

+/620.1/LL3

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA – ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRÁULICO DE EXTRACCIÓN DE  
AGUA SALOBRE DE POZO PROFUNDO PARA SATISFACER LA  
DEMANDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA  
EMPRESA CORPORACIÓN LINDLEY S.A - PUCUSANA”**

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

**WILKIN ROJAS, LLANCA BLAS**

**Callao, Diciembre del 2015**

**PERÚ**

**ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL**  
**MODALIDAD: TESIS SIN CICLO DE TESIS**

A los **TREINTA** días del mes de **DICIEMBRE** del dos mil quince, siendo las 15:00 horas, se procedió a la instalación del **Jurado Evaluador de Tesis** para su Sustentación en la Facultad de Ingeniería Mecánica - Energía, conformado por los siguientes docentes:

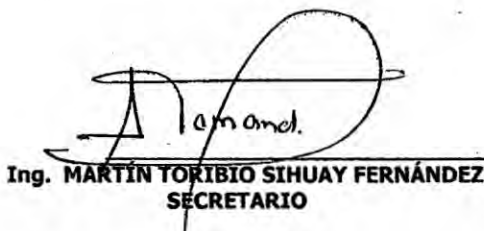
- **PRESIDENTE** : **Mg. GUSTAVO ORDOÑEZ CARDENAS**
- **SECRETARIO** : **Ing. MARTÍN TORIBIO SIHUAY FERNÁNDEZ**
- **VOCAL** : **Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIÉRREZ HERVIÁS**
- **ASESOR** : **Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA**

Con el fin de dar inicio a la **SUSTENTACION DE LA TESIS**, presentada por el Sr. Bachiller **WILKIN ROJAS LLANCA BLAS** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustentará la Tesis titulada: **"DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRÁULICO DE EXTRACCIÓN DE AGUA SALOBRE DE POZO PROFUNDO PARA SATISFACER LA DEMANDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA EMPRESA CORPORACION LINDLEY S.A."**

Con el quórum reglamentario de Ley se dio inicio a la Sustentación de Tesis de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, luego de las preguntas formuladas y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por Aprobado con el calificativo de 13 (Buena) al señor Bachiller **WILKIN ROJAS LLANCA BLAS**.

Con lo que se dio por cerrada la sesión a las 16:43 pm del día **30 de Diciembre del 2015**.

  
**Mg. GUSTAVO ORDOÑEZ CARDENAS**  
**PRESIDENTE**

  
**Ing. MARTÍN TORIBIO SIHUAY FERNÁNDEZ**  
**SECRETARIO**

  
**Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIÉRREZ HERVIÁS**  
**VOCAL**

  
**Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

Le dedico mi éxito a Dios por la vida, darme fuerzas para seguir adelante, no desmayar a pesar de los problemas y seguir luchando por mi metas.

A mi Padre siempre su espíritu nos acompaña a pesar de su partida, que siempre nos inculcó a mis hermanos y a mí con su enseñanza a base de sacrificio a salir adelante a ser perseverancia y ser personas de bien.

A mi madre, por darme la vida y siempre está apoyándome mis pensamientos vuelan hacia ella.

A mi Hermana Margarita porque desde pequeña trabajó duro y me ha demostrado valentía y por su inmenso apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Nacional de Callao y a la Facultad de Ingeniería Mecánica por brindarme, formarme como Profesional y Persona.**

**A los Profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica por sus enseñanzas y consejos.**

**A mis Hermanos: Margarita, Silvia y Arturo por su apoyo y siempre están a mi lado apoyándome.**

**A Hugo Jaimes, Yuliza Jaimes y Oscar Padilla por sus apoyos, sus consejos y amistad.**

**A mis amigos de la empresa Corporación Lindley S.A por sus enseñanzas y su amistad.**

**Al Ing. Martin Carrillo por sus consejos y enseñanzas por haberme brindado la oportunidad de formar parte de área de Proyectos en "Proyecto Pucusana".**

**A mi asesor de tesis el Ing. Juan Palomino por orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis.**

**A mis amigos y compañeros de la Universidad Nacional de Callao.**

**A Dulce Ávila por su comprensión, apoyo y amor para seguir adelante.**

**A la Señora Ana Ordoñez por escucharme, por sus consejos y apoyarme.**

**Al personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Mecánica por su apoyo en especial a la Sra. Maruja, Sr. Luis encargados de la biblioteca especializada y la Sra. Lorena.**

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE PLANOS .....	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	7
RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	10
1.1: Determinación del problema .....	10
1.2 Formulación del Problema .....	11
1.2.1: Problema principal.....	11
1.2.2: Problema específico.....	11
1.3: Objetivos de la Investigación .....	11
1.3.1: Objetivo general .....	11
1.3.2 Objetivo específicos .....	11
1.4: Justificación.....	12
II. MARCO TEÓRICO .....	13
2.1: Antecedentes de la Investigación.....	13
2.1.1 Antecedentes del estudio. ....	13
2.2: Marco Conceptual.....	15
2.2.1: El agua en la tierra. ....	15
2.2.2: Origen y Formación del Agua Subterránea.....	17
2.2.3: Salinidad del agua.....	20
2.2.4: Geoeléctrica .....	22
2.2.5: Hidrodinámica Subterránea.....	25
2.2.6: Sistema hidráulico de extracción de agua de pozo .....	33
2.2.7: Parámetros para diseño del sistema de tuberías y cálculo de las bombas ....	36
2.2.8: Análisis de Inversión económica - Diámetro Económico .....	49
2.2.9: Planta de tratamiento de agua .....	51
2.3 Definiciones de términos básicos u otros contenidos.....	56
III: VARIABLES E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
3.1 Variables de investigación .....	60
3.2 Operacionalización de variables. ....	60
3.3 Hipótesis.....	61
3.3.1 Hipótesis general.....	61
3.3.2 Hipótesis específicas.....	61

<b>IV: METODOLOGÍA.....</b>	<b>62</b>
4.1 Tipo de investigación.....	62
4.2 Diseño de la investigación.....	62
4.2.1. Parámetros Básicos de la Investigación.....	62
a) Estudio hidrogeológico.....	62
b) Prospección geofísica.....	66
c) Inventario de fuentes de agua.....	73
d) Hidrogeoquímica.....	88
e) Demanda de cantidad de agua cruda para alimentación de planta de tratamiento de agua.....	91
4.2.2: Detalles de investigación.....	94
a) Caudal de diseño para la extracción del agua salobre.....	94
b) Diseño de las dimensiones del pozo proyectado.....	94
c) Diseño hidráulico del pozo:.....	96
d) Diseño mecánico del pozo:.....	98
e) Cálculo del área admisión del filtro:.....	115
f) Cálculo del diámetro de la tubería para el sistema de bombeo del pozo profundo.....	119
g) Cálculo de las pérdidas por fricción en las tuberías y accesorios en los tramos I-IV.....	124
h) Cálculo de altura dinámica total:.....	132
i) Potencia requerida para el sistema de bombeo.....	134
j) Selección de la electrobomba Sumergible.....	135
k) Punto de operación del sistema de bombeo.....	137
l) Cálculo de (NPSHD) del sistema de bombeo.....	140
m) Cálculo del Coeficiente de la Velocidad Específica ( $n_s$ ).....	141
n) Análisis de Flujo Transitorio - Fenómeno de Golpe de Ariete.....	143
4.3 Población y Muestra.....	149
4.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	149
4.5 Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	150
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>151</b>
<b>VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>154</b>
6.1. Contrastación de la Hipótesis con los resultados.....	154
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	155
<b>VII CONCLUSIONES.....</b>	<b>156</b>
<b>VIII RECOMENDACIONES.....</b>	<b>157</b>
<b>IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>158</b>
<b>ANEXOS:.....</b>	<b>161</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2.1	AGUAS SUBTERRANEAS	19
FIGURA N° 2.2	ESQUEMA DE SISTEMA HIDRÁULICO DE EXTRACCIÓN DE AGUA DEL POZO CON BOMBA DE TURBINA DE EJE VERTICAL.	34
FIGURA N° 2.3	ESQUEMA DE SISTEMA HIDRÁULICO DE EXTRACCIÓN DE AGUA DEL POZO CON ELECTROBOMBA SUMERGIBLE	35
FIGURA N° 2.4	ESQUEMA PARA DETERMINAR EL CÁLCULO DEL NPSH <sub>d</sub> DE LA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE EN POZO PROFUNDO	45
FIGURA N° 2.5	PROCESO DE OSMOSIS INVERSA	54
FIGURA N° 2.6	MEMBRANA DE OSMOSIS INVERSA	54
FIGURA N° 2.7	PROCESO DE ELECTRODIÁLISIS	55
FIGURA N° 4.1	ESQUEMA DE BALANCE DE FLUJO DE LA DEMANDA DE AGUA CRUDA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	93
FIGURA N° 4.2	COMPARACIÓN DE POZOS CON PRE-FILTRO Y SIN PRE-FILTRO.	103
FIGURA N° 4.3	GRANULOMETRÍA DEL PRE-FILTRO	104
FIGURA N° 4.4	GRAVA ARTIFICIAL O PRE FILTRÓ SELECCIONADO	112
FIGURA N° 4.5	DETALLE DE REJILLA RANURADA CONTINUA	114
FIGURA N° 4.6	DETALLE DE CONEXIÓN TIPO ZSM PARA FILTROS RANURADA CONTINUOS	115
FIGURA N° 4.7	ESQUEMA DE EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE AGUA SALOBRE DEL POZO PARA ALIMENTACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO – TANQUE DE ALMACENAMIENTO	133
FIGURA N° 4.8	DETALLE DE DIMENSIONES DE LA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE SELECCIONADA	138
FIGURA N° 4.9	DETALLE DE INSTALACIÓN DE LA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE	141
FIGURA N° 4.10	CURVA DE VELOCIDAD PARA DETERMINAR EL TIPO DEL RODETE DE LA BOMBA	142
FIGURA N° 4.11	INSTALACION TIPICA DE LA VALVULA ANTICIPADORA DE PRESIÓN	146
FIGURA N° 4.12	ESQUEMA DE EXSTRUCTURA INTERNA DE LA VALVULA ANTICIPADORA DE PRESIÓN	146
FIGURA N° 4.13	SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LA VALVULA ANTICIPADORA DE ONDA	148

## INDICE DE TABLAS

TABLA N° 2.1	CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE AGUA SEGÚN SU CONCENTRACIÓN EN PPM	20
TABLA N° 2.2	RESISTIVIDAD DE LOS DIFERENTES TIPOS DE AGUA	24
TABLA N° 3.1	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	60
TABLA N° 4.1	RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS EN EL SECTOR CHILCA PUCUSANA.	68
TABLA N° 4.2	TIPOS DE POZOS SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN EN LOS DISTRITOS DE PUCUSANA Y CHILCA:	73
TABLA N° 4.3	SITUACIÓN ACTUAL DE LOS POZOS EN DISTRITO DE PUCUSANA Y CHILCA	74
TABLA N° 4.4	CARACTERISTICAS TÉCNICAS ,MEDIDAS REALIZADAS DE LOS POZOS QUE ESTAN EN ÁREA DE INFLUENCIA DEL TERRENO DE CORPORACIÓN LINDLEY S.A	75
TABLA N° 4.5	DATOS HISTÓRICOS DE VARIACIÓN PIEZOMÉTRICO DEL POZO IRHS 7A	78
TABLA N° 4.6	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS POZOS IRHS N° 645 y 7A COMPARADO CON LOS POZOS EN DISTRITO DE PUCUSANA Y CHILCA.	90
TABLA N° 4.7	RESISTIVIDAD MÁXIMO Y MINIMO EN HORIZONTE H3 EN TERRENO DE CORPORACIÓN LINDLEY S.A	95
TABLA N° 4.8	DIAMETRO RECOMENDADO EN LOS POZOS	95
TABLA N° 4.9	LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA QUE INDICAN CONDICION DE CORROSIÓN.	99
TABLA N° 4.10	PARÁMETROS METROS DE LA CALIDAD DE AGUA TOMADOS DE MUESTRA DE LOS POZOS IHRS N°645 y 7A - LABORATORIO DE LA EMPRESA EVIROLAB PERU SAC.	100
TABLA N° 4.11:	CLASIFICACIÓN DE ACERO INOXIDABLE	101
TABLA N° 4.12:	COMPOSICIÓN QUIMICA DE ACERO INOXIDABLE DUPLEX	102



TABLA Nº 4.13	CLASIFICACIÓN DE LAS ARENAS SEGÚN SU DIAMETRO	105
TABLA Nº 4.14	TAMAÑO DE LA GRAVA COMERCIAL PARA POZOS	108
TABLA Nº 4.15	TIPO DE SUELO DEL POZO DE PILOTAJE PP-1 EN TERRENO DE CORPORACIÓN LINDLEY S.A -PUCUSANA	109
TABLA Nº 4.16	CÁLCULO DE LA GRAVA PARA EL DISEÑO DEL POZO - ANÁLISIS GRANULOMETRICO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MOLINA	110
TABLA Nº 4.17	TAMAÑO DE LA GRAVA COMERCIAL SELECCIONADO PARA EL DISEÑO DEL POZO DE AGUA	111
TABLA Nº 4.18	COMPARACIÓN DE TIPOS DE REJILLAS	113
TABLA Nº 4.19	TABLA DE SELECCIÓN DE AREA ADMISIBLE DEL FILTRO	116
TABLA Nº 4.20	VELOCIDAD DE PASO DEL AGUA POR LA REJILLA	116
TABLA Nº 4.21	DATOS TÉCNICOS DEL DISEÑO DEL POZO	118
TABLA Nº 4.22	VELOCIDADES DEL FLUIDO EN LAS TUBERÍAS	120
TABLA Nº 4.23	ANÁLISIS DE LA ELECCIÓN DEL DIÁMETRO ECONÓMICO	122
TABLA Nº 4.24	TRAMOS DEL RECORRIDO DE LA TUBERIA DESDE LA ELECTRO BOMBA SUMERGIBLE HASTA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	123
TABLA Nº 4.25	LONGITUD EQUIVALENTE EN EL TRAMO I	125
TABLA Nº 4.26	LONGITUD EQUIVALENTE EN EL TRAMO II	127
TABLA Nº 4.27	LONGITUD EQUIVALENTE EN EL TRAMO III	129
TABLA Nº 4.28	LONGITUD EQUIVALENTE EN EL TRAMO IV	131
TABLA Nº 4.29	CARACTERISTICAS DE LA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE SELECCIONADA	136
TABLA Nº 4.30	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.	149
TABLA Nº 5.1	MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO PROFUNDO	151
TABLA Nº 5.2	MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DEL AGUA SALOBRE	152
TABLA Nº 5.3	CARACTERISTICAS DE LA ELECTROBOMBA SELECCIONADO	153

## ÍNDICE DE GRÁFICO

GRÁFICO N° 2.1	ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA	16
GRÁFICO N° 2.2	CURVA DE RENDIMIENTO A CAUDAL VARIABLE PARA DETERMINAR EL NIVEL DINÁMICO	32
GRÁFICO N° 2.3	CURVA DEL SISTEMA DE BOMBEO	46
GRÁFICO N° 2.4	RELACIÓN ENTRE CURVA DEL SISTEMA Y PUNTO DE OPERACIÓN	47
GRÁFICO N° 4.1	PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL ESCALONADA DEL POZO IRHS 645	81
GRÁFICO N° 4.2	PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL ESCALONADA DEL POZO IRHS 7A	82
GRÁFICO N° 4.3	PRUEBA DEL DESCENSO DEL ACUÍFERO NIVEL DE AGUA DEL POZO IRHS 645 – OLIVAR 1	83
GRÁFICO N° 4.4	PRUEBA DE RECUPERACIÓN DE ACUÍFERO DEL NIVEL DE AGUA POZO IRHS 645 - OLIVAR 1	84
GRÁFICO N° 4.5	PRUEBA DE DESCENSO DEL ACUÍFERO DEL NIVEL DE AGUA POZO IRHS 7A - OLIVAR 2	85
GRÁFICO N° 4.6	PRUEBA DE RECUPERACIÓN DEL ACUÍFERO DEL NIVEL DE AGUA POZO IRHS 7A - OLIVAR 2	86
GRÁFICO N° 4.7	DISEÑO HIDRAULICO DEL POZO	96
GRÁFICO N° 4.8	CURVA GRANULOMÉTRICA ACUMULATIVA	107
GRÁFICO N° 4.9	CURVA DE PUNTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	137
GRÁFICO N° 4.10	CURVA DE VELOCIDAD ESPECIFICA PARA DETERMINAR EL TIPO DE RODETE	142

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANO N° 4.1	UBICACIÓN GEOGRAFICA DE DISTRITO DE CHILCA Y PUCUSNA.
PLANO N° 4.2	GEOLÓGICO DE LOS DISTRITOS DE PUCUSANA Y CHILCA
PLANO N° 4.3	SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES DE SUPERFICIE EN LOS TERRENOS DE CORPORACIÓN LINDLEY S.A
PLANO N° 4.4	RESISTIVIDAD VERDADERA DEL HORIZONTE PRODUCTOR H3 EN LOS TERRENOS DE LOS EMPRESA CORPORACIÓN LINDLEY S.A
PLANO N° 4.5	ISOPACAS DEL HORIZONTE PRODUCTOR H3, EN LOS TERRENOS DE LOS EMPRESA LINDLEY S.A
PLANO N° 4.6	TECHO DEL BASAMENTO, EN LOS TERRENOS DE LOS EMPRESA CORPORACIÓN LINDLEY S.A
PLANO N° 4.7	SECCIÓN GEOELÉCTRICO SEV 01, 02 y 03 – LOS POZOS EXISTENTES IRHS 07 y IRHS 645
PLANO N° 4.8	SECCIÓN GEOELÉCTRICO SEV 04, 10, 11 y 12
PLANO N° 4.9	SECCIÓN GEOELÉCTRICO SEV 05, 06, 07,08 y 09 – EI POZO PROYECTADO.
PLANO N° 4.10	PERFIL LITOLÓGICO DE LOS POZOS EXISTENTES DENTRO DE LOS TERRENOS DE CORPORACION LINDLEY S.A y AREA DE INFLUENCIA.
PLANO N° 4.11	PLANO DE ISOPROFUNDIDADES DE LOS DISTRITOS DE PCUSANA y CHILCA
PLANO N° 4.12	HIDROISOHISAS DE LOS DISTRITOS DE PCUSANA y CHILCA.
PLANO N° 4.13	DE ISOCONDUCTIVIDAD DE LOS DISTRITOS DE PUCUSANA y CHILCA.
PLANO N° 4.14	DISEÑO DE TUBERIA CIEGA Y REJILLAS DEL POZO.
PLANO N° 4.15	DETALLE DE SISTEMA DE EXTRACCION DE POZO PROFUNDO.

## RESUMEN

La presente tesis surgió de la necesidad de buscar fuente de abastecimiento de agua salobre subterráneas, poder extraer y satisfacer la demanda de la planta de tratamiento de agua y potabilizar a través de osmosis inversa. La investigación se inició con interpretación de los resultados de sondeo eléctrico (método Schlumberger) efectuado dentro de los terrenos de Corporación Lindley S.A y área de influencia. En donde se obtiene sección geológica para determinar la ubicación del pozo y profundidad del proyectado. Con las pruebas realizadas en los pozos IRHS7A y 645 se determinó los valores de transividad, permeabilidad, aforo con la información de análisis físico – químico de los pozos y el existentes sirven para determinar el tipo de material a seleccionar para el diseño del pozo e sistema de extracción, con los valores determinados se procede a realizar el diseño del pozo y calcular el diámetro del pozo, capacidad del pozo para satisfacer la demanda, determinar el nivel dinámico, nivel estático, cálculo el diámetro de la grava artificial, cálculo de cantidad de filtros a utilizar y las dimensiones.

Prosiguiendo con el diseño del sistema de extracción en determinar: el diámetro económico de la tubería de conducción, altura dinámica total del sistema, selección de la electrobomba, la ubicación correcta de la electrobomba dentro del pozo, sistema de protección en caso de sobrepresión, verificación de resultados la demanda de planta de tratamiento de agua es de 72 l/s y Caudal disponible de 85l/s de extracción con lo cual se asegura satisfacer al 100% la Planta de tratamiento de agua.

## ABSTRACT

This thesis arose from the need to find sources of supply of brackish underground water, to extract and meet the demand of the treatment plant and potable water through RO .The investigation began with interpretation of the results of electrical logging (Schlumberger method) performed within the grounds of Corporation Lindley SA and influence .In area where geological section is obtained to determine the location and depth of the proposed well. Chemist existing wells and used to determine the type of material to select for well design and system - with tests on the wells and 645 IRHS7A values transitivity, permeability, capacity to physical analysis information determined extraction, with certain values we proceed to perform well design and calculate the wellbore, well capacity to meet demand, determine the dynamic level, static level, calculating the diameter of the artificial gravel amount calculation filters used and the .Continuing dimensions with the design of the extraction system to determine: economic diameter line pipe, the total dynamic head of the system, selection of the pump, the correct location of the pump into the well system in case of overpressure protection, verification of results demand water treatment plant is 72 l/s flow available from 85 l/s extraction which ensures 100% meet the water treatment plant.

