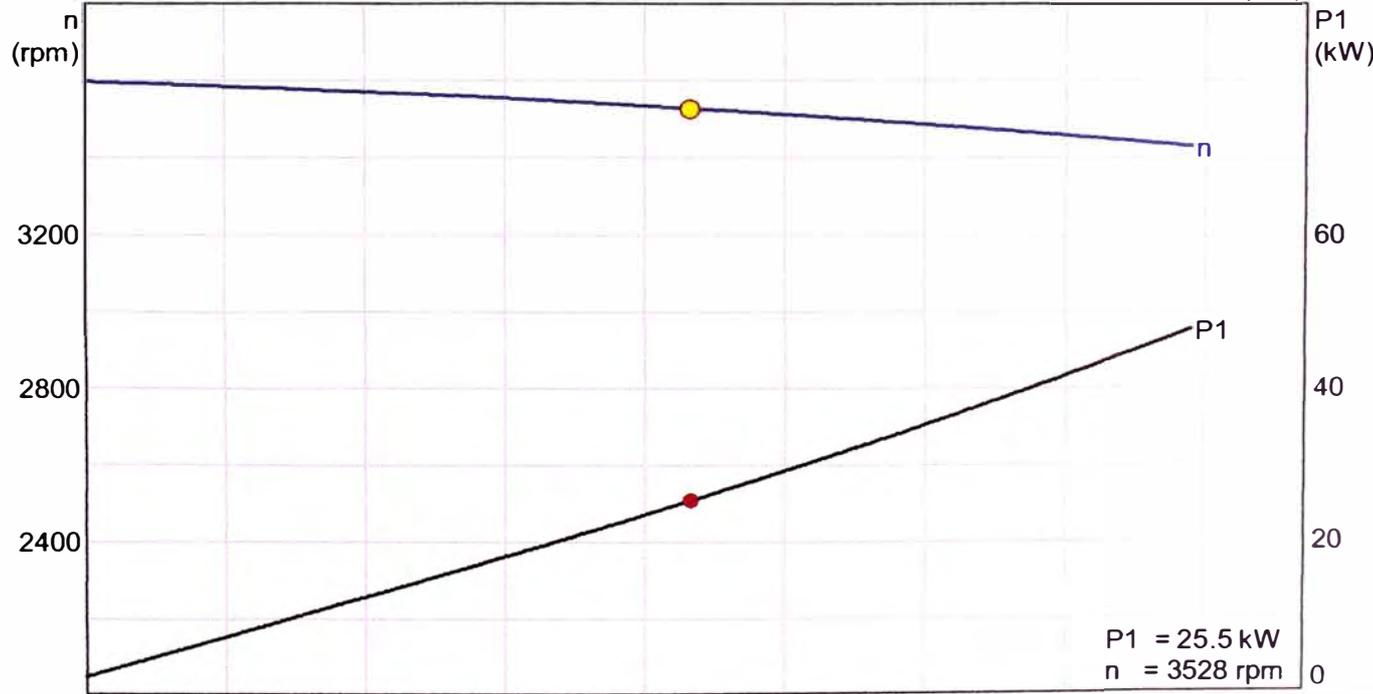
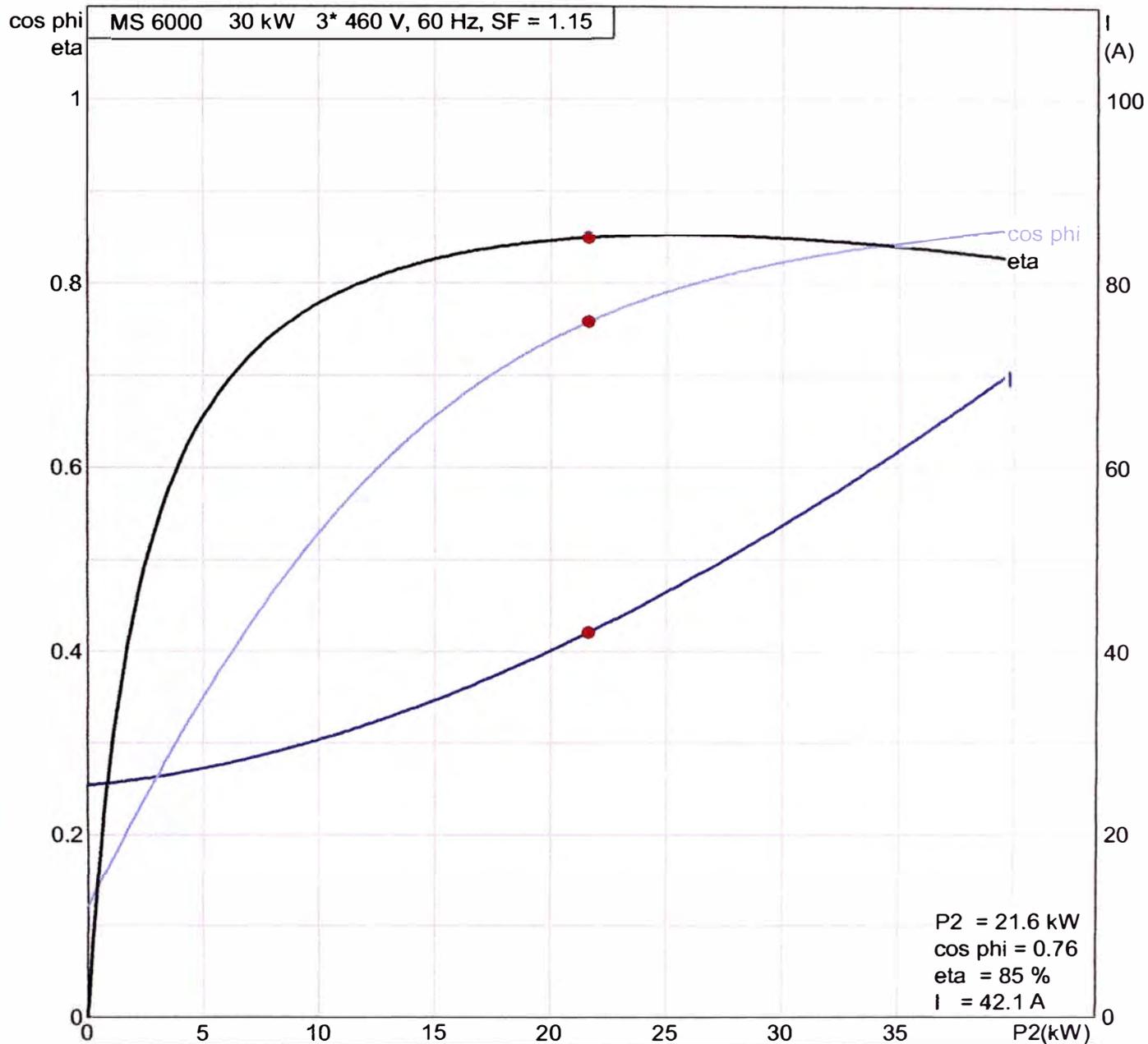
### Caja de conexiones:

Material de la caja de conexiones -  
Entrada de cable -  
Prensaestopas -

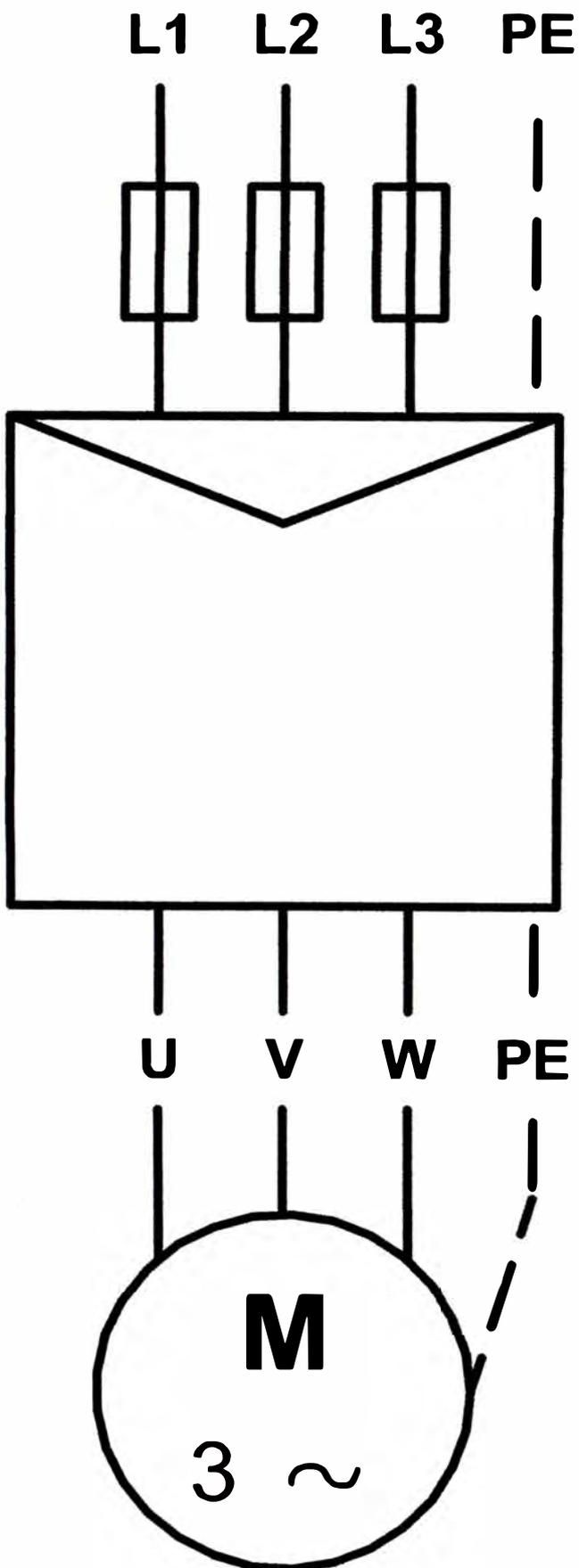
### Protección:

Protección integrada -

# 78195520 MS 6000 60 Hz



78195520 MS 6000 60 Hz



¡Nota! Uds en [mm] a menos que otras estén expresadas