## CAPÍTULO I

### I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1: Determinación del problema

La empresa Corporación Lindley S.A necesita cubrir la demanda del mercado de las bebidas no alcohólicas<sup>1</sup> para los próximos años para ello necesita incrementar sus líneas de producción y modernizar en la planta Rímac ya no es factible realizar ampliaciones las líneas de producción. La empresa tiene como visión convertirse una empresa de clase mundial<sup>2</sup>, necesita seguir creciendo con las buenas condiciones que presenta el mercado Peruano para lo cual ha adquirido un terreno 66.9 hectáreas ubicado en el distritos de Pucusana limitrofe con el distrito de Chilca (Ex fundo el Olivar) – Panamericana Sur Km 59.7 para realizar la inversión de corto mediano plazo para la construcción una nueva planta Pucusana con lo cual se reemplazará la planta Rímac para la elaboración de las bebidas no alcohólicas la materia prima principal es el agua potable, por su ubicación geográfica dicho sector de distrito de Pucusana existen una carencia de abastecimiento de agua potable para los pobladores y empresas privadas que existen en dicha zona.

---

<sup>1</sup> <http://gestion.pe/empresas/corp-lindley-pucusana-aportara-desde-2015-150-mas-capacidad-instalada-2118190>.

<sup>2</sup> Son empresas que tienen operaciones a nivel mundial y son reconocidas por el mercado no solo por su imagen, logotipo, nombre y demás sino porque manejan estándares altos de calidad en sus productos, en sus marcas, en sus procesos administrativos internos, en las condiciones laborales para sus empleados, en materia legal, en sus finanzas, en el servicio al cliente, en fin, manejan estándares de calidad altos a nivel internacional.

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1: Problema principal**

¿Cómo diseñar un sistema hidráulico de extracción de agua salobre del pozo profundo a fin de cubrir la demanda de la Planta de tratamiento de agua para la empresa Corporación Lindley S.A – en el distrito de Pucusana?

### **1.2.2: Problema específico**

- a) ¿Cómo determinar la ubicación de la bomba sumergible y el caudal a extraer del Pozo?
- b) ¿Cómo seleccionar los accesorios y las tuberías del sistema de extracción de agua salobre de pozo profundo?

## **1.3: Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1: Objetivo general**

Diseñar un sistema hidráulico de extracción de un pozo para cubrir la demanda de la planta de tratamiento de agua.

### **1.3.2 Objetivo específicos**

- a) Determinar la ubicación de la bomba sumergible en función del tipo de acuífero en los terrenos de la empresa.
- b) Seleccionar las dimensiones de la tubería de la succión y accesorios adecuados según sus dimensionamiento desde una vez extraído del pozo hasta el tanque de almacenamiento.

#### **1.4: Justificación.**

Al no contar con agua potable disponible en distrito de Pucusana ha surgido la necesidad de buscar fuente de abastecimiento de agua potable para lo cual aprovecharemos la utilización de agua subterránea como materia prima para elaboración de bebida no alcohólicas previamente potabilizando el agua obtenida, utilizando de manera racional el recurso hídrico por parte de la empresa Corporación Lindley S.A, debido a la demanda de agua potable que se requiere es necesario la construcción de nuevos pozos de agua . Actualmente no se tiene registro histórico de estudio de los pozos existentes en el distrito de Pucusana y Chilca. Los pozos existentes en distrito de Pucusana en su momento se realizaron su construcción de forma artesanal debido que se utilizó para el riego de los fundos agrícolas.

La Autoridad Nacional del Agua no aprobó el uso de los pozos mencionados IRHS 645,7A por la antigüedad de su construcción y sugerido la construcción de pozos nuevos dentro del proyecto Pucusana.



## **CAPÍTULO II**

### **II.MARCO TEÓRICO**

#### **2.1: Antecedentes de la Investigación**

No se cuenta estudios actual de los pozos dentro del terreno de corporación Lindley, existente solo el registro de empadronamiento de los pozos realizado por Autoridad nacional del Agua<sup>3</sup>. La cual fue un terreno agrícola de la propiedad del Ex Fundo el Olivar 01 y 02.

##### **2.1.1 Antecedentes del estudio.**

Dentro del desarrollo de la investigación con referencia al objeto de estudio se muestra lo siguiente:

Tesis optar el título de Ingeniero Mecánica de Fluidos:

**"PERFORACIÓN DE POZOS TUBULARES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LA LOCALIDAD DE PAIJÁN" - Año 1999.**

Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Perú

Autor: Humberto Cruz Coronel

---

<sup>3</sup>La Autoridad Nacional del Agua es el organismo encargado de realizar las acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas, en el marco de la gestión integrada de los recursos naturales y de la gestión de la calidad ambiental nacional estableciendo alianzas estratégicas con los gobiernos regionales.

**Conclusiones:**

- El pozo perforado tiene características de un acuífero libre y presenta perfiles litológicos heterogéneos en toda su dimensión, razón por la cual los filtros se colocaron en posiciones intercaladas.
- En el estudio hidrogeológico preliminar respecto a prospección geofísica en la cual se ejecutaron los sondajes verticales, se debe tener en consideración como primera pauta, estudios de geología.
- Para proceder a diseñar en forma preliminar, se evaluará en forma referencial pozos y piezómetros existentes con su respectiva tabla de afloramiento, así como las muestras del subsuelo de cada estrato.
- En toma de datos de las pruebas de aforo a caudal constante o variable en la primera hora debe de ser lo exacto posible, caso contrario alterará las curvas semilogarítmicas y por ende los parámetros transiividad, almacenamiento y permeabilidad.

Tesis optar el título de Ingeniero Químico:

**"UBICACIÓN, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE POZOS DE AGUA SUBTERRÁNEA-CERVECERÍA POLAR LOS CORTIJOS C.A".Año2003.**

Universidad Central de Venezuela.

Autor: García Machado, Vanessa Alexandra.

### **Conclusiones:**

- Buen desempeño productor de un pozo se fundamenta en su diseño, principalmente al tipo de rejilla y su ubicación, así como la determinación de la bomba adecuada, este logrará que el pozo opere en forma óptima al mismo tiempo que se prolongará su vida útil.
- Se comprobó la gran efectividad del método de pistoneo<sup>4</sup> para desarrollo de pozos.
- El método de perforación exploratoria es el más seguro para conocer la existencia de un acuífero productor, con la desventaja de su costo.
- Si el material recolectado en el muestreo en su mayoría corresponde a gravas y arenas gruesas, hay indicios de agua.
- Si el material fracturado grueso encontrado posee fragmentos de cuarzo triturado y oxidado, hay agua en abundancia.
- El pozo # 3 presenta una disminución 10% del nivel dinámico y 11% del flujo, debido a que el pozo nuevo lo interfiere.

## **2.2: Marco Conceptual**

### **2.2.1: El agua en la tierra<sup>5</sup>.**

El agua es un elemento que se puede encontrar en la naturaleza en estado sólido (hielo y granizo), líquido (en lagos, ríos, depósitos subterráneos, mares y océanos) y gaseoso (vapor de agua en las

---

<sup>4</sup> Es uno de los métodos para realizar la perforación de pozos por percusión consta de sistema mecánico de poleas y cables y aprovecha la energía cinética.

<sup>5</sup> [http://deltasur.org/las\\_aguas\\_subterraneeas.pdt](http://deltasur.org/las_aguas_subterraneeas.pdt).pág.78

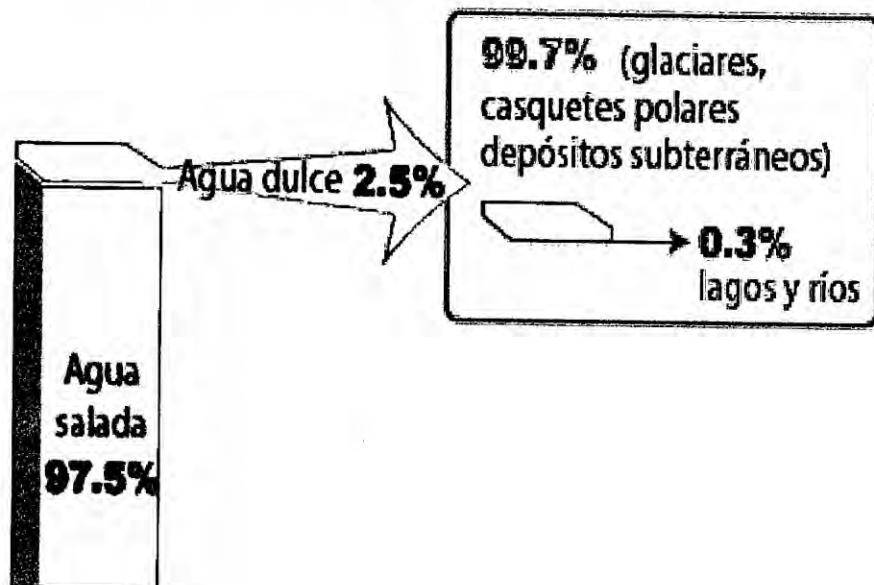
atmósfera), inodora, incolora e insípido (es decir, no tiene olor, color o sabor); lo cual significa que está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

### Distribución en la tierra<sup>6</sup>

Aunque tres cuartas partes de la tierra están cubiertas por agua, 97.5% es salada (forma mares y océanos) y sólo 2.5% es agua dulce, del cual sólo 0.3% se localiza en lagos, ríos y el resto se encuentra en glaciares, casquetes polares en forma de hielo y en depósitos subterráneos.

GRÁFICO N°2.1

#### ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA



Fuente: [http://deltasur.org/las\\_aguas\\_subterraneeas.pdt](http://deltasur.org/las_aguas_subterraneeas.pdt).pág.78

<sup>6</sup> [http://deltasur.org/las\\_aguas\\_subterraneeas.pdt](http://deltasur.org/las_aguas_subterraneeas.pdt).pág.78

### **2.2.2: Origen y formación del agua subterránea<sup>7</sup>**

En la tierra sólo existen dos fuentes de agua a la disposición del hombre: las de la superficie, que comprenden lagos, ríos, áreas de drenaje que envían agua hacia los embalses y los procedimientos que permiten captar y retener agua de lluvia. Que incluyen a los pozos, manantiales y galerías horizontales. El agua de superficie, puede convertirse en agua subterránea, pudiendo a su vez emerger de nuevo como agua superficial (manantial) en un tercer sitio. Esto es posible por las interconexiones hidráulicas que existen en el subsuelo.

#### **Aguas subterráneas**

El término agua subterránea no se refiere a un agua cualquiera que se encuentre por debajo de la superficie del terreno. Es el agua que se encuentra en las rocas, sean consolidadas o no. El agua que se infiltra en el suelo se denomina agua subsuperficial pero no toda se convierte en agua subterránea.

Tres son los hechos fundamentales:

- Una primera fracción es retenida en la franja intermedia del suelo. Su función es de hidratar la tierra, y eventualmente es devuelta a la atmósfera por evaporación.
- Una segunda parte es absorbida por las raíces de las plantas que

---

<sup>7</sup> Edward E. Jhonson Groundwater & Wells (agua subterránea y pozos) .California.

crecen en el suelo ingresando de nuevo a la atmósfera a través del Proceso de transpiración.

- Por último, el agua que se ha infiltrado en el suelo, desciende por la fuerza de gravedad hasta alcanzar el nivel de la zona de saturación que constituye el depósito de agua subterránea o acuífero y que abastecen de la misma a los pozos.

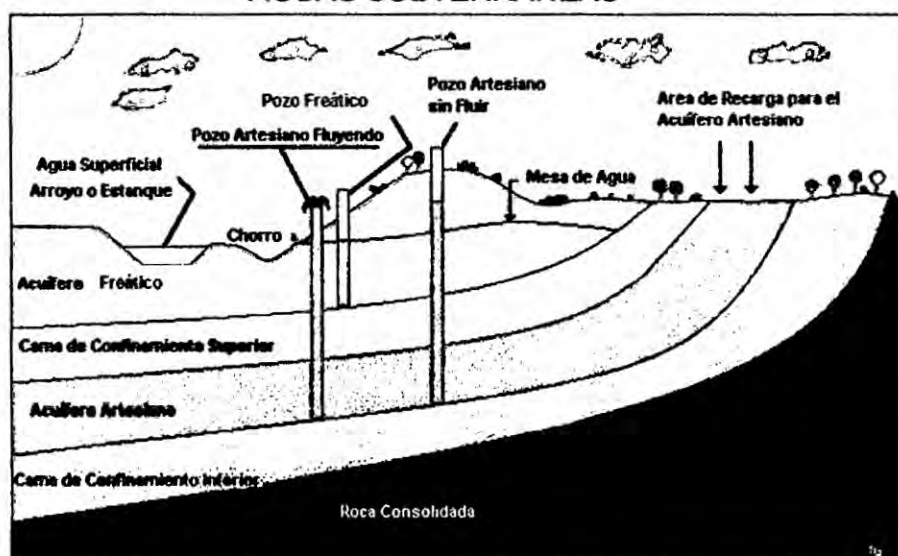
### **Acuífero**

Un Acuífero es un estrato natural permeable y poroso que tiene capacidad de almacenar agua y permitir su movimiento en todas las direcciones dentro de dicho estrato. Las aguas almacenadas en los acuíferos tienen su origen en la infiltración o recarga de aguas superficiales, provenientes de lluvias, ríos, lagos y lagunas. Los acuíferos se clasifican en: freáticos y artesianos.

**Acuífero freático:** Es aquel acuífero donde su límite superior queda definido por el nivel de agua sometido a presión atmosférica (nivel freático), tal como si estuviese contenida en recipiente abierto. Este tipo de acuífero se puede denominar acuífero no confinado o acuífero libre. En cualquier nivel dentro del acuífero freático o libre, la presión hidrostática es equivalente al peso de la columna de agua y se expresa en metros de agua. La superficie freática no es una superficie estacionaria, sino que fluctúa periódicamente, elevándose cuando más agua penetra hasta la zona de saturación (lluvia) y descendiendo en períodos de sequía.

**Acuífero artesiano:** Es aquel que se encuentra confinado, es decir, que yace entre estratos impermeables que se encuentran por encima y por debajo del mismo. Este tipo de acuífero se puede denominar acuífero confinado o agua subterránea confinada. Debido a la presencia del estrato superior, el agua del acuífero no se encuentra expuesta a la presión atmosférica el agua se ubica dentro de los poros del acuífero a una presión mayor a la atmosférica. Cuando se perfora un pozo a través de un estrato confinante superior y se penetra dentro del acuífero artesiano, el agua asciende por dentro del pozo hasta alcanzar algún nivel cuya elevación se halla por encima del techo del acuífero. El nivel del agua dentro del pozo equivale a la presión artésiana del acuífero.

FIGURA N°2.1:  
AGUAS SUBTERRÁNEAS



Fuente: Edward E. Johnson. Groundwater & Wells (agua subterránea y pozos) California. pág 495.

### 2.2.3: Salinidad del agua<sup>8</sup>

La salinidad de un agua es el contenido total de sales del mismo. Es en base a este contenido de sales que se pueden clasificar las distintas aguas del planeta, ya que no es lo mismo un agua de mar con un contenido en sales promedio de 36000 ppm, que un agua salobre con un contenido de 4000 ppm. Por esta razón se ha clasificado el agua en diferentes tipos según su salinidad, a continuación se muestra una tabla con los diferentes tipos de aguas y al rango de salinidad al que pertenecen.

TABLA N° 2.1  
CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE  
AGUA SEGÚN SU CONCENTRACIÓN EN PPM

Tipo de agua	Concentración(ppm)
Agua de salmuera	300000
Agua de mar	30000
Agua Salobre	3000
Agua Potable	300
Agua Industrial	30
Agua desionizada	3
Agua pura de caldera	0.3
Agua ultrapura	0.03

Fuente: Edward E.Jhonson.Groundwater & Wells  
(Agua subterránea y pozos) california.pág 495

<sup>8</sup> Juan Medina Sánchez .Desalación de aguas salobres y del mar Osmosis Inversa, Edición Mundo-Prensa 2000



### **Propiedades físicas y químicas**

La mayoría de las aguas subterráneas no contienen materia en suspensión y prácticamente están libres de bacterias. Por lo general es clara, sin color y presenta una temperatura relativamente constante. Estas características contrastan con las del agua superficial; la cual es normalmente turbia y contiene considerable cantidad de bacterias. Por esta razón, el agua subterránea resulta ser de una calidad sanitaria superior.

#### **Propiedades físicas**

Físicamente, el agua del subsuelo es generalmente clara, incolora, con poca o ninguna partícula en suspensión, tiene una temperatura relativamente constante, la excepción son las aguas del subsuelo conectadas hidráulicamente con aguas superficiales cercanas a través de aberturas, fisuras e intersticios de algunas gravas donde pueden ser notables los sabores y los olores de la vegetación en descomposición. Las propiedades físicas más comunes en el agua son: color, olor, sabor y turbidez. En este caso particular se evaluará la turbidez generada en los pozos existentes producto de su operación.

#### **Propiedades químicas:**

La calidad química del agua del subsuelo está también considerablemente influenciada por su movimiento relativamente lento a través del suelo. Su grado relativamente lento de

percolación a través de la tierra proporciona el tiempo suficiente para que muchos de los minerales que forman la corteza terrestre se incorporen a la solución. Las siguientes propiedades y sustancias químicas que se encuentran en la agua subterránea en pH, alcalinidad, dureza, hierro, manganeso, sílice, nitratos, cloruros, sulfatos, dióxido de carbono, sólidos totales y conductividad.

#### **2.2.4: Geoeléctrica <sup>9</sup>**

Los métodos geofísicos se basan en la medición de algunas propiedades físicas de los materiales de la corteza terrestre: la densidad, el campo magnético, la conductividad eléctrica, velocidad de transmisión de ondas elásticas, etc. La interpretación de dichas mediciones con base en los contrastes entre ellas y las anomalías observadas, permite preparar modelos de las características del subsuelo y de su distribución espacial. La interpretación de los datos geofísicos tiene dos niveles: uno, el modelamiento matemático en el que se definen las combinaciones de valores de la propiedad que se mide y de la geometría de las masas de suelo o de roca, coherentes con las mediciones hechas en el terreno, y dos, la interpretación de los modelos en términos geológicos, hidrogeológicos o geotécnicos.

---

<sup>9</sup> Daniel Eduardo Arias, tesis: Exploración Geotecnia, Universidad Nacional de Medellín - Colombia.

## **Resistividad de los materiales<sup>10</sup>**

La resistividad se define a partir de un cubo eléctricamente homogéneo, de lado L a través del cual pasa una corriente I. El material dentro del cubo resiste el paso de la corriente eléctrica a través de él, resultando así en una caída de potencial (V) entre sus caras opuestas. De aquí se tiene que la resistencia a través de un volumen unitario está dada por ecuación (2.1).

$\rho$ =Resistividad del material( $\Omega$ -m)

V=Voltaje(V)

I=Intensidad(A)

$\sigma$ =Conductividad (S/m)

$$\rho = \frac{V \times L}{I} \quad (2.1)$$

Fuente: Tesis exploración Geotécnica – relaciones geoeléctricas, presentado por: Daniel Eduardo Arias

El inverso de resistividad ( $1/\rho$ ) es la conductividad ( $\sigma$ ), la aplicación de los métodos geoeléctricas exige un conocimiento básico de las propiedades eléctricas de las rocas, suelos y de los minerales que las constituyen. El comportamiento físico de las rocas depende de las propiedades y modo de agregación de sus minerales y de la forma, volumen y relleno (generalmente con agua o aire) de los

---

<sup>10</sup> Daniel Eduardo Arias, tesis: Exploración Geotecnia, Universidad Nacional de Medellín -Colombia.

poros. Además de estas relaciones conviene estudiar el efecto que sobre dichas propiedades ejercen la presión y la temperatura, efecto que puede ser muy importante a grandes profundidades. Las propiedades que interesan al prosector son las de las rocas, suelos y minerales, tal como se encuentran en la naturaleza, con sus impurezas, fisuras, diaclasas, humedad y etc. La cantidad de sales de las aguas suele oscilar entre 0.1 g/l y 35 g/l cifra esta última que corresponde a las aguas marinas que es superada por algunas aguas de mina, lagos salados y notablemente por el mar Muerto, que alcanza unos 250 g/l. Se presenta una lista de los márgenes de variación de la resistividad de las aguas naturales, basada en diferentes autores.

**TABLA N° 2.2**  
**RESISTIVIDAD DE LOS DIFERENTES TIPOS DE AGUA.**

Tipo de agua	Resistividad ( $\Omega$ -m)
Agua de lagos y arroyos de las montañas	3103 - 103
Agua dulces superficiales	102 - 10
Agua Salobres superficiales	2 - 10
Agua subterráneas	1 - 20
Aguas marinas	0.2
Aguas de los lagos salados	0.1 - 1
Agua de impregnación en las rocas	0.03 - 10

Fuente: Tesis exploración geotécnica – relaciones geoeléctricas, presentado por: Daniel Eduardo Arias.

### **2.2.5: Hidrodinámica subterránea <sup>11</sup>**

Parte de la dinámica que se estudia el comportamiento de las aguas subterráneas como fuente potencial de suministro de agua a través de las formaciones litogénicas permeable.

#### **Pruebas hidrodinámicas.**

Para estudiar las características hidrodinámicas del acuífero se emplea las técnicas de evaluación de las pruebas de bombeo con lo cual se llegará a determinar un margen de aceptación de los parámetros hidrogeológicos como son la transmisibilidad, permeabilidad o conductividad hidráulica y coeficientes de almacenamiento que son los indicadores de la capacidad que tiene el acuífero para transmisión y el almacenamiento del agua. Este tipo de pruebas proporciona sobre la calidad de construcción del pozo el caudal más aconsejable y lugar donde colocarse a un caudal determinado.

Para la prueba del acuífero un pozo es bombeado a una descarga "Q" constante y la variación de los abatimientos es medido en uno o más piezómetros vecinos, a esta prueba se denomina prueba de descenso.

---

<sup>11</sup> Héctor Augusto Lovato Miranda. El Pozo tubular – Construcción y funcionamiento en la zona media del Valle Chancay – Lambayeque. Tesis de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 1999

En la prueba de recuperación el pozo que se estuvo bombeando por un periodo largo tiempo se determina la elevación mediante una sonda eléctrica.

Generalmente las pruebas de acuífero son interpretados mediante el uso de fórmulas para estado no permanente si se observa condiciones de flujo permanentes, las fórmulas de flujo permanente puede ser utilizados en la interpretación. Las principales consideraciones que se exige la ejecución de las pruebas son:

Se asume una situación de flujo idealizado no se tiene en cuenta la heterogeneidad del medio, se asume que el pozo tiene un radio infinito y el pozo no origina pérdidas.

- Se desarrollara la relación  $S_{(r)}$  (abatimiento en función de la distancia) o  $S_{(r, t)}$  (abatimiento en función de la distancia y el tiempo), para el flujo en el pozo de bombeo.
- Representar en un papel semilográfico los valores de  $S$  medidos, en el pozo bombeo o los pozos vecinos en el valor de  $Q_0$  que fue medido.
- Con los valores de  $S_{(r)}$  o  $S_{(r, t)}$  se puede calcular los valores de transmisibilidad ( $T$ ), coeficiente de almacenamiento ( $U$ ) y coeficiente de permeabilidad ( $K$ ).

El hecho de considerar una situación de flujo idealizado para el acuífero hace que las constantes hidrogeológicas obtenidas deberán ser consideradas como indicadores de los valores reales.

La ventaja de las pruebas de bombeo en comparación con los métodos de laboratorio es que los valores son de un área de influencia grande para la región de interés.

### **Parámetros Hidrodinámicos.**

#### **Transmisibilidad**

Es el indicador de cuánta agua se moverá a través del acuífero y representa la capacidad que tiene el acuífero para transmitir agua.

La fórmula que permite calcular es régimen elástico en la ecuación de Theis modificado por Jacob

$$T = \frac{0.183 Q}{C} \quad (2.2)$$

Donde:

T=Transmisibilidad (m<sup>2</sup>/día)

Q=Caudal del pozo bombeado (m<sup>3</sup>/s)

C=Pendiente de la recta S= f(ln(t))

La solución de esta ecuación se realizará gráficamente en papel semilogarítmico o programas especializados.

En un régimen constante que cubre un ciclo logarítmico que permite el cálculo de la pendiente C de la recta gráficamente, el valor de C numéricamente es igual coeficiente angular de la recta puede determinarse mediante cualquiera de los puntos situados en la recta S=f (ln (t)) cuya coordenadas se toman directamente del gráfico.

$$C = \frac{S_2 - S_1}{\log(t_2) - \log(t_1)} \quad (2.3)$$

Para el régimen pseudo – estacionario o de equilibrio mayormente se utiliza la ecuación de Dupuit

$$T = \frac{0.366 Q}{S_c - S_1} \quad (2.4)$$

$$\log = \frac{r_1}{r_c} \quad (2.5)$$

Dónde:

T=Transmisibilidad (m<sup>2</sup>/día)

Q=Caudal del pozo bombeado (m<sup>3</sup>/s)

r<sub>1</sub>=Distancia del pozo al piezómetro (m)

r<sub>c</sub>=Radio del pozo que se bombea (m)

S<sub>c</sub>=Pérdida de carga en el pozo central (m)

S<sub>1</sub>=Pérdida de carga en el pozo de observación(m)

t=tiempo( s)

#### **Permeabilidad o conductividad hidráulica**

Propiedad que mide la facilidad con que se mueve el agua dentro del acuífero o los acuíferos que se están explotando depende del medio poroso, se determina el espesor de los lechos acuíferos (potencia del acuífero = h) y con los valores de transmisibilidad (T) se determina dicho coeficiente de la siguiente manera.

$$K = \frac{T}{h} \quad (2.6)$$

Donde:

K=Conductividad hidráulica(m/día)

T=Transmisibilidad (m<sup>2</sup>/día)

h=Espesor del acuífero (m)



### **Coeficiente de almacenamiento**

Se define como la capacidad que tiene los acuíferos para almacenar o liberar agua, es decir obedece a la ley de la gravedad, es comparable a la porosidad eficaz ( $n$ ) para los mantos libres puede considerarse equivalente.

En acuífero libre el coeficiente de almacenamiento varía de 1- 2.5%

**a) Régimen elástico:** se prolonga la recta de  $S = f(\ln(t))$  hasta corta el eje de las abscisas ( $\ln(t_0)$ ) y se determina la fórmula.

$$U = \frac{2.25 t_0}{r^2} \quad (2.7)$$

Donde

U=Coeficiente de almacenamiento (adimensional)

r=Radio del pozo de bombeo (m)

T=Transmisibilidad ( $m^2/día$ )

$t_0$ =Tiempo ( días)

$S_c$ =Pérdida de carga en el pozo central ( m)

**b) Régimen pseudo estacionario:** se determina mediante.

$$U = \frac{2.25 T \times t}{R_1^2} \quad (2.8)$$

Donde

U=Coeficiente de almacenamiento (adimensional)

T=Transmisibilidad ( $m^2/día$ )

t=Tiempo transcurrido hasta que el régimen se vuelva

estacionario( días)

$R_1^2$ =Radio de influencia ( m)

**Radio de influencia ( $R_i$ ):** Parámetro que depende de las características hidrogeológicas del acuífero y el tiempo de bombeo viene ser la distancia entre el centro del pozo analizado hasta donde la pérdida de la carga se considera nulo (  $S = 0$  )

Se determina mediante

$$R_i = 1.5 \sqrt{\frac{T \times t}{U}} \quad (2.9)$$

$R_i$ =Radio de influencia ( m)

$T$ =Transmisibilidad (  $m^2$ /día )

$t$ =Tiempo transcurrido hasta que el régimen se vuelva estacionario( días)

$U$ =Coeficiente de almacenamiento (adimensional)

Para el régimen de equilibrio se emplea la fórmula de Dupuit

$$R_i = \text{Antilog} \left[ \frac{T \times S_c}{0.36 Q} + \log(r_c) \right] \quad (2.10)$$

$R_i$ =Radio de influencia ( m)

$T$ =Transmisibilidad (  $m^2$ /día )

$S_c$ =Pérdida de carga en el pozo de bombeo(m).

$Q$ =Caudal del pozo bombeado (  $m^3$ /s )

$r_c$ =Radio del pozo que se bombea ( m)

## Curva de rendimiento

### a) Método de Jacob:

El caudal óptimo es aquel que produce descensos pequeños y además la velocidad de entrada de las líneas de flujo de agua a través de los filtros no sobrepasa los 3.0 cm/s (Según Walton).

Para determinar el caudal óptimo que este en concordancia con la estructura física instalada y las características hidráulicas del acuífero.

1) Determinamos el abatimiento del nivel de agua en el pozo para un caudal dado, mediante las siguientes ecuaciones de Jacob.

$$DW=AQ+BQ^2 \quad (2.11)$$

Donde:

DW=Abatimiento del nivel de agua en el pozo (m)

Q=Caudal extraído (m<sup>3</sup>/s)

A=Coeficiente de pérdidas por circulación

B=Coeficiente de pérdidas en el pozo

AQ=Pérdidas de carga debido a las características hidrogeológicas del acuífero.

BQ<sup>2</sup>=Pérdidas de carga debido a las características de captación .

Se calculó los coeficientes con las expresiones:

$$B = \frac{S_2 \times Q_1 - S_1 \times Q_2}{Q_1 \times Q_2 (Q_2 - Q_1)} \quad (2.12)$$

$$A = \frac{S_2}{Q_2} - B \times Q_2 \quad (2.13)$$

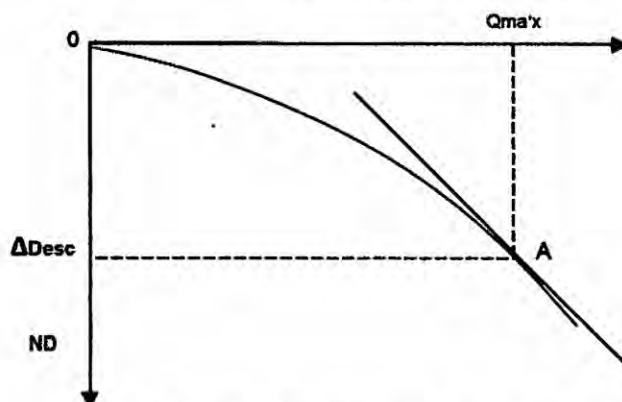
**b) Método gráfico:**

Para graficar la curva de rendimiento se coloca en el eje de las ordenadas los niveles dinámicos "ND" necesitándose como mínimo tres puntos (caudales vs nivel dinámico), para determinar la curva.

Como se puede apreciar en el gráfico N°1 está curva característica consta de dos partes, la primera OA, corresponde a descenso pequeños en el gráfico puede seguir la tendencia de una recta o una curva de convexidad poca pronunciada .En este punto "A" no presenta descensos pronunciados. El caudal máximo debe ser igual o menor en algunos casos al caudal óptimo. Pasando el punto "A" se nota descensos importantes, la pendiente de la curva aumenta considerablemente, y la relación descensos y caudal disminuye rápidamente con el agotamiento del pozo pasando el punto "A" será puntos críticos y presenta descenso considerable de abatimiento.

GRÁFICO N° 2.2

CURVA DE RENDIMIENTO A CAUDAL VARIABLE  
PARA DETERMINAR EL NIVEL DINÁMICO



Fuente: Elaboración propia

### **2.2.6: Sistema hidráulico de extracción de agua de pozo**

Conjuntos de componentes que entregan energía mecánica o eléctrica sobre el sistema que convierte en energía que transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado desde el pozo transportarlo a través de la tuberías hasta el área seleccionada para su descarga.

#### **Tipos de sistema hidráulico de extracción de agua de pozo.**

Se puede determinar según la aplicación de las bombas para extracción de agua de pozo los más utilizados para aplicación industrial.

#### **Extracción de agua de pozo con bomba de turbina de eje vertical hueco.**

El motor eléctrico o motor de combustión interna es que entrega energía mecánica se encuentra en la superficie la cual se conecta a través de un eje hueco con la bomba sumergible.

#### **Ventajas:**

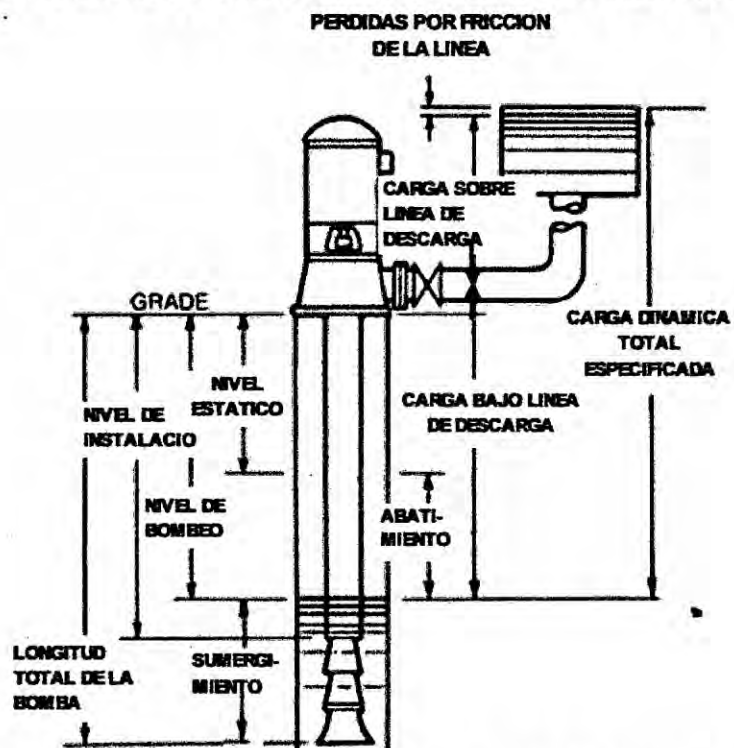
- Extracción de grandes caudales.
- Demanda menos costo de montaje y desmontaje en caso de realizar mantenimiento del equipo.
- Los motores de superficie tiene mayor eficiencia que los motores sumergidos.

#### **Desventajas:**

- Se requiere diámetros mayores del Pozo para la instalación de una bomba de eje vertical.

- Para pozos pocos profundos.
- Mayor potencia de accionamiento debido que sus componentes se encuentran dispersos la cual genera fricción en parte móviles.
- Es necesario que el pozo se encuentre completamente recto para realizar la instalación de la bomba de turbina de eje vertical hueco acoplado a través de un eje hueco con el motor eléctrico.

FIGURA N° 2.2  
 ESQUEMA DE SISTEMA HIDRÁULICO DE EXTRACCIÓN DE AGUA  
 DEL POZO CON BOMBA DE TURBINA DE EJE VERTICAL



Fuente: Manual de Operación de bombas de turbina vertical-  
 Fairbanks Morse

### Extracción de agua de pozo con electrobomba sumergible

El motor eléctrico está acoplado con la bomba sumergible como una sola unidad completa y compacta.

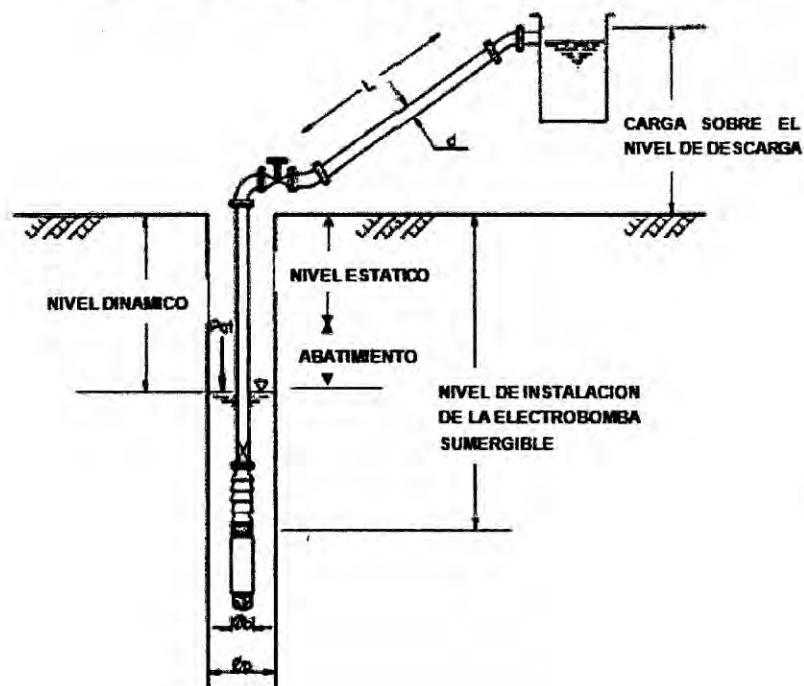
### **Ventajas:**

- Extracción de grandes caudales.
- El motor eléctrico trabaja a altas revoluciones por minuto (rpm).
- Para instalación en pozos profundos mayores a 30 m
- Puede ser instalado en pozo que no está completamente recto.
- Tiene menos costo de mantenimiento.
- La transmisión de energía mecánica entre motor eléctrico y la bomba presenta menor inercia en el momento del arranque.

### **Desventajas:**

- Genera mayor costo en el montaje y desmontaje del sistema de extracción de agua en caso de reparación o falla del equipo.
- Mayor tiempo medio para reparar (MTTR) , caso que falle el equipo

**FIGURA N° 2.3**  
**ESQUEMA DE SISTEMA HIDRÁULICO DE EXTRACCIÓN DE AGUA**  
**DEL POZO CON ELECTROBOMBA SUMERGIBLE**



Fuente: Elaboración propia

### **2.2.7: Parámetros para diseño del sistema de tuberías y cálculo de las bombas <sup>12</sup>**

#### **Pérdidas primarias:**

Son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería (capa límite), rozamiento de unas capas de fluidos con otras (régimen laminar) o las de partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). En este trabajo se hablará de las dos fórmulas más utilizados para calcular las pérdidas primarias. Dichas fórmulas se mencionan a continuación:

#### **Primer Método:**

La ecuación de Hazen & Williams aplicable para tuberías de diámetros 50mm hasta 350mm, flujo turbulento y transportan caudales grandes.

La cual se expresa de la siguiente manera:

$$H_f = \frac{10.67 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \quad (2.14)$$

Donde:

H<sub>f</sub> = Pérdidas por fricción (m)

Q = Caudal (m<sup>3</sup> /s)

C = Coeficiente

D = Diámetro de la tubería (m)

L = Longitud de la tubería (m)

---

<sup>12</sup> Robert L.Mott. Mecánica de fluidos ,Sexta edición 2006



### **Segundo Método**

La segunda ecuación que se puede utilizar para calcular las pérdidas por fricción es la de Darcy- Weisbach

$$H_f = \frac{f \times L \times v^2}{2 \times D \times g} \quad (2.15)$$

Donde:

H<sub>f</sub> = Pérdidas por fricción (m)

V = Velocidad promedio del fluido (m/s)

f = Factor de fricción (adimensional)

D = Diámetro de la tubería (m)

L = Longitud de la tubería (m)

g = Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

La ecuación de Darcy es válida tanto para flujo laminar como turbulento de cualquier líquido en una tubería. Sin embargo, puede suceder que debido a velocidades extremas la presión corriente abajo disminuya de tal manera que llegue a igualar la presión de vapor del líquido, apareciendo el fenómeno conocido como cavitación y los caudales obtenidos por cálculo serán inexactos.

#### **Pérdidas secundarias:**

Cuando el fluido se desplaza uniformemente por una tubería recta, larga y de diámetro constante, la configuración del flujo indicada por la distribución de la velocidad sobre el diámetro de la tubería adopta una forma característica. Cualquier obstáculo en la tubería cambia la dirección de la corriente en forma total o parcial, altera la

configuración característica del fluido y ocasiona turbulencia, causando una pérdida de energía mayor de la que normalmente se produce en un flujo de tubería recta. Ya que las válvulas y accesorios en una línea de tuberías alteran la configuración del flujo, producen una pérdida de presión adicional llamada pérdida secundaria en válvulas y accesorios que conforman un sistema de tuberías se pueden calcular por dos métodos que se explican a continuación:

**Primer Método:**

Utilizando la ecuación y un coeficiente K adimensional de pérdidas secundarias que depende del tipo de accesorio, del número de Reynolds, de la rugosidad de la tubería y de hasta la configuración antes del accesorio

$$Hrs = \frac{k \times v^2}{2g} \quad (2.16)$$

Donde:

Hrs= Pérdidas de carga secundarias (m)

k= Coeficiente de pérdida de conexiones (adimensional)

v= Velocidad del fluido dentro del accesorio (m/s).

g = Gravedad (9.81 m<sup>2</sup>/s).

Si se trata de un cambio de sección como contracción

o ensanchamiento, suele tomarse la velocidad en la sección menor.

**Segundo método:**

Consiste en considerar las pérdidas secundarias como longitudes equivalentes, es decir, longitudes en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría las mismas pérdidas de carga que los accesorios en cuestión. Estas se calculan por las mismas fórmulas de las pérdidas primarias a la cual sólo se le agrega el término de longitud equivalente como se aprecia en la ecuación.

$$H_f = \frac{10.67 (L+L_e) Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \quad (2.17)$$

Donde:

$L_e$  = Longitud equivalente de los accesorios.

$Q$  = Caudal (m<sup>3</sup> /s)

$C$  = Coeficiente

$D$  = Diámetro de la tubería (m)

$L$  = Longitud de la tubería (m)

**La longitud equivalente ( $L_e$ ):**

Se puede determinar ya sea por diagramas establecidos o por la ecuación (2.18):

$$L_e = \sum \frac{D_i \times k_i}{f_i} \quad (2.18)$$

Donde:

$k_i$  = Coeficiente

$D_i$  = Diámetro de la tubería (m)

$f_i$  = Factor de fricción (adimensional)

$\Sigma K$  representa la sumatoria de los coeficientes de pérdida de cada uno de los accesorios que estén instalados en toda la tubería.

Si la conducción es larga como en el caso de este proyecto las pérdidas secundarias tienen poca importancia, pudiendo a veces desprejarse o se tienen en cuenta al final, sumando un 5% ó 10% por ciento de las pérdidas principales halladas<sup>13</sup>. Si la conducción es corta y complicada (tramos cortos de tubería y muchos accesorios) las pérdidas secundarias pueden jugar un papel preponderante y las pérdidas primarias pueden incluso llegar a ser desprejiables.

### **Bomba**

La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye, al líquido que la atraviesa, energía hidráulica. Las bombas se emplean para impulsar toda clase de líquidos como el agua, aceites, combustibles, ácidos, etc. En el diseño del sistema de abastecimiento de agua se utilizarán bombas centrífugas sumergibles.

---

<sup>13</sup> Mataix Plana, Claudio .Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas, Segunda edición 2005.

### Altura dinámica total

Representa la cantidad de energía que entrega la bomba por cada m-Kg/Kg del líquido bombeado. Se expresa ya sea en metros (m) en el sistema internacional o en pies (ft) en el sistema inglés. Si un líquido es transferido de un punto 1 a un punto 2 por una bomba la energía que entrega la bomba (HB) expresada en metros (2.19) dada por la ecuación, la cual es una derivación de la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - H_{f_{1-2}} + \text{HDT} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Donde:

$P_1$  = Presión de ingreso a la electrobomba (KPa)

$P_2$  = Presión de descarga de la tubería en el tanque (KPa)

$v_1$  = Velocidad de succión de la electrobomba (m/s)

$v_2$  = Velocidad de descarga de la tubería en el tanque (m/s)

$Z_1$  = Altura de ingreso de succión de la electrobomba (m)

$Z_2$  = Altura de la descarga de la tubería en el tanque (m)

HDT = Altura que debe vencer la bomba (m)

$H_{f_{1-2}}$  = Pérdidas por fricción (m).

$\gamma$  = Peso específico del agua  $\left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)$  (temperatura °C)

### Potencia de consumo

La potencia de la bomba es la energía que requiere ésta para vencer todas las pérdidas presentes en un sistema y poder abastecer con suficiente presión y caudal dicho sistema, por la ecuación siguiente:

$$P_c(kW) = \frac{Q \cdot \gamma \cdot HDT}{\eta_b} \quad (2.20)$$

$P_c(kW)$ = Potencia de la bomba (kW)

$Q$ =Caudal de bombeo ( $m^3/s$ )

$\gamma$  = Peso específico del agua ( $\gamma_c$ )( $kN/m^3$ )

HDT=Altura dinámica total (m)

$\eta_b$ =Eficiencia de la bomba %

### Potencia Instalada:

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

$$P_i(kW) = \frac{Q \cdot \gamma \cdot HDT}{\eta_c} \quad (2.21)$$

$P_i(kW)$ = Potencia del motor eléctrico (kW)

$Q$ = Caudal de bombeo ( $m^3/s$ )

$\gamma$ = Peso específico del agua ( $\gamma_c$ )( $kN/m^3$ )

HDT=Altura dinámica total (m)

$\eta_c$ : Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (%).

$$\eta_c = \eta_b \cdot \eta_m \quad (2.22)$$

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

#### **Carga neta positiva de succión (NPSH)<sup>14</sup>**

Una parte importante del proceso de selección de la bomba es garantizar que la condición del fluido que entra a la bomba sea la apropiada para mantener el flujo completo del líquido. El factor principal es la presión del fluido en la entrada de la bomba, al que es común llamar puerto de succión. El diseño del sistema de tubería de la succión debe proporcionar una presión lo suficientemente alta para evitar que se desarrollen burbujas de vapor dentro del fluido en movimiento, condición que recibe el nombre de cavitación. Por otra parte, la propiedad del fluido que determina las condiciones en que se forman las burbujas de vapor en un fluido, es la presión de vapor,  $P_v$ , que es común reportar como presión absoluta en kPa o Psia.

La Carga Neta Positiva de Succión o NPSH (Net Positive Suction Head), es la carga que hace que el líquido circule por la tubería de succión hasta el centro del impulsor. Esta carga que hace que el

---

<sup>14</sup> Sterling Sihi: "Principios Básicos para el Diseño de Instalaciones de bombas Centrifugas". Séptima edición ampliada y revisada. Editorial GRÁFICAS GINER S.L., Madrid 2003.

líquido circule es producida ya sea por la presión atmosférica o por una carga estática más la presión atmosférica. Éste análisis de energía en la tubería de succión de una bomba es para determinar si un líquido puede o no vaporizarse en puntos de baja presión, debido a que esta cantidad de energía es limitada, es necesario extremar las precauciones para evitar un funcionamiento anormal por insuficiencia de NPSH.

El NPSH es una medida de la cantidad de carga existente en la succión para prevenir la vaporización del líquido en el punto de menor presión de la bomba.

Hay dos valores de NPSH que deben considerarse:

La Carga de Succión Positiva Neta Requerida (NPSH<sub>R</sub>).

La Carga de Succión Positiva Neta Disponible (NPSH<sub>D</sub>).

El NPSH<sub>R</sub> es una característica de diseño y construcción de la bomba sumergible y equivale a la energía mínima que debe tener el fluido a la entrada del primer impulsor de la bomba, con el fin de evitar que disminuya por debajo de la presión de vapor del líquido, lo que traería como consecuencia la formación de burbujas de vapor y la consiguiente cavitación. La información se obtiene del fabricante, para cada bomba en particular, según el tipo, modelo, capacidad y velocidad. El NPSH<sub>D</sub> es característico de la instalación, especialmente depende de la succión o elevación, la carga de



vapor del líquido manejado a la temperatura de bombeo. Si varía cualquiera de estos puntos.

El cálculo del  $NPSH_D$  se puede realizar por la siguiente relación:

$$NPSH_D = (Pat - Pv) + (Hb - Hd) - \Delta p \quad (2.23)$$

$Pat$  = Presión atmosférica

$Pv$  = Presión de vapor del líquido

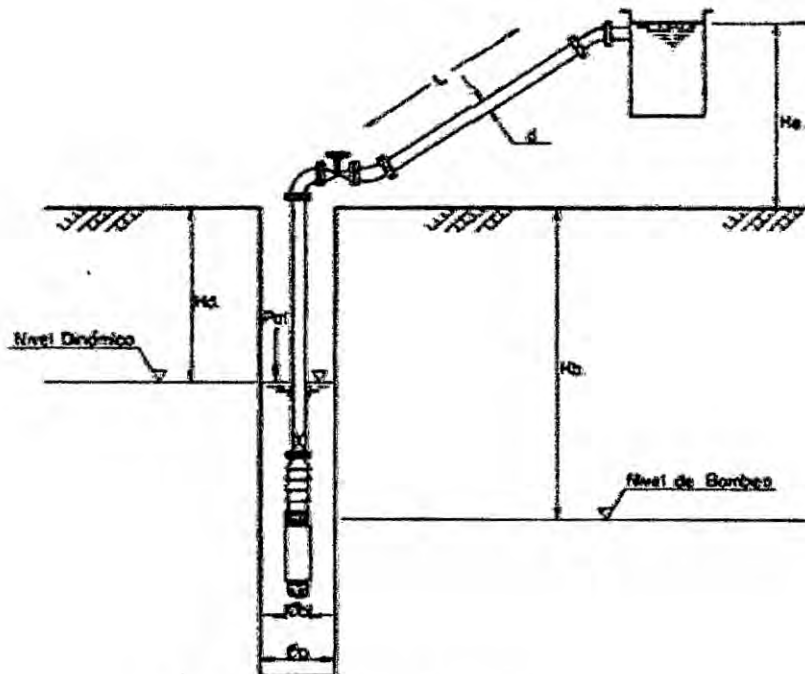
$Hd$  = Nivel Dinámico

$Hb$  = Altura del nivel de referencia a centro del primer impulsor.

$\Delta p$  = Pérdidas por fricción en tuberías y pérdidas locales en la succión y descarga.

FIGURA N° 2.4

ESQUEMA PARA DETERMINAR EL CÁLCULO DEL  $NPSH_D$  DE LA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE EN POZO PROFUNDO



Fuente: Elaboración propia

NPSH disponible está relacionado con la instalación (sistema) y debe tener una energía mayor que la necesaria de la bomba:

NPSH disponible > NPSH requerido

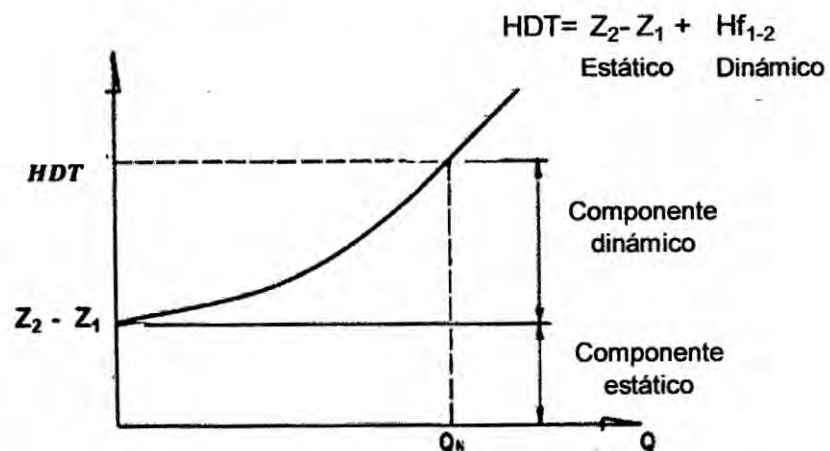
$NPSH_D = NPSH_R + 0.5 \text{ m. (caso mínimo)}$

**Curva del sistema de bombeo:**

La curva características del sistema HDT (Q) también conocida como de la tubería representa la altura total requerida de un sistema en función del caudal. La altura total del sistema es generalmente la suma de un componente, altura estática, independiente del caudal y un componente que depende de la altura de instalación, del tipo de tubería, longitud de la misma y los accesorios, la altura dinámica.

GRÁFICO N° 2.3

CURVA DEL SISTEMA DE BOMBEO

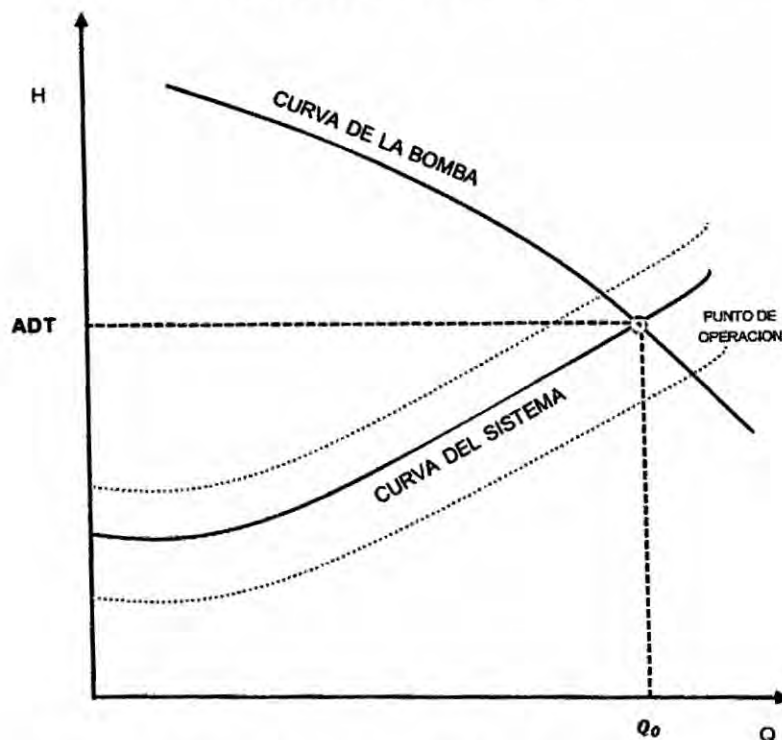


Fuente: Sterling SIHI: "Principios Básicos para el Diseño de Instalaciones de bombas Centrífugas". 7ª edición ampliada y revisada. Editorial GRÁFICAS GINER S.L., Madrid 2003.

### Relación entre Curva de la Bomba y Curva del Sistema.

El punto de trabajo de la bomba es aquel en que la altura total generada por esta es igual a la altura necesaria de la instalación: en otras palabras, el punto donde se cruza la curva  $H(Q)$  de la bomba y la del sistema  $H_a(Q)$ .

GRÁFICO N° 2.4  
RELACIÓN ENTRE CURVA DEL SISTEMA Y  
PUNTO DE OPERACIÓN



Fuente: Sterling SIHI "Principios Básicos para el Diseño de Instalaciones de bombas Centrífugas". 7ª edición ampliada y revisada. Editorial GRÁFICAS GINER S.L., Madrid 2003

Esto determina el caudal  $Q$  que puede ser suministrado por la bomba a través del sistema así como los valores de potencia

absorbida  $P$ , de rendimiento  $\eta$  y de NPSH requerido ( $NPSH_R$ ) de la bomba. Una importante condición para el funcionamiento real en el punto de trabajo también dependerá como se detalló en un punto anterior que el NPSH disponible ( $NPSH_D$ ) de la instalación tiene que ser superior al NPSH requerido ( $NPSH_R$ ) de la bomba al menos en el margen de la seguridad. El caudal requerido es normalmente el parámetro principal en el momento de seleccionar una bomba para un sistema determinado; la altura total del sistema (altura de la bomba) se calcula después, sobre la base de unas condiciones de funcionamiento previamente dadas.

**Velocidad específica ( $n_s$ ):**

Un determinado punto de servicio con un caudal  $Q$  y una altura total  $H$  se puede conseguir mediante bombas centrífugas con impulsores de diferentes formas, dependiendo de la velocidad. La velocidad específica es el valor característico de la forma del impulsor. Este término se define como la velocidad de un impulsor, geoméricamente similar en todos los aspectos a aquel que para una altura total  $H$  de 1 m da un caudal  $Q$  de 1 m<sup>3</sup>/s. La velocidad específica se refiere a los datos de funcionamiento en el punto de máximo rendimiento de un impulsor a diámetro máximo.

En las bombas de varias etapas se refiere exclusivamente a los datos de funcionamiento de la primera etapa.

La ecuación para la velocidad específica es:

Donde:

N = Revoluciones de equipo de bombeo (rpm)

Q = Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s)

H<sub>t</sub> = ADT = Altura dinámica total (m)

Z = Número de rodetes en serie en una bomba de multietapas

La ecuación de velocidad específica

$$n_s = \frac{N \cdot \sqrt{Q}}{(H_t)^{3/4}} \quad (2.24)$$

### 2.2.8: Análisis de inversión económica - Diámetro económico<sup>15</sup>

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

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

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

$$\text{Costo total de tubería instalada (US\$)} = \text{Costo tubería} \left( \frac{\text{US\$}}{\text{m}} \right) \times \text{longitud total(m)}$$

---

<sup>15</sup> Victor David Choy Bejar. Diseño de una nueva línea y selección de equipo del bombeo para la extracción del agua subterránea planes de expansión de mínimo costo de agua potable y alcantarillado EPS Chimbote. Trabajo de investigación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.2002

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

Costo total de equipos Instalados ( US\$)= $Kx(P_i)^a$

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

Costo anual de operaciones (US\$) = Horas de bombeo  $x P_i$  (kW)  $x$  energía  $\left( \frac{\text{US\$}}{\text{kW-hora}} \right)$

Costo anual de mantenimiento (Repuestos, insumos, personal, herramientas, etc.). Para la obtención de la mejor alternativa de menor costo es necesario llevar los costos anteriores a sus valores presentes de acuerdo al horizonte de anualidades condicionado por el tiempo de vida útil del equipo de bombeo y tubería.

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

Valor presente de Inversiones totales.- conformado por la suma del costo total de tubería más el costo total del equipo.

Valor presente de reposiciones totales.- conformado por la diferencia del Costo de Inversiones totales en un plazo de anualidades a la tasa de descuento y V.P. de inversiones totales

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

$$V.P \text{ reposicion} \text{ totales (US\$)} = VP \text{ inversiones totales (US\$)} \left[ \left( \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right) N - 1 \right]$$

Donde:

i: Tasa de descuento equivalente al 12% establecido por el BID

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

Valor Presente de explotación totales.- conformado por el V.P. de la suma de los costó de operación y mantenimiento anualizados de acuerdo a la tasa de descuento. Está regido por la siguiente Expresión: Finalmente la elección del diámetro se hará en función.

$$\text{V.P explotación totales (US\$)} = \text{Costo anual O y M (US\$)} \left[ \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]^{-1}$$

al menor V.P. Total siendo este el resultado de la sumatoria de todo los V.P. anteriores.

### **2.2.9: Planta de tratamiento de agua**

Se define como el conjunto de operaciones unitarias que pueden ser de tipo físico, químico o biológico y que tienen como fin último eliminar o, en su defecto, reducir la contaminación o los parámetros no deseables del agua a tratar para obtener agua de mejor calidad con las características deseadas de tal manera que se vuelva apta para el consumo humano.

La calidad del agua potable tiene que cumplir con los valores máximos establecidos en parámetros físicos, químicos, biológicos y radiológicos del agua obtenidos de la planta de tratamiento de agua.

Existen organizaciones gubernamentales a nivel nacional, organizaciones internacionales que norman los parámetros de la calidad del agua potable, fiscalizan en cumplimiento de dichos parámetros establecidos para el agua potable y el buen uso del recurso hídrico tales como:

- Organización Mundial de la Salud –Guía para la calidad del agua potable.
- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – DS N° 031-2010-SA.

**Existen diferentes tipos de planta de tratamiento de agua para potabilizar el agua salobre<sup>16</sup>.**

Se puede realizar de diferente manera, pero el resultado es siempre el mismo: producción de agua potable a partir de agua de mar o salobre.

**Procesos térmicos (destilación).**

Este proceso artificial del ciclo natural del agua, ya que el agua salina se calienta produciendo vapor de agua, que se condensa posteriormente para producir agua potable.

Para abaratar los costos, este proceso se realiza en una planta de destilación controlando el punto de ebullición, reduciendo la presión

---

<sup>16</sup> El agua salobre es aquella que tiene más sales disueltas que el agua dulce, pero menos que el agua de mar. Técnicamente, se considera agua salobre la que posee entre 0,5 y 30 gramos de sal por litro. Puede ser el resultado de mezclar agua de mar con agua dulce como ocurre con las aguas superficiales en el caso de los estuarios y de otros ecosistemas acuáticos, o puede ocurrir también en el subsuelo, en acuíferos salobres.



del agua, ya que la temperatura necesaria para alcanzar el punto de ebullición disminuye a medida que se reduce la presión. La reducción del punto de ebullición es fundamental en los procesos de desalación para conseguir una ebullición múltiple y para controlar las incrustaciones. Para reducir significativamente la cantidad de energía necesaria para mantener el proceso se emplean generalmente una serie de calderas operando a temperaturas descendientes.

La incrustación crea problemas térmicos y mecánicos y, una vez formada, es difícil de eliminar. Una forma de evitar la formación de estas incrustaciones es mantener la temperatura y el punto de ebullición por debajo de los valores críticos. Basándose en estos conceptos se utilizan diferentes sistemas de desalación.

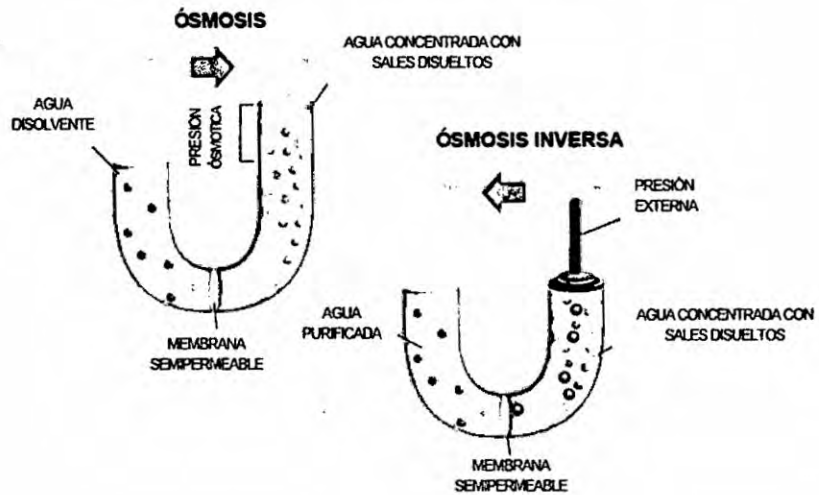
#### **Procesos de ósmosis inversa**

Es un proceso físico donde se aplica una presión superior a la presión osmótica, un efecto contrario a la ósmosis se puede lograr, al presionar fluidos a través de la membrana y sólo las moléculas de menor peso pasan del otro lado. En el tratamiento de agua los sólidos disueltos al generar esta presión quedan retenidos en la membrana y sólo pasa el agua, a esto se le llama ósmosis inversa. Para lograr este efecto del paso de agua es necesario presurizar el agua a un valor superior al de la presión osmótica.

Retiene las partículas en las membranas de 1 a 10 Å.

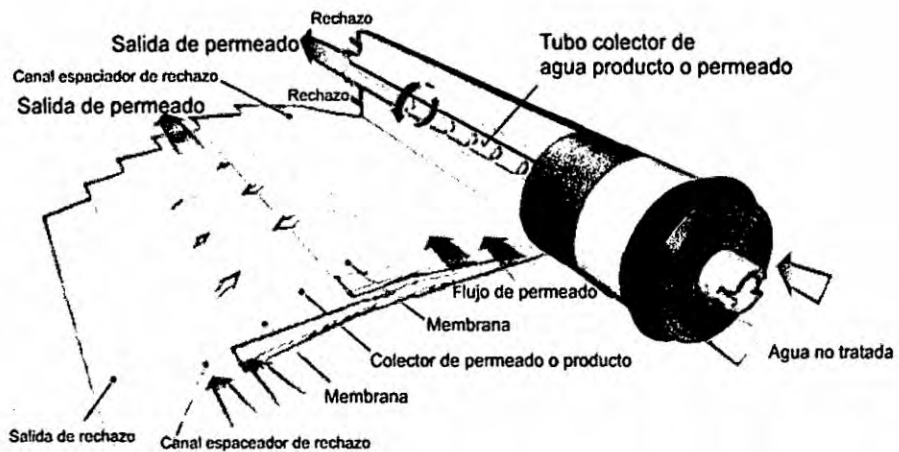
Nota:  $1\mu$  (micrón) =  $10^4$  Å (Armstrong)

FIGURA N° 2.5  
 PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA



Fuente: <http://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-la-osmosis-inversa/>

FIGURA N° 2.6  
 MEMBRANA DE ÓSMOSIS INVERSA

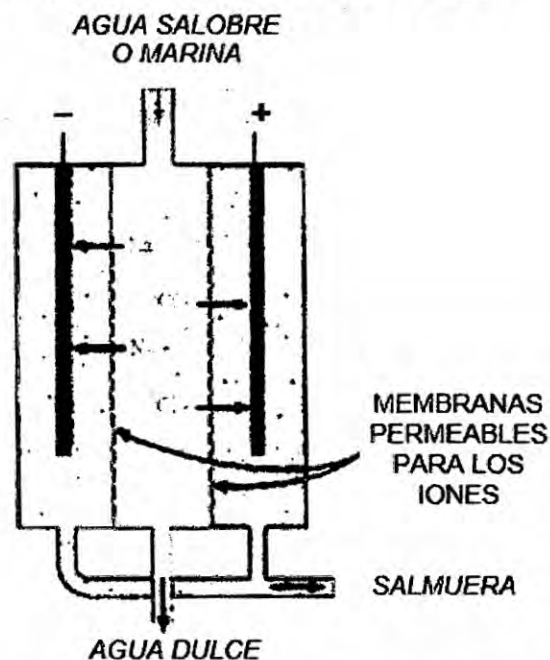


Fuente: <http://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-la-osmosis-inversa/>

### Procesos electrodiálisis

Es uno de los procesos que desalinizan del agua salobre o agua del mar. Se basa en el hecho de que si se hace circular por una solución iónica una corriente continua, los iones cargados positivamente (cationes) se desplazan en dirección al electrodo negativo. Del mismo modo, los iones cargados negativamente (aniones) se desplazan hacia el electrodo positivo. Por lo tanto, si entre el ánodo y el cátodo colocamos un par de membranas semipermeables, una de las cuales es permeable a los cationes y la otra lo es a los aniones, se irá paulatinamente formando una zona de baja salinidad entre las dos membranas.

FIGURA N° 2.7  
PROCESO DE ELECTRODIÁLISIS



Fuente: <https://es.scribd.com/doc/139623848/Electrodialisis>

## **2.3 Definiciones de términos básicos u otros contenidos**

### **Coefficiente de almacenamiento**

Es cuando se produce un cambio en el nivel de agua en un acuífero saturado, o una unidad confinada, una cantidad de agua puede ser almacenada o liberada. El coeficiente de almacenamiento,  $S$ , es el volumen de agua, por unidad de área y cambio en altura de agua, que una unidad permeable absorberá o liberará desde almacenamiento. De acuerdo a esta definición esta cantidad es adimensional.

### **Permeabilidad**

Capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado.

### **Transmisibilidad o Transítividad**

Es la cantidad de agua, por unidad de ancho, que puede ser transmitida horizontalmente a través del espesor saturado de un acuífero con un gradiente hidráulico igual a 1 (unitario).

### **Aforo del pozo:**

Se entiende aforo de un pozo a la medición del gasto de la producción del mismo y que proporciona información para un adecuado diseño y selección del equipo de bombeo

**Nivel estático:**

Es la distancia vertical medido en metros, desde el fondo del pozo hasta el nivel de espejo de agua cuando no está siendo bombeado es decir cuando se entra estabilizado.

**Nivel dinámico:**

Es la distancia vertical medida en metros, desde el fondo del pozo hasta el nivel al cual se mantiene el agua cuando es bombeada.

**Abatimiento:**

Es la diferencia en metros entre el nivel estático y el nivel dinámico que desciende el nivel estativo bajo la influencia del bombeo del pozo.

**Empaque de grava**

Grava seleccionada (redondeada y limpia), cuyas dimensiones serán determinadas en base a granulometría del material acuífero y a dimensiones de aberturas del filtro.

**Nivel de recuperación:**

Es la distancia vertical medido en metros desde el fondo del pozo hasta los nivel libres del agua a partir del momento que suspendió el bombeo y alcanza su estabilización.

**Rejillas (filtro ranurado)**

Es el área abierta para el flujo relativamente libre dentro del pozo. Para resistir las fuerzas a las que pueda estar sujeta la rejilla durante su instalación en el pozo y después de ella. Las aberturas de la rejilla, preferiblemente deberán tener una forma que facilite la entrada al flujo dentro del pozo, y a la vez dificulte a las partículas pequeñas.

**Pérdida de carga**

Es la energía por masa unitaria de agua que causa la resistencia superficial dentro del conducto, se convierte de energía mecánica a energía térmica. El agua pierde energía por frotamiento con las paredes de la tubería, las asperezas, la rugosidad, los cambios de diámetros y los cambios de dirección.

**Demanda**

Es la cantidad de agua que está dispuesto a adquirir para satisfacer un determinado objetivo de producción o consumo.

**Pozo de agua**

Es un agujero, excavación o túnel vertical que se perfora para la captación vertical que permite la explotación del agua freática contenida en el acuífero.

## CAPÍTULO III

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.1 Variables de investigación

##### V.I: Diseño hidráulico de extracción de agua salobre

###### Indicadores:

- Dimensionar las tuberías y accesorios sistema de los filtros.
- Seleccionar los filtros de la electrobomba.

##### V.D: Demanda de Planta de tratamiento de agua.

###### Indicadores:

- Registrar los consumos de líneas de producción, caderas, sistema de frío, lavadora de botellas.
- Calcular los ratios de producción de bebidas.

#### 3.2 Operacionalización de variables.

En la tabla N° 3.1 se muestra la relación de las variables de la investigación con los objetivos específicos.

TABLA N° 3.1:  
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Diseño hidráulico de extracción de agua salobre	Es la variable que expresa la configuración del sistema hidráulico en pozo de extracción de agua mediante el dimensionamiento y la selección de los accesorios	Tuberías. Filtros y rejillas. Bomba	Dimensionar las tuberías y accesorios. Seleccionar los filtros la electrobomba.
Demanda de Planta de tratamiento de agua.	Es la variable que expresa el consumo de la planta de tratamiento de agua medidos con ratios de producción, cajas unitarias producidos y registro de consumo en las calderas ,equipos de frío ,lavadora de botellas y etc.	Caudal de consumo de las maquinarias (m <sup>3</sup> /h) Cajas unitarias	Registrar los consumos de líneas de producción, Caderas, sistema de frío, lavadora de botellas y etc. Calcular los ratios de producción de bebidas.

Fuente: Elaboración propia

### **3.3 Hipótesis.**

#### **3.3.1 Hipótesis general.**

Mediante un adecuado diseño del sistema hidráulico se logrará satisfacer la demanda de la planta de tratamiento de agua de la empresa Corporación Lindley. S.A

#### **3.3.2 Hipótesis específicas.**

- Si se determina adecuadamente la posición de la electrobomba sumergible dentro del pozo profundo mediante el estudio hidrogeológico.
- Si se determinan las dimensiones de las tuberías y la selección de los accesorios del sistema hidráulico se obtendrá el caudal requerido.



## **CAPÍTULO IV**

### **IV.METODOLOGÍA.**

#### **4.1 Tipo de investigación.**

El presente trabajo de investigación tecnológico.

#### **4.2 Diseño de la investigación.**

No Experimental

##### **4.2.1. Parámetros básicos de la investigación**

- Se realizó estudios de Sondeo Eléctrico método Schlumberger.
- Selección del tipo del material a utilizar para diseño del pozo en función del clima del lugar y análisis físico químico de muestra de agua.
- Diámetro del Pozo
- Profundidad del Pozo.
- Cálculo de la demanda de agua en Planta Pucusana.

##### **a) Estudio hidrogeológico.**

###### **Antecedentes:**

En cuanto a la fuente de agua subterránea, se ha consultado a diferentes identidades como Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico "INGEMMET" y Autoridad Nacional del Agua "ANA" los estudios hidrogeológicos se realizaron al inicio de la compra del terreno por parte de la empresa Corporación Lindley S.A en los años 2009 y 2010 como parte de factibilidad de encontrar el recurso hídrico.

### **Ubicación geográfica y acceso:**

El estudio ha quedado delimitado dentro de un área de investigación de 68.29 Km<sup>2</sup> aproximadamente abarcando políticamente parte del distrito de Pucusana de la provincia de Lima y Chilca de la provincia de Cañete, ambos pertenecen al departamento de Lima. Geográficamente se encuentra dentro de las Coordenadas del Sistema Proyección Transversal Mercator versión PSAD 56:

Por el Norte entre: 8'615,065 m. y 8'622,000 m.

Por el Este entre: 305,358 m. y 315,186 m.

La zona evaluada, es cruzada por la Carretera Panamericana Sur, quedando los terrenos del proyecto a la altura del Km. 59.7

(Véase el plano N° 4.1, en anexo de plano)

### **Características Geológicas –Geomorfológicas**

Dentro del área evaluada por las evidencias dejadas por el río, se nota que su curso ha sido muy inestable, en donde se han formado terrazas identificadas a lo largo del valle, en donde el relleno aluvial se encuentra distribuido en forma alternada, formando horizontes de materiales de diferente permeabilidad, por donde circulan y se almacenan las aguas subterráneas, siendo el río Chilca el que con sus avenidas esporádicas, a nivel regional, origina su alimentación.

Se han identificado dos unidades claramente definidas que son: los afloramientos rocosos y los depósitos del relleno cuaternario.<sup>17</sup>

### **Afloramiento rocoso**

Afloran hacia el Norte del área evaluada, constituidos por rocas del cretáceo Inferior de la formación Chilca y Pamplona, que se encuentran limitando el acuífero en este sector.

- **Formación Chilca (Ki-Ch)**

Es una secuencia volcánico – sedimentaria constituida en su parte inferior por calizas y rocas clásticas intercaladas con derrames volcánicos, afloramientos rocosos que corresponden al cerro Chuleta y Víbora.

- **Formación Pamplona (Ki-pa)**

Se identifican en los afloramientos frente a la Garita de Pucusana, formación que identifica litología arcillo calcárea con Lutitas y Margas en capas, delgadas calizas bituminosas, intercaladas con algunos niveles de areniscas volcánicas que tienen matriz calcárea de grano fino. Rocas intrusivas corresponden a cuerpos subvolcánicos de intrusiones tempranas a cuerpos plutónicos que constituyen el batolito de la costa; así como algunas intrusiones subvolcánicas menores de emplazamiento posterior; en la zona se identifican en el cerro La Quipa como Dioritas (Ks-di-pt).

---

<sup>17</sup> Estudio de suelos de distrito de Pucusana y Chilca para Proyecto Pucusana tomando como referencia datos de investigación de Instituto de Energía y Minas

## **Depósitos cuaternarios**

### **• Depósitos aluviales recientes (Qr-al)**

A nivel general, se encuentran constituidos por sedimentos arrastrados por las aguas del río Chilca desde las altas montañas formando el abanico aluvial en donde la litología y la forma como se ha depositado, se aprecian en los cortes formados por las terrazas. Las perforaciones en la zona evaluada, definen conglomerados que contienen cantos de diferentes tipos, gravas subangulosas y clastos de arenas y arcillas de estas características que presentan estos sedimentos, les confiere buenas propiedades de porosidad y permeabilidad que favorecen el almacenamiento y flujo de las aguas subterráneas, cuya alimentación depende principalmente por los aportes de la cuenca desde las altas montañas, así como también por los aportes que en años extraordinarios se dan por el curso del río Chilca, lo que se incrementa con las filtraciones de los canales de regadío y terrenos de cultivo que se tienen sobre todo en la parte alta del valle; son estas condiciones que hace recomendable que esta unidad sea prospectada por aguas subterráneas.

### **• Depósitos aluviales del Pleistoceno (Qp-al)**

Se refieren a los depósitos aluviales que generalmente se ubican en la desembocadura de las quebradas.

• **Depósitos eólicos (Qr-e)**

Estos sedimentos se han formado por la acción de los vientos, la que sigue la forma del relieve del terreno, los que se han acumulado en los desniveles de los taludes de los afloramientos y se encuentran también cubriendo parte de los depósitos aluviales y diferentes espesores.

(Véase el plano N° 4.2, en anexo de planos)

**b) Prospección geofísica.**

El rendimiento que pudiera alcanzar los pozos está en función de directa a los materiales permeables que suelen distribuirse dentro de los canales o causes antiguos enterrados y que no presenta evidencia superficiales.

Es por esto la aplicación de prospección geofísica tiene como objetivo principal determinar las propiedades eléctricas de los diferentes horizontes que conforma el acuífero sus potencias y profundidades a que se halla la capa impermeable.

Luego con estos resultados se selecciona el área por sus características geocéntricas favorables para la construcción del pozo. La prospección geofísica por el método de Resistividad Eléctrica, es parte de las investigaciones orientadas a la evaluación de las condiciones hidrogeológicas del subsuelo para contemplar la explotación del recurso hídrico subterráneo.

### **Particularidades del método.**

Tratándose de deposiciones consolidadas por ser una zona desértica, el método prospección geofísica aporta mayores datos de estudio es la de resistividad eléctrica mediante la aplicación del **Sondaje Eléctrico vertical (S.E.V).** Utilizado la configuración eléctrica de **Shlumberger**. Para prospectar la estructura del relleno y de acuerdo a la disponibilidad del espacio para el tendido de línea, se ha utilizado la configuración simétrica y asimétrica, propuesta por Schlumberger con una longitud de envío de corriente máxima de 600 m. y de recepción de 40 m, lo que ha permitido profundizar la investigación por debajo de los 100.0 m. de profundidad.

### **Ubicación de los sondeos eléctricos verticales de superficie realizados en terreno de Corporación Lindley S.A - Pucusana**

En la zona evaluada se han realizado 12 estaciones de sondeos eléctricos verticales de superficie, existen una serie de ábacos o curvas maestras se adoptan la interpretación analítica por ser la más adecuada para este caso. Resumiendo el método de la resistividad por su eficiencia de aplicación permite evaluar parámetros como la geometría del acuífero, grado de salinidad del agua subterránea. Para lo cual se establece que cuando los sedimentos están secos se Comporta de forma de aislante a medida que el agua se satura se hace más conductible disminuyendo su resistividad y el agua

contenido en el espacios saliniza se llega al otro extremo de la escala, donde la resistividad se hace cero.

(Véase el gráfico N°4.1, en anexo de planos)

(Véase el plano N°4.3, en anexo de planos)

### Análisis de resultados:

Al interpretar cada curva de campo, permite conocer en profundidad desde la superficie del terreno, la distribución de las distintas capas geoelectricas; es decir determina valores de resistividad verdadera de cada estrato y su espesor correspondiente con lo cual se evalúa la presencia y calidad del acuífero.

**TABLA N° 4.1:**  
**RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS EN EL SECTOR CHILCA PUCUSANA**

Sondajes	$R_1$	$h_1$	$R_2$	$h_2$	$R_3$	$h_3$	$R_4$	$h_4$	$R_5$	$h_5$	$R_6$	$h_6$	$R_7$	$h_7$	H
	$\Omega\text{-m}$	m	$\Omega\text{-m}$	m	$\Omega\text{-m}$	m	$\Omega\text{-m}$	m	$\Omega\text{-m}$	m	$\Omega\text{-m}$	m	$\Omega\text{-m}$	m	135.
01	70	1.10	27	2.10	82	29	12	103	2242	...					
02	183	1.20	29	2.60	19	2.10	84	27	8	110	3.9	....			
03	501	1.10	51	2.90	17	3.10	43	14	13	41	3.3	62	354	...	
04	64	1.20	26	2.90	12	1.60	39	10	4.5	40	1.1	34	1076	....	
05	26	1.20	12	2.90	19	11.0	3.2	138	804	....	.....	....			
06	28	0.86	16	1.50	7.8	2.40	41	7.80	3.2	130	109	...			
07	384	1.10	38	3.0	97	11.0	12	41	5.2	93	14	...			
08	230	0.98	49	3.90	18	1.50	44	10	107	27	22	103	1082		
09	28	0.85	280	0.45	16	22.0	7.5	233	54	...	.....	.....			
10	825	1.30	337	3.60	89	17.0	126	18	6.1	91	3362	....			
11	666	1.10	94	4.90	57	2.70	153	14	22	66	12	144	147	...	
12	555	1.10	103	3.80	28	1.90	98	15	12	75	2.20	.....			

H=Profundidad hasta la base de la capa, R= Resistividad ( $\Omega\text{-m}$ ),

: h=Espesor de cada capa en m.

Fuente: Elaboración propia

Partir de los resultados cuantitativos obtenidos, se ha podido elaborar

### **Resistividad verdadera del horizonte productor H3.**

Esta Carta de Resistividad Verdadera del horizonte productor H3, induce a definir que la capa de aluvión, es más resistente, en donde la permeabilidad es más alta.

Los valores más altos, se encuentra en el SEV. 08 en donde el valor llega hasta los 22 Ohm-m, en las inmediaciones del pozo IRHS 645 el valores de la resistividad verdadera llega a los 12 Ohm-m, 6.10 Ohm-m y 7.5 Ohm-m son propicios para el tipo de agua subterránea para afines que se busca.

(Véase el plano N°4.4, en anexo de planos)

### **Isopacas del horizonte productor H3.**

La Carta de Isopacas, nos muestran los espesores del horizonte productor H3, que subrayase al Basamento Resistivo, la mayor potencia se presenta en los SEV 09 que llega a 233.0 m de espesor.

(Véase el plano N°4.5, en anexo de planos)

### **Techo del basamento.**

El techo del Basamento muestra que es más profundo en dirección de la Panamericana Sur en el SEV. 09, que llega a 256.3 m.

(Véase el plano N°4.6, en anexo de planos)



### **Secciones geológicas:**

Se presentan las secciones geoeléctricas, en donde se han definido cuatro (04) horizontes de diferentes características de resistividad, identificando la existencia de sedimentos con agua salobre a altamente salobre en profundidad.

### **Sección geoelectrico: SEV. 03 - 02 – 01.**

#### **Primer horizonte H1**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 17.0 a 501.0 ohm-m que corresponde a la capa superficial seca, cuyos espesores varían de 3.2 a 7.1 m., típico de sedimentos de baja a muy alta permeabilidad.

#### **Segundo horizonte H2**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 43.0 a 84.0 ohm-m, alcanzando espesores entre 14.0 a 29.0 m., indicativo de sedimentos de alta permeabilidad, que se encuentran parcialmente secos.

#### **Tercer horizonte H3**

Corresponde a un horizonte heterogéneo en donde los valores de resistividad verdadera van de 3.30 a 13.0 ohm-m, indicativo de sedimentos de muy baja a baja permeabilidad, salobres.

#### **Cuarto horizonte H4**

Corresponde al impermeable resistente determinado solo en los SEV. 01 y 03 su espesor no ha sido determinado por ser de la última capa en estudio.

(Véase el plano N°4.6, en anexo de planos)

#### **Sección geoelectrónico SEV. 04 - 12 - 11 – 10**

##### **Primer horizonte H1**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 12.0 a 825.0 ohm-m, que corresponde a la capa superficial seca, con espesores entre 4.9 a 6.9 m., que identifican sedimentos de mediana a muy alta permeabilidad.

##### **Segundo horizonte H2**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 39.0 a 153.0 ohm-m. Alcanzando espesores entre 10.0 y 35.0 m., indicativo de presencia de sedimentos de alta a muy alta permeabilidad, en estado parcialmente secos.

##### **Tercer horizonte H3**

Corresponde a un horizonte heterogéneo con valores de resistividad verdadera que van de 1.10 a 22.0 ohm-m., indicativo de sedimentos de muy baja a mediana permeabilidad, salobres.

#### **Cuarto horizonte H4**

Corresponde al impermeable resistente determinado en todas las estaciones ejecutadas, su espesor no se ha determinado por ser la última capa del estudio.

(Véase el plano N°4.8, en anexo de planos)

#### **Sección geoelectrico SEV. 05 - 06 - 07 - 08 - 09**

##### **Primer horizonte H1**

Presenta valores de resistividad verdadera entre 5.30 y 384.0 ohm-m., que corresponde a la capa superficial seca, cuyos espesores varían entre 11.96 a 23.30 m típico de sedimentos de muy baja a muy alta permeabilidad.

##### **Segundo horizonte H2**

Se presenta solo en el SEV 08 con un valor de resistividad verdadera de 107 ohm-m., alcanzando un espesor de 27.0 m en donde se presenta en forma de lente, con sedimentos de alta permeabilidad, parcialmente secos.

##### **Tercer horizonte H3**

Corresponde a un horizonte heterogéneo con valores de resistividad verdadera entre 3.20 a 22.0 ohm-m, indicativo de sedimentos de muy baja a mediana permeabilidad, salobres.

#### **Cuarto horizonte H4**

Corresponde al impermeable resistente determinado en todas las estaciones ejecutadas, su espesor no se determinó por tratarse de la última capa en estudio.

(Véase el plano N°4.9, en anexo de planos)

#### **c) Inventario de fuentes de agua.**

En la zona evaluada de los distritos de Pucusana y Chilca se han identificado 138 pozos.

TABLA N° 4.2:  
TIPOS DE POZOS SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN  
EN LOS DISTRITOS DE PUCUSANA Y CHILCA:

<b>Cantidad</b>	<b>Tipo de Pozos</b>
52	Tubulares
04	Mixtos
82	Tajo abierto

Fuente: Elaboración propia.

#### **Características de los Pozos evaluados.**

Los pozos presentan profundidades desde 1.80 m como el pozo IRHS N° 345 de Propiedad de la familia Hilario Caycho.

Los pozos IRHS 672 de Propiedad de SEDAPAL, N° 669-N° 670 de propiedad de Casa Blanca y N° 673 de Propiedad Asoc. Propietarios Santa María llegan hasta la profundidad de 120m.

Existe 71 están equipados en funcionamientos explotándose caudales entre 2 l/s en los pozos IRHS N° 235, IRHS N° 268 Sector San Pedro y IRH S N° 647 llegando extraer hasta caudales 78 l/s.

TABLA N° 4.3:  
SITUACIÓN ACTUAL DE LOS POZOS EN DISTRITO DE  
PUCUSANA Y CHILCA

Cantidad Pozos	Situación actual
71	Funcionamiento
36	Sin equipo utilizables
27	No utilizable

Fuente: Elaboración propia.

### **Acuífero**

En la zona de estudio los pozos profundos son bastante antiguos, los que fueron perforados entre los años 1950 y 1990, pero se ha podido recuperar 02 perfiles litológicos dentro del terreno de Corporación Lindley S.A y 01 perfiles litológicos adyacentes. Donde se aprecia que el acuífero discurre por sedimentos gruesos de cantos rodados (piedras) con arena, cascajo y arcilla, mezclados formando lentes o estratos de diferentes características y permeabilidades.

(Véase el plano N°4.10, en anexo de planos)

### **La Napa freática**

La napa freática forma parte del acuífero del valle de Chilca, la que se origina por las filtraciones que tiene en su recorrido desde las altas montañas y llega como sub corriente a la zona de evaluación.

El nivel del agua subterránea con respecto a la superficie del suelo, se torna un poco superficial hacia el Suroeste que llega al 1.20 m. en el pozo IRHS 458 Sector Coñoma y se hace más profunda hacia el Este donde el agua se encuentra a los 77.65 m. en el pozo IRHS 670 Casa blanca.

### **La carta de Isoprofundidad**

Puede apreciar que de manera general el nivel del agua varía entre 1.0 m y 80.0 m. incrementándose desde la parte baja hacia la parte alta del valle, lo que tiene mucho que ver, con la topografía agreste

del terreno; en la zona del proyecto el nivel del agua subterránea se encuentra entre 15.0 y 26.0 m. de profundidad.

(Véase el plano N°4.11, en anexo de planos)

#### **La carta de hidroisohipsas**

Las mediciones del nivel del agua referidas al nivel medio del mar, han permitido observar que el nivel del agua subterránea se encuentra entre cotas de - 0.70m a 8 msnm. y que por la forma como se distribuyen las curvas, se aprecia un avance del nivel cero hacia el continente, si comparamos las cartas de hidroisohipsas del año 1982 presentado en la “Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos en el Valle de Chilca” y del año 2005 en el “Inventario de Fuentes de Agua Subterránea en el Valle de Chilca”.

El sentido de escurrimiento del agua subterránea entre los pozos IRHS 670 y 673, se orienta en sentido Noreste a Suroeste con un gradiente hidráulico de 0.5% ; entre el pozo IRHS 673 y casi la carretera panamericana sigue la orientación en sentido paralelo al cauce del río con un gradiente hidráulico promedio de 0.1 %; entre los pozos IRHS 310A y 303A, el sentido sigue la orientación Noreste Sureste con un gradiente hidráulico de 1.5% y entre los pozos IRHS 631 y 678 el sentido de escurrimiento es Noreste Suroeste con un gradiente hidráulico de 0.1%; se aprecia que el agua subterránea se desplaza entre sedimentos de diferentes permeabilidades.

(Véase el plano N°4.12, en anexo de planos)

### Variación del nivel freático.

Del análisis de la información existente, se ha rescatado la información de la variación piezométrico que se ha realizado en el pozo IRHS 645 que se encuentra dentro del proyecto, en donde se tiene:

TABLA N° 4.5:  
DATOS HISTÓRICOS DE VARIACIÓN PIEZOMÉTRICO  
DEL POZO IRHS 7A

Año	Mes	Nivel Estático m
1966	Agosto	20.30
1968	Noviembre	20.34
1971	Mayo	20.24
1974	Noviembre	25.67
1975	Diciembre	20.26
1976	Diciembre	19.98
1977	Noviembre	20.00
1978	Diciembre	20.07
1979	Abril	20.29
1982	Octubre	19.75
1982	Diciembre	19.72
1987	Marzo	19.85
1992	Junio	19.98
2009	Junio	20.40
2011	Marzo	20.35

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la alimentación por efecto hidrológico que hace el río Chilca con la explotación del agua subterránea del acuífero de la zona; el análisis de esta información determina que el punto crítico



fue el mes de Noviembre de 1974 que llega a su punto más bajo (25.67 m.) y su mejor nivel lo tiene en Junio de 1977 (19.37 m.), en este lapso de 45 años, el nivel del agua ha tenido una variación máxima de 6.30 m., manteniendo un ritmo de casi 0.15 m. por año, lo que puede considerarse como un acuífero de niveles estabilizados lo que da un aliciente para poder plantear la ejecución de nuevas obras de captación de aguas subterráneas, planteando que la explotación se realice creando un frente para detener la intrusión marina.

#### **Cálculo de la transmisibilidad y el coeficiente de almacenamiento:**

Se determinó los valores de "T" y "S" a través de las pruebas realizadas en los Pozos IRHS 7A y 165. La determinación de la constante de un acuífero ("T" y "S") y de la producción probable de un pozo se hace por medio de una prueba de bombeo en el campo. Es posible hacer una prueba de bombeo contando solo con el pozo de bombeo, pero con los resultados son afectados por la alta velocidad de agua en la zona inmediata al pozo. También se pueden aprovechar los niveles de recuperación del pozo para facilitar la interpretación de los datos. Precauciones que se debe tener de inicio una prueba de bombeo. Una prueba tiene por objetivo predecir el comportamiento de un acuífero con base en su reacción a la extracción de un caudal dado durante un tiempo determinado, por

consiguiente siempre debe tenerse presente que el agua extraída con anterioridad a la prueba puede ejercer efectos durante esta (recuperación de bombeo previos) .Lo más recomendable es tener un registro de los niveles y sus variaciones para todo los pozos, por lo menos durante las cuarenta y ocho horas previas a las pruebas de bombeo.

#### **Ventajas y desventajas en las pruebas de bombeo.**

**Ventaja:** Teóricamente se podría obtener los valores de "K" y "S" en un laboratorio y conociendo el espesor de acuífero (m) se obtendría los valores de "T" y "S" pero este procedimiento tendrá los inconvenientes de que las muestras podría no ser representativas haberse alterado al tomarlas, no existiendo los acuíferos ideales , los valores de "T" y "S" obtenidos en una prueba de bombeo representan las condiciones promedio de la zona más cercana al pozo. Un buen número de pozos de observación estratégicamente ubicados dará mayor grado de homogeneidad del acuífero y sobre la presencia de límites del acuífero sobre fuentes de recarga.

**Desventaja:** La prueba de bombeo está en su alto costo y riesgo de interpretar mal en las variaciones en el nivel del agua motivadas por factores ajenos .El hecho de que en muchos casos se obtengan valores diferentes del "T" y "S" en un mismo acuífero por la heterogeneidad de los acuíferos y el uso de la simulación en la evaluación y manejo de acuíferos que los valores de "T" y "S"

determinados para cada pozo de bombeo solo rigen en una área muy limitada.

**Procedimiento para realizar una prueba de bombeo.**

La prueba consiste en bombear un pozo dado (pozo de bombeo) a un caudal constante mientras se obtienen datos sobre el abatimiento o depresión que para diferentes tiempos sufre el nivel de agua en todos los pozos. Estos datos se obtendrán por medio de piezómetros eléctricos o cintas metálicas o tiza azul.

Los pozos de explotación dentro del área se dejaron en reposo durante dos días por lo menos, período en la cual se harán medidas del nivel de agua en los pozos para observar las fluctuaciones que pueden existir en estos niveles.

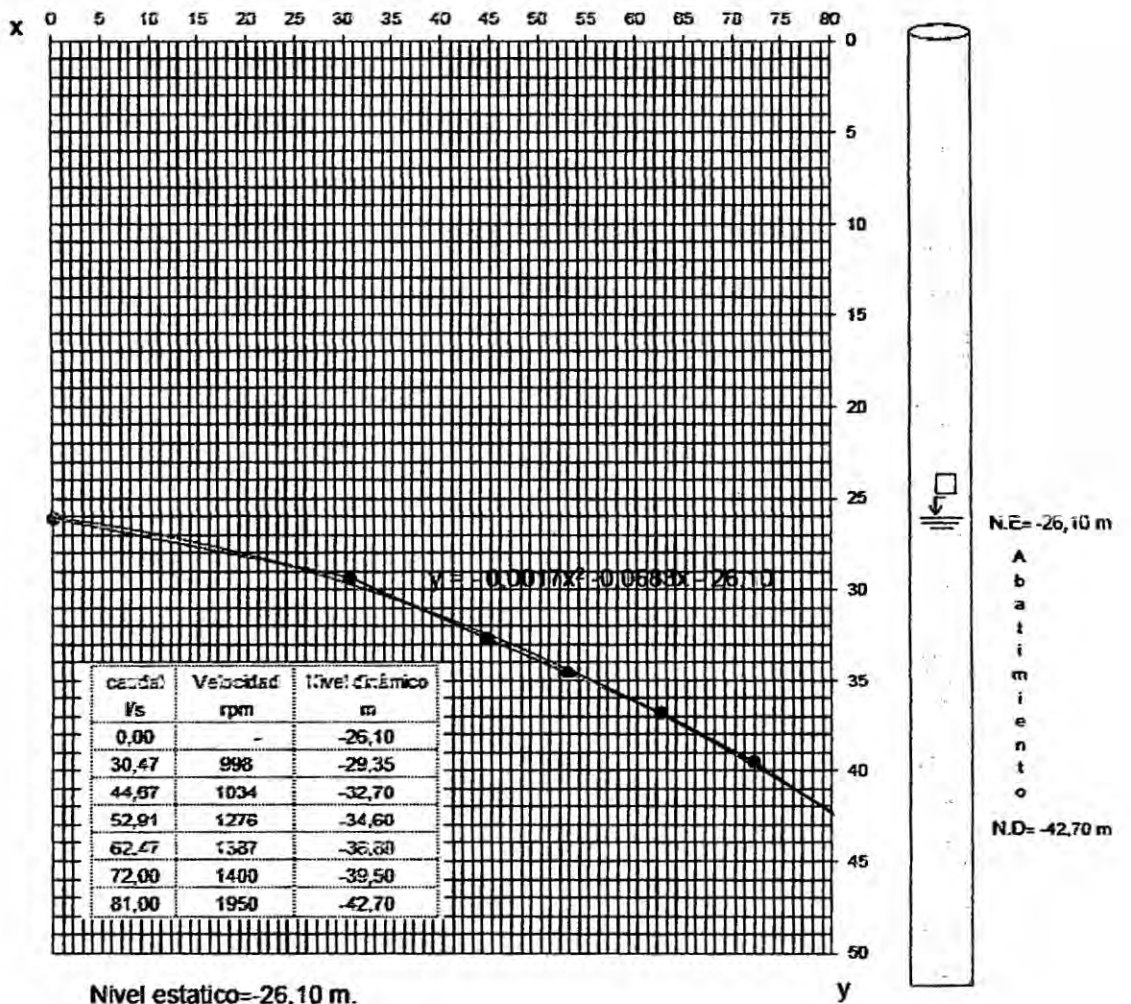
Pruebas realizadas para determinar "T" y "S" se ha realizado las pruebas a caudal constante y caudal variable de pozos IRHS 07 e IRHS 645 dentro de los terrenos de Corporación Lindley S.A – Pucusana.

Las pruebas se han realizado tanto en su fase de descenso como de recuperación, midiendo la variación de los niveles de agua hasta su estabilización y el caudal de bombeo. La información generada, ha permitido graficar e interpretar por el método de aproximación logarítmica de Theis Jacob, habiéndose calculado los coeficientes de transividad y permeabilidad, tal como se aprecia en los gráficos a continuación:

**GRÁFICO N° 4.1**  
**PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL ESCALONADA**  
**DEL POZO IRHS 645**

Departamento: Lima                      Fecha: 25-28 Mayo 2010  
 Provincia: Lima                          N.E./P.R.: -26,10 m.  
 Distrito: Pucusana                      P.R.: 0,57 m.  
 Nombre del pozo: **POZO IRHS 645 OLIVAR 1**

Caudal en l/s

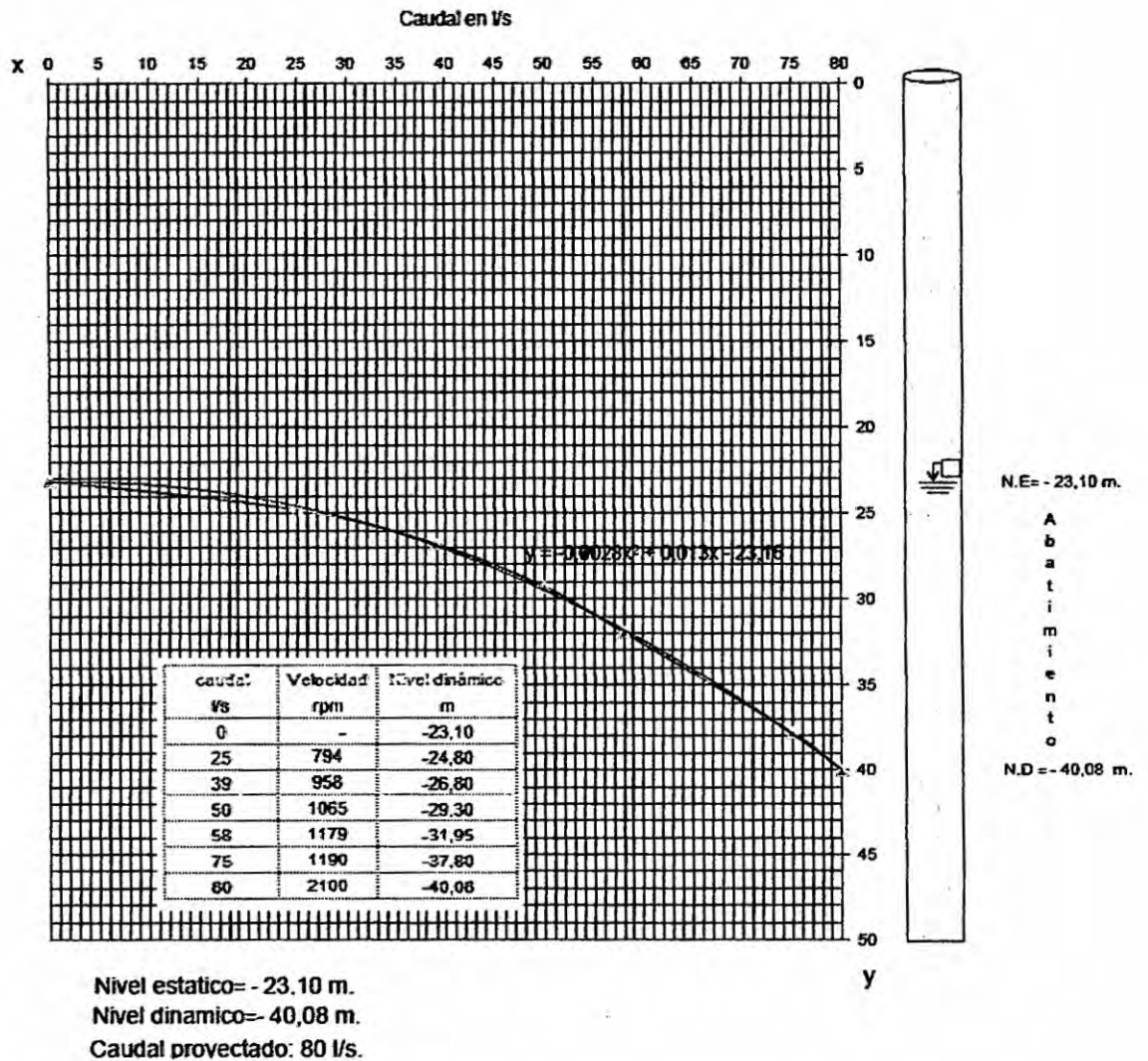


Nivel estatico=-26,10 m.  
 Nivel dinamico=-42,70 m.  
 Caudal proyectado= 81 l/s.

Fuente: Elaboración propia.

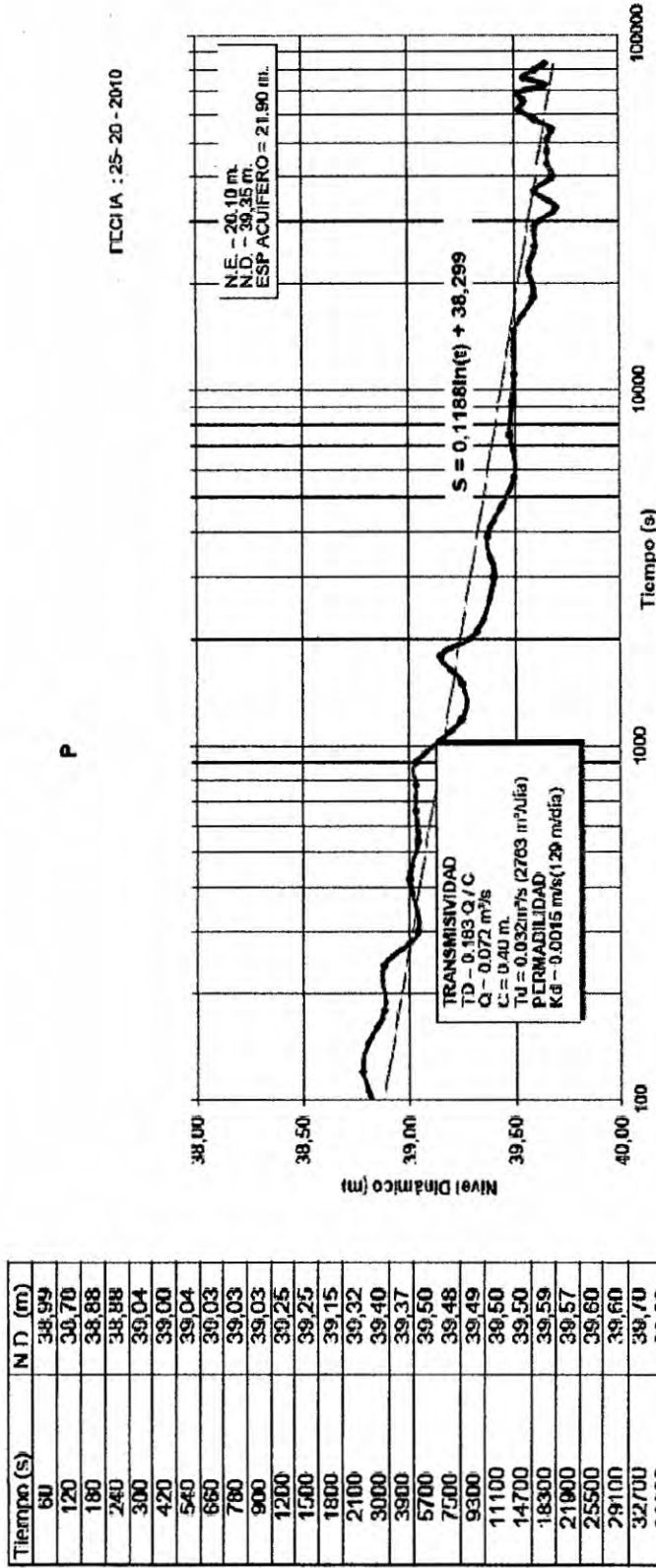
**GRÁFICO N° 4.2**  
**PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL ESCALONADA**  
**DEL POZO IRHS 7A**

Departamento: Lima                      Fecha: 03-05 Junio 2010  
 Provincia: Lima                          N.E./PR: - 23,10 m.  
 Distrito: Pucusana                      P.R: 0,60 m.  
 Nombre del pozo: *POZO IRHS 7A OLIVAR 2*



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4.3  
 PRUEBA DEL DESCENSO DEL ACUÍFERO NIVEL DE AGUA DEL POZO IRHS 645 – OLIVAR 1



Tiempo (s)	N.D. (m)
60	38.99
120	38.70
180	38.88
240	38.88
300	39.04
420	39.00
540	39.04
660	39.03
780	39.03
900	39.03
1200	39.25
1500	39.25
1800	39.15
2100	39.32
3000	39.40
3900	39.37
5700	39.50
7500	39.48
9300	39.49
11100	39.50
14700	39.50
18300	39.59
21900	39.57
25500	39.60
29100	39.60
32700	39.70
36300	39.60
39900	39.68
43500	39.66
47100	39.66
50700	39.66
54300	39.68
57900	39.60
61500	39.53
65100	39.55
68700	39.52
72300	39.65
75900	39.55
79500	39.60
83100	39.65

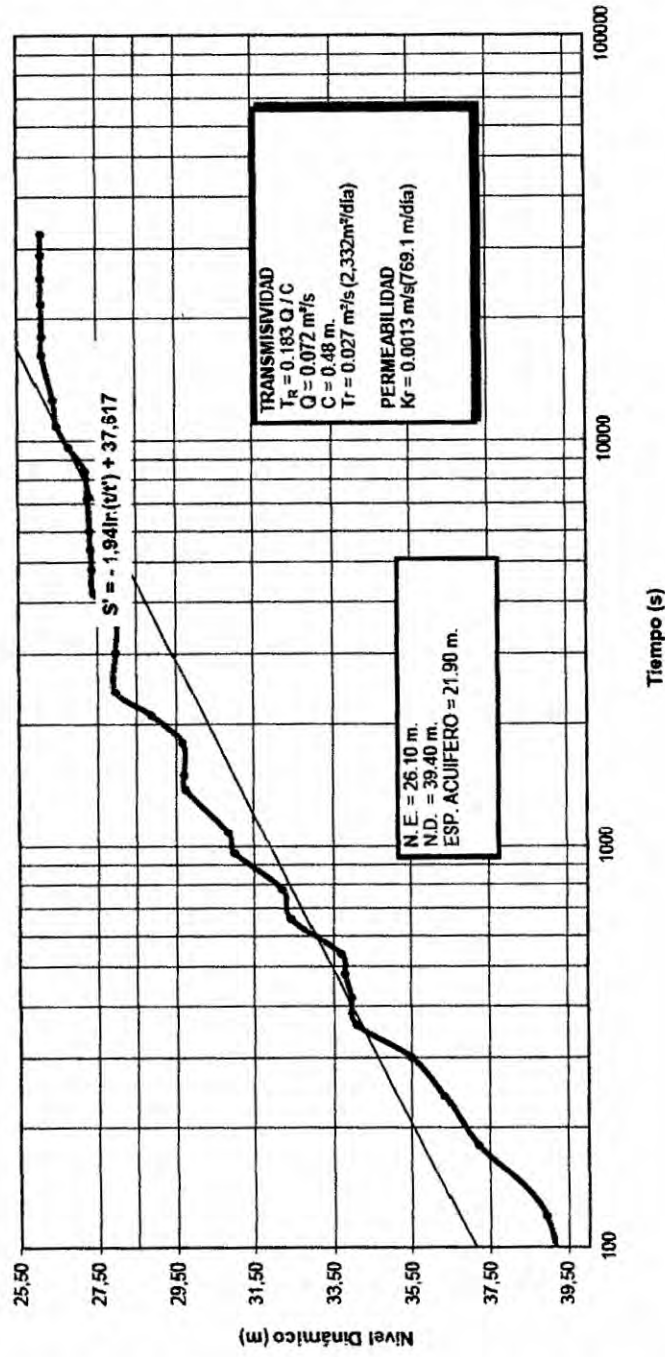
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4.4

PRUEBA DE RECUPERACIÓN DE ACUÍFERO DEL NIVEL DE AGUA POZO IRHS 645 - OLIVAR 1

Tiempo (s)	N.D. (m)
60	39,40
120	38,96
180	37,22
240	36,36
300	35,50
360	34,10
420	33,98
480	33,81
540	33,72
660	32,45
780	32,23
960	31,00
1080	30,85
1380	29,75
1500	29,72
1800	29,67
2100	28,90
2400	27,98
3000	27,99
3600	27,99
4200	27,42
4800	27,38
5400	27,35
6000	27,32
7200	27,28
8400	27,22
9600	26,80
10800	26,50
12600	26,40
16200	26,11
18000	26,12
21600	26,11
25200	26,10
28800	26,10
32400	26,10

FECHA : 25 - 26 - 2010

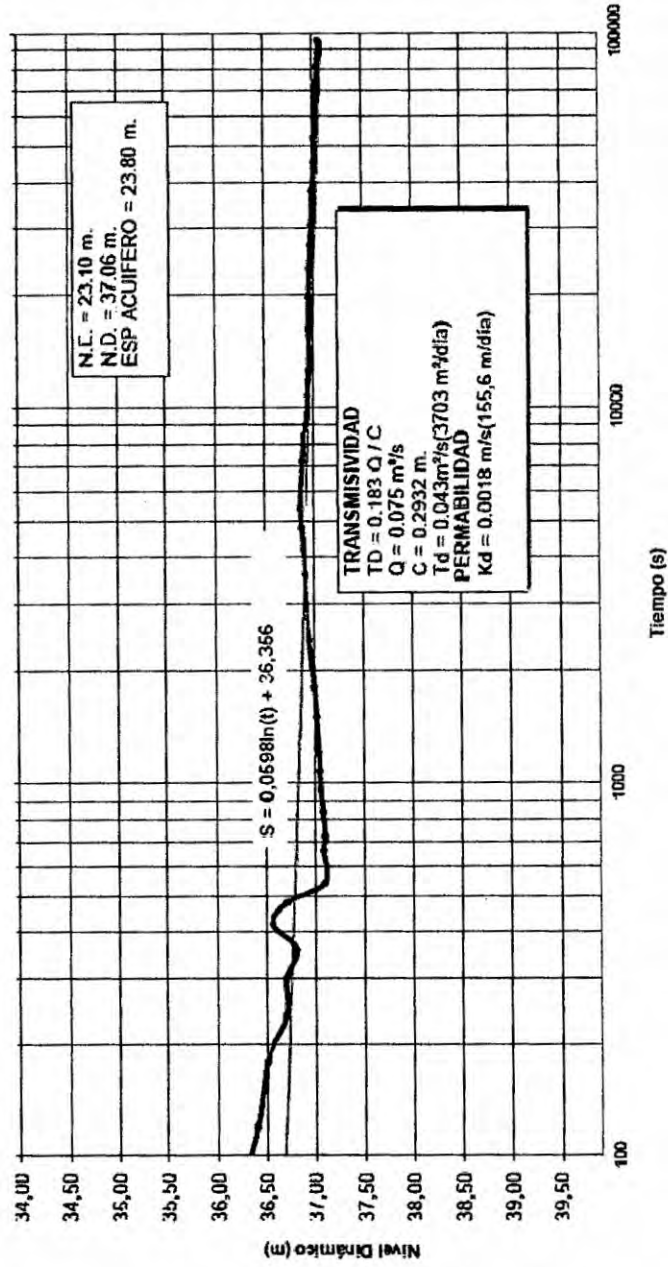


Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 4.5**  
**PRUEBA DE DESCENSO DEL ACUÍFERO DEL NIVEL DE AGUA POZO IRHS 7A - OLIVAR 2**

Tiempo (S)	N.D. (m)
60	36,12
120	36,40
180	36,50
240	36,70
300	36,70
360	36,80
420	36,56
480	36,71
540	37,09
660	37,08
720	37,10
840	37,08
960	37,06
1080	37,05
1200	37,04
1500	37,02
1800	37,00
2400	36,95
3000	36,92
3600	36,91
4200	36,89
4800	36,87
5400	36,86
7200	36,88
8400	36,90
9000	36,92
10800	36,94
12600	36,96
16200	36,96
19800	36,96
23400	36,97
27000	36,98
30600	36,99
37800	37,00
45000	37,02
52200	37,02
59400	37,03
66600	37,03
73800	37,04
81000	37,05
84600	37,06
88200	37,07
96400	37,06

FECHA : 03-05-2010

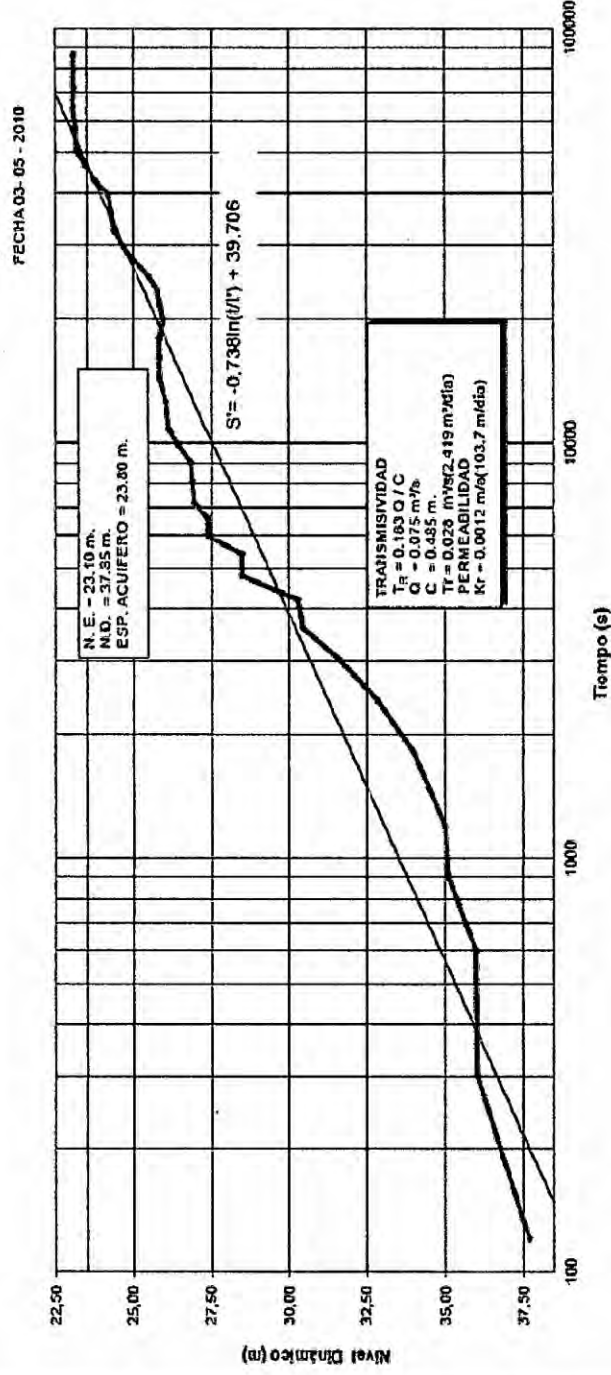


Fuente: Elaboración propia.



GRÁFICO 4.6  
 PRUEBA DE RECUPERACIÓN DEL ACUÍFERO DEL NIVEL DE AGUA POZO IRHS 7A - OLIVAR 2

Tiempo (s)	N.D.(m)
120	37.70
300	36.04
600	36.00
900	35.12
1200	35.00
1800	34.01
2400	32.84
3000	31.65
3600	30.45
4200	30.30
4800	28.50
5400	28.50
6000	27.40
6600	27.40
7200	26.95
8100	26.90
9000	26.85
9900	26.45
10800	26.15
12600	26.05
14400	25.85
16200	25.85
18000	25.85
19800	25.95
21600	25.85
23400	25.78
25200	25.50
28800	24.80
32400	24.40
36000	24.30
39600	24.20
43200	23.75
46800	23.48
50400	23.20
57600	23.15
64800	23.08
72000	23.10
79200	23.10
86400	23.10



Fuente: Elaboración propia.

Habiendo obtenido los siguientes resultados del cálculo del gráfico.

**Transitividad:**

Pozo IRHS 645  $T_d = 0.032 \text{ m}^2/\text{s}$ . (2763  $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}$ .)

Pozo IRHS 645  $T_r = 0.0278 \text{ m}^2/\text{s}$ . (2332  $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}$ .)

Pozo IRHS 7A  $T_d = 0.043 \text{ m}^2/\text{s}$ . (3703  $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}$ .)

Pozo IRHS 7A  $T_r = 0.028 \text{ m}^2/\text{s}$ . (2419  $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}$ .)

$T_{\text{Promedio para cálculos}} = 0.0317 \text{ m}^2/\text{s}$ .

**Permeabilidad:**

Pozo IRHS 645  $K_d = 0.015 \text{ m/s}$ . (129  $\text{m}/\text{día}$ )

Pozo IRHS 645  $K_r = 0.0013 \text{ m/s}$ . (110.1  $\text{m}/\text{día}$ )

Pozo IRHS 7A  $K_d = 0.0018 \text{ m/s}$ . (155.6.53  $\text{m}/\text{día}$ )

Pozo IRHS 7A  $K_r = 0.0012 \text{ m/s}$ . (103.7  $\text{m}/\text{día}$ )

$P_{\text{Promedio para cálculos}} = 119 \text{ m}/\text{día}$

Teniendo en consideración la naturaleza y características de la litología arenosa que presenta el acuífero en la zona, confirmado con los valores de resistividad verdadera obtenido en la interpretación de la prospección geofísica, se vislumbra un valor de porosidad eficaz se considera un coeficiente de almacenamiento "U" de 8 %.

**d): Hidrogeoquímica.**

El estudio de la calidad del agua subterránea tiene tanta importancia como determinar el volumen aprovechable del acuífero. El lento movimiento de las aguas subterráneas a través del subsuelo motiva un prolongado contacto con los minerales que ahí se encuentran, siendo estos en diversos grados solubles en el agua; de tal manera

que las aguas se encuentren afectadas en mayor o menor proporción y su calidad varía de acuerdo a ello. Para tener una visión global de la calidad del agua subterránea se ha recolectado muestras de agua de los pozos IRHS N° 645 y 7A se han analizado en Envirolab Perú SAC (Véase el anexo 02)

### **Características Físico Químicas**

Los resultados de los análisis respecto a las características físico químicas del agua subterránea, de acuerdo a las pautas del Organismo Mundial de la Salud (OMS) y SUNASS, las aguas de la zona se consideran no aptas para el consumo doméstico poblacional, las cuales si se quieren utilizar para este uso, deben tener un tratamiento adecuado del agua que se extrae del pozo proyectado.

### **Conductividad eléctrica del agua subterránea**

La conductividad eléctrica del agua en función de su temperatura, del tipo de iones presentes y de su concentración. En virtud de que la conductividad se suele expresar la temperatura standard de 25 °C, sus variaciones se deberán únicamente al tipo y concentración de sus constituyentes disueltos. Con las muestras de los otros pozos tubulares, se ha tomado el valor de la conductividad eléctrica en donde se tiene en el siguiente cuadro la conductividad que presenta las aguas de los pozos influentes al terreno de corporación Lindley en el distrito de Pucusana.

TABLA N° 4.6:

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS POZOS IRHS N° 645 Y 7A COMPARADO CON LOS POZOS EN DISTRITO DE PUCUSANA Y CHILCA.

Pozo	Propiedad	Conductibilidad
IRHS 7A	Pilares - 01	10010 mmhos/cm.
IRHS C	COPESA	11000 mmhos/cm.
IRHS H	Fábrica de Hielo	8000 mmhos/cm
IRHS 296	Timoteo Núñez Toledo	9620 mmhos/cm.
IRHS 519	Ángel Manco Ávalos y Hnos.	7160 mmhos/cm.
IRHS 603	Ministerio de Defensa	5160 mmhos/cm.
IRHS 631	Rodolfo Peceros Venegas	3420 mmhos/cm
IRHS 633	Manuel Sánchez Concha	3110 mmhos/cm.
IRHS 636	San Javier Alto I	2360 mmhos/cm
IRHS 644	José Parodi Vargas	7710 mmhos/cm.
IRHS 645	Pilares - 02	8990 mmhos/cm
IRHS 646	Sector Los Pilares	7660 mmhos/cm
IRHS 647	Ernesto Escobar	16200 mmhos/cm.
IRHS 652	Sector Los Carrizales	16950 mmhos/cm.
IRHS 661	Hernán Lostaunau Del Solar	1060 mmhos/cm.
IRHS 670	Casablanca	800 mmhos/cm.
IRHS 671	Sedapal Pozo	668 1,020 mmhos/cm
IRHS 672	Sedapal Pozo	669 1,420 mmhos/cm.
IRHS 673	Asoc. Prop Santa María	1020 mmhos/cm.

Fuente: Elaboración Propia.

Con los resultados obtenidos se identifica que las aguas subterráneas de este sector del acuífero están altamente mineralizadas en donde la variación de la conductividad eléctrica varía entre 0.800 mmhos/cm en el pozo IRHS 670 ubicado hacia el Este a la parte alta del valle a 16.960 mmhos/cm. en el pozo IRHS 652 Sector Los Carrizales ubicado al Sur oeste en la parte baja del valle, con esta información se trazado las curvas de isoconductividad

eléctrica de la fig. 33 en donde se aprecia que las curvas varían entre 1.0 y 15.0 mmhos/cm.

(Véase el plano N°4.13, en anexo de planos)

**e) Demanda de cantidad de agua cruda para alimentación de planta de tratamiento de agua.**

Descripción del Proceso de Planta de tratamiento de agua.

La Planta de tratamiento de agua propuesto tiene como fin el tratamiento de Agua de pozo para la producción de 220 m<sup>3</sup>/h de agua para la elaboración de bebidas y agua de servicios

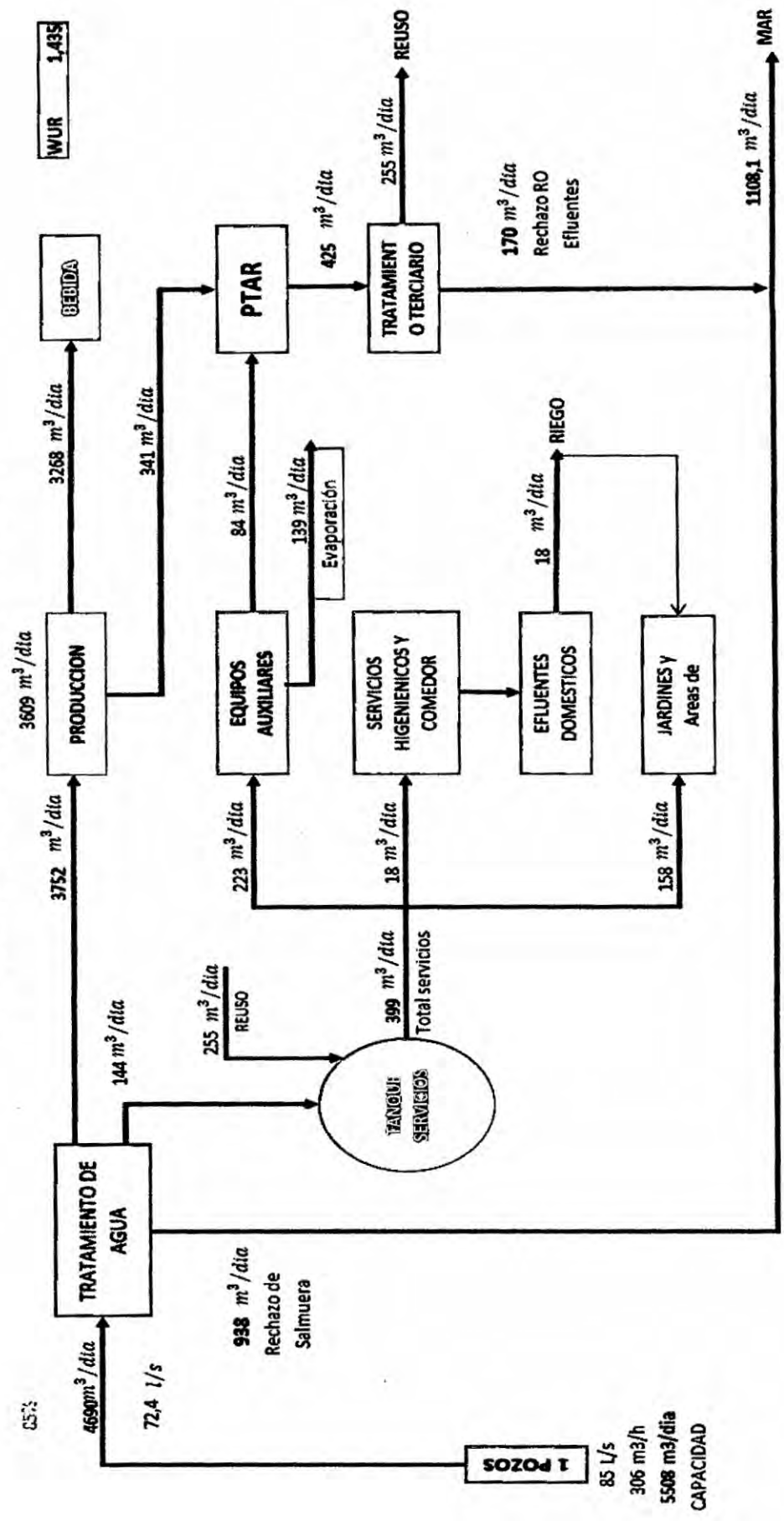
El concepto se basa en la desalinización del agua y el proceso general está compuesto por filtro de arena, filtro de lecho múltiple, filtración por membranas de osmosis inversa y ozonización.

El agua cruda a para tratar es de (270 m<sup>3</sup>/h) es un agua de pozo con unas características muy similares a las agua de mar, con alta mineralización y especialmente con alto con alto contenido de cloruro y bromuro lo cual implica un concepto de tratamiento muy exigente. El agua cruda que es enviado desde el pozo es almacenado en un tanque de 1000 m<sup>3</sup> en donde se dosifica cloro desde el tanque existen una estación de bombeo envía el agua a la filtración multilayer, siendo previamente aireada, donde se eliminan del agua posible material partículas y hierro (presente en muy bajas cantidades) y posibles sustancias toxicas, se lo da el grado de pureza requerida para la elaboración de bebidas. Los filtros

multilayer deben ser esterilizados con agua caliente periódicamente. Tras la filtración multilayer, se lleva a cabo la desalinización del agua con la filtración por membranas, con una capacidad de permeado de 145 m<sup>3</sup>/h. Debido al contenido de bromuros en el agua cruda, se requiere de membranas especiales que normalmente se utiliza para desalinización de agua de mar. Las membranas requieren de una presión de próximamente 37 bar, lo cual implica instalar bombas de presión para poder. El concentrado producido se denomina rechazo de agua de salmuera (53 m<sup>3</sup>/h).

El permeado de estas plantas aun cuenta con un contenido de bromuros más altos del deseado por la cual ha sido necesario instalar una tercera planta de ósmosis inversa para tratar una corriente parcial del permeado (170 m<sup>3</sup>/h). El permeado de esta ósmosis (140 m<sup>3</sup>/h) es luego mezclado con la corriente principal obteniéndose un caudal de 220 m<sup>3</sup>/h con el bajo contenido de bromuros requeridos. Habiéndose reducido los bromuros, es posible realizar la ozonización del agua, sin riesgo que se generen bromatos, los cuales son productos cancerígenos no deseados. El agua ozonizada (0.05- 0.4ppm) es luego almacenado en un tanque de reacción de 200 m<sup>3</sup> desde ahí es enviada por una estación de bombeo al panel de agua tratada desde donde es distribuida hacia a los diferentes punto de consumo.

FIGURA N°4.1:  
 ESQUEMA DE BALANCE DE FLUJO DE LA DEMANDA DE AGUA  
 CRUDA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO



Fuente: Corporación Lindley S.A

#### **4.2.2: Detalles de investigación**

##### **a) Caudal de diseño para la extracción del agua salobre.**

Tomando como referencia de las pruebas realizados de bombeo a caudal escalonado de los Pozos IRHS N° 645 y 7A se ha llegado a caudales de 80 l/s equivalente a 288 m<sup>3</sup>/h.

(Véase el gráfico N°4. 2 y N°4. 3, en anexo de planos)

**Se determinó un caudal máximo de diseño preliminar de a 306 m<sup>3</sup>/h equivalente 85 l/s**

Para el diseño de pozo se ha considerado trabajando 18 horas del día la cual cubrirá 100% la demanda de planta de tratamiento de agua de Ósmosis Inversa.

##### **b) Diseño de las dimensiones del pozo proyectado**

Para determinar la profundidad del pozo se analizará los siguientes datos (Véase el plano N°4.4, en anexo de planos)

Dentro de los terrenos de Corporación Lindley S.A se han realizado 12 estaciones de sondeos eléctricos

Verificando con la resistividad de los diferentes tipos de agua

(Véase la tabla N°2.2)

Se determinó que hay presencia de agua salobre en la capa de horizonte 3.



**TABLA N° 4.7:**  
**RESISTIVIDAD MÁXIMO Y MÍNIMO EN HORIZONTE H3 EN**  
**TERRENO DE CORPORACIÓN LINDLEY S.A**

Sondeos Eléctricos Verticales	Resistividad( $\Omega$ m) Mínimo	Resistividad( $\Omega$ m) Máximo
SV.8		22
SE.5	3.2	

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró según el análisis realizado de la sección geoelectricas Sev 01,02 y 03 – los pozos existentes IRHS 07 y IRHS 645 (Véase el plano N°4.7, en anexo de planos) que la capa de horizonte H3 llega hasta profundidades de 125 m dentro de los terrenos de Corporación Lindley S.A

**Se toma como profundidad de 118 m para el diseño del pozo.**  
**Diámetro del Pozo.**

**TABLA N° 4.8:**  
**DIÁMETRO RECOMENDADO EN LOS POZOS.**

CAUDAL(l/s)	DIÁMETRO DE LA BOMBA (Pulg)	DIÁMETRO OPTIMO DEL ADEME (Pulg)	DIÁMETRO MÍNIMO DEL ADEME (Pulg)
Menor que 7	4	6DI	5DI
5 a 12	5	8DI	6DI
10 a 25	6	10DI	8DI
22 a 42	8	12DE	10DI
38 a 57	10	14DE	12DI
53 a 85	12	16DE	14DE
73 a 113	14	20DE	16DE
100 a 200	16	24DE	20DE

Fuente: Edward E Jhonson. Groundwater & Wells  
 (Agua Subterránea y Pozos).

Para un caudal de diseño de 85l/s se determinó con la tabla recomendada tabla 4.6, El diámetro del Pozo seleccionado  $\varnothing 16''$  equivalente a diámetro nominal 400mm.

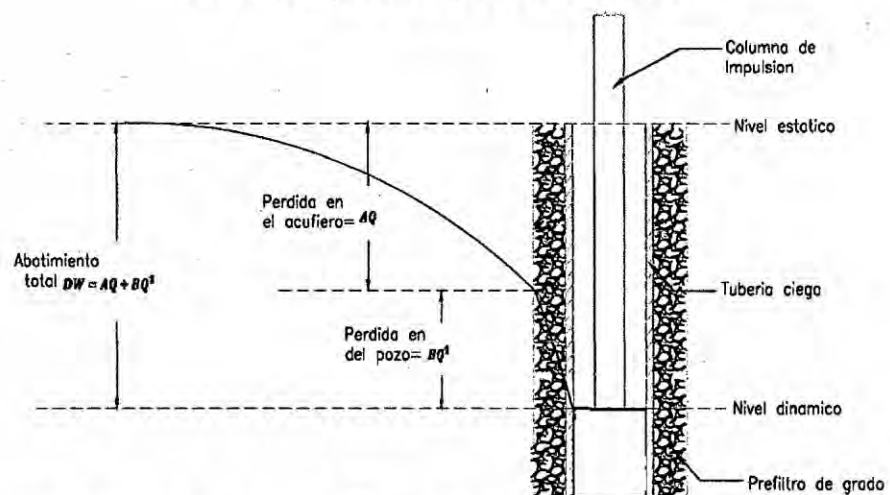
### c) Diseño hidráulico del pozo:

Para el diseño hidráulico se debe estimar la depresión del nivel del agua dentro del pozo cuando este sea sometido a explotación.

Si se conoce la depresión y el nivel estático del pozo, se puede estimar la probable posición del nivel dinámico, lo cual permite estimar a partir de donde se pueden ubicar los filtros.

El abatimiento se produciría por efecto del bombeo se calcula en función de las características hidráulicas del acuífero, las pérdidas de carga del pozo debido a sus características constructivas por efecto de la variación de la capa freática.

GRÁFICO N° 4.7  
DISEÑO HIDRÁULICO DEL POZO.



Fuente: Edward E Jhonson. Groundwater & Wells (Agua Subterránea y Pozos).

De los datos analizados del plano Isopropfundidades (Véase el plano N°4.11, en anexo de planos).

En la ubicación de las coordenadas.

Nivel Estática= 25.9 m

Se determinó el nivel dinámico.

**Ecuación para determinar abatimiento del diseño del pozo.**

$$DW = \underbrace{\left[ \frac{0.183Q}{T} \right] \ln \left[ \frac{2.25xTx t}{r_p^2 x U} \right]}_{AQ} + BQ^2 \quad (4.1)$$

$$h = DW + V_C \quad (4.2)$$

$DW$  = Abatimiento total

$h$  = Abatimiento del diseño del Pozo

$Q$  = Caudal de diseño [0.085 m<sup>3</sup>/s]

$T$  = Transitividad [0.0317 m<sup>2</sup>/s] – determinado

$U$  = Coeficiente de almacenamiento [0.05]

$t$  = Tiempo de bombeo de diseño [64800 s]  $\approx$  18 h

$r_p$  = Radio del Pozo [0.203 m]

$B$  = Coeficiente de Waton, pérdidas de carga al ingresar al interior del pozo con buena características Constructivas (1740 s<sup>2</sup>/m<sup>5</sup>).

$V_C$  = Variación de la capa napa freática [1.171m] consideración en valle de Pucusana

$NE$  = Nivel estático.

Reemplazando los datos en la ecuación (4.1)

$$h = \left[ \frac{0.183 \times 0.085 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0317 \text{ m}^2/\text{s}} \right] \ln \left[ \frac{2.25 \times 0.02 \text{ m}^2/\text{s} \times 64800\text{s}}{0.203^2 \text{ m}^2 \times 0.05} \right] + 1740 \text{ s}^2/\text{m}^5 \times (0.085)^2 \text{ m}^3/\text{s}^2 + 1.17\text{m}$$

$$h = 18.781 \text{ m}$$

Reemplazando en la ecuación

$$\mathbf{ND = NE + h} \quad (4.3)$$

Calculamos el nivel dinámico.

$$\mathbf{ND = 25.90 + 18.78 = 44.68 \text{ m}}$$

#### **d) Diseño mecánico del pozo:**

El diseño de un pozo de agua implica determinar los factores dimensionales para la estructura y materiales que se van a utilizar

Comprende siguientes:

##### **Selección del material para la utilización del diseño del Pozo.**

Con respecto al material de la rejilla a seleccionar y la tubería ciega, hay tres aspectos al momento de seleccionar el material:

- Contenido mineral del agua a explotar.
- Composición química del agua.
- Presencia de limos bacterianos.

Consideraciones a tener cuenta de la composición de minerales los siguientes parámetros.

**TABLA N° 4.9:**  
**LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA**  
**QUE INDICAN CONDICIÓN DE CORROSIÓN**

Parámetros	Valor
Acido del agua	pH < 7.0
Oxígeno Disuelto	(DO) > 2mg/l
Solidos totales disueltos	TDS) >100 mg/l
Dióxido de cloro	(co <sub>2</sub> ) >50 mg/l
Cloruro	(Cl) >50 mg/l

Fuente: Héctor Augusto Lovato Miranda. El Pozo tubular – Construcción y funcionamiento en la zona media del Valle Chancay en Lambayeque. Tesis de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 1999

Se realizó la comparación con los valores determinados de los análisis de físico químicos realizado de los pozos IHRS N° 7A y IHRS N° 645, tomado de muestras tiene que: Solidos totales disueltos (TDS), Cloro (Cl), están superiores a los parámetros mínimos en consecuencia se tiene que seleccionar materiales a utilizar para el diseño del pozo que sean resistentes a la corrosión.

TABLA N° 4.10:

PARÁMETROS DE LA CALIDAD DE AGUA TOMADOS DE MUESTRA DE LOS POZOS IHRS N°645 y 7A- LABORATORIO DE LA EMPRESA EVIROLAB PERÚ SAC.

Parámetros Analizados	Resultado del Pozo 7A
Turbidez	1.5 <i>NTU</i>
Conductividad	10010 <i>uδ/cm</i>
Sólidos totales disueltos (TDS)	6060 mg/l
Dureza total	1596.8 mg/l
Cloruros	2819 mg/l

Fuente: Elaboración propia

Cualquier proceso corrosivo se verá incrementado en la actividad y la velocidad<sup>18</sup>. De la muestra analizada del pozo del Pozo IHRS N° 7A tiene alta conductividad de 10010 *uδ/cm* la cual está catalogado como agua salobre. Por las características del agua se va descartar un material de acero al carbono. Se detalla el material a utilizar en es acero inoxidable de la siguiente calidad.

#### ¿Qué es acero inoxidable?<sup>19 20</sup>

La mayoría de los metales se oxidan, por ejemplo, la plata (Ag) se pone negra, el aluminio (Al) cambia a blanco, el cobre (Cu) cambia a verde y, ordinariamente, el acero cambia a rojo. En el caso del

<sup>18</sup> <http://www.ionis.com.ar/agua/corrosion.htm>

<sup>19</sup> libro Stainless Steels, de J.R. Davis

<sup>20</sup> <http://www.ingefilter.com/pdf/Manual%20Acero%20Inoxidable.pdf>

acero, el hierro (Fe) presente se combina con el oxígeno del aire para formar óxidos de hierro o "herrumbre". A principios del siglo XX algunos metalurgistas descubrieron que adicionando poco más de 10% de cromo (Cr) al acero, éste no presentaba "herrumbre" bajo condiciones normales; la razón de ello es que el cromo suele unirse primeramente con el oxígeno para formar una delgada película transparente de óxido de cromo sobre la superficie del acero y excluye la oxidación adicional del acero inoxidable. En caso de que ocurra daño mecánico o químico, esta película es auto-reparable en presencia de oxígeno. El acero inoxidable es esencialmente un acero de bajo carbono, el cual contiene un mínimo de aproximadamente 10% de cromo en peso.

#### Clases de acero inoxidable

El acero inoxidable puede ser clasificado en cinco diferentes familias:

TABLA N° 4.11:  
CLASIFICACIÓN DE ACERO INOXIDABLE

Clase	Clasificación AISI	Ejemplo de especificaciones
I Martensíticos	Serie	410,420,431
II Ferríticos	400	409,430,434
III Austeníticos	Serie 200 y 300	304,304L,321,316
IV Dúplex	Se usa el nombre	329,2205
V Endurecibles por precipitación	comercial	17-4PH,15-5PH 17-7PH,15-7 MO

Fuente: <http://www.ionis.com.ar/agua/corrosión.htm>

#### Clase IV - Aleaciones dúplex <sup>21</sup>

TABLA N° 4.12:  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ACERO INOXIDABLE DÚPLEX

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
≤ 0.03	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.035	≤ 0.015	22.0 – 23.0	4.5 – 6.5	3.0 – 3.50	0.14- 0.2

Fuente: <http://www.ionis.com.ar/agua/corrosión>.

Representa a una nueva familia de aleaciones de acero inoxidable conocidas como dúplex y son resultado de la adición intencional de nitrógeno. El nitrógeno imparte resistencia a la corrosión, especialmente en zonas soldadas. En muchos ambientes, 2205 tiene mayor resistencia a la corrosión que el 304, 316 y 317 además de ofrecer un rendimiento de casi el doble en cuanto a resistencia mecánica. El tipo 2205 puede ser formado en frío y también expandido; Esta aleación es resistente a ácidos reductores diluidos y a moderadas concentraciones de ácidos oxidantes. El tipo 2205 tiene superior resistencia a la corrosión por picadura y por cloruros, comparado con los aceros 316 o 317. El tipo 2205- ASTM /14462 se usa en la construcción de tubos de intercambiadores de calor, agua salobres, en refinerías, industrias químicas e industrias de procesos que utilizan agua como refrigerante.

<sup>21</sup>[www:///H:/documentos%20de%20tesis%202015/23370ACX900.pdf](http://www:///H:/documentos%20de%20tesis%202015/23370ACX900.pdf)



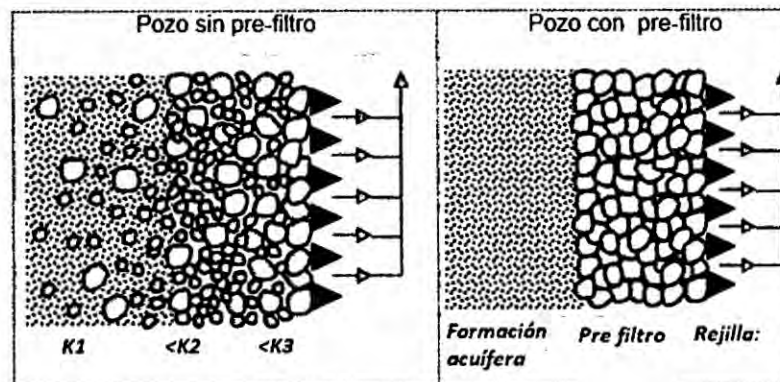
### Filtro de grava<sup>22</sup> :

- Aumenta la permeabilidad en el entorno del pozo
- Disminuye la velocidad de circulación del agua en su paso por el empaque.
- Aumenta el rendimiento específico del sondeo al reducirse las pérdidas de carga.
- Sirve de base para poder desarrollar el sondeo mediante la eliminación de un determinado porcentaje de finos evitando así la acumulación de sólidos dentro del pozo y preservando la vida útil de las rejillas.

### Característica de la grava o pre-filtro

- Lo más redondeada posible.
- De composición silícea.
- Con cierto grado de uniformidad.
- Paredes lisas.

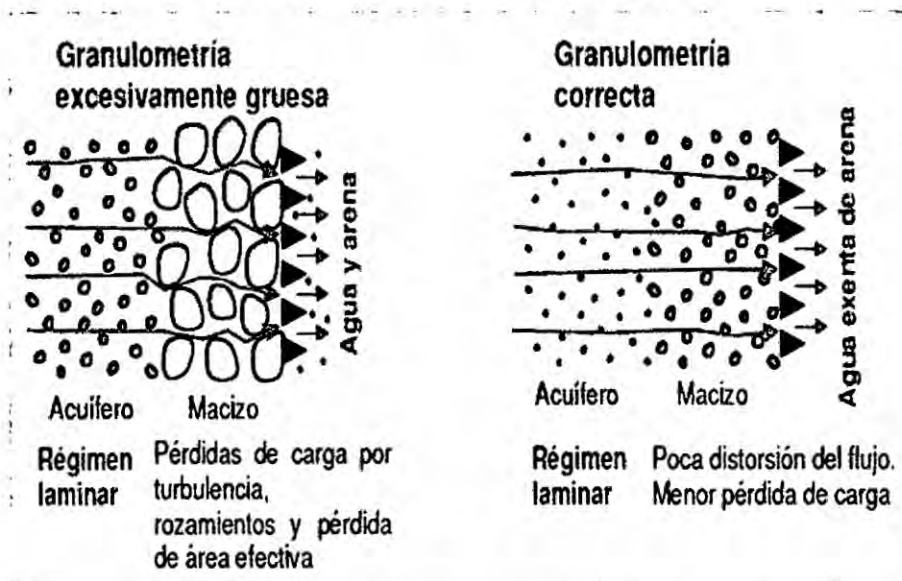
FIGURA Nº 4.2:  
COMPARACIÓN DE POZOS CON PRE-FILTRO Y SIN  
PRE-FILTRO.



Fuente: Prospección, Explotación y Gestión de Recursos Hídricos –  
Universidad Jaime I de Castellón-España.

<sup>22</sup> Prospección, Explotación y Gestión de Recursos Hídricos – Universidad Jaime I de Castellón-España.

FIGURA N° 4.3:  
GRANULOMETRÍA DEL PRE-FILTRO.



Fuente: Prospección, Explotación y Gestión de Recursos Hídricos –Universidad Jaime I de Castellón-España.

### Análisis granulométrico

Desde punto de vista del aprovechamiento de las aguas subterráneas, la característica más importante es el análisis es la distribución de los tamaño de las partículas que para comprender la graduación de las muestras, es necesario estandarizar un procedimiento de análisis de muestras con el fin de que los resultados obtenidos permiten tomar en cuenta los factores para diseñar a las aberturas adecuadas de las rejillas (toma de entrada de agua al pozo).

Existen diferentes criterios para determinar las arenas los más recomendados y estandarizado son agruparlos son según su diámetros de la arenas.

**TABLA N° 4.13**  
**CLASIFICACIÓN DE LAS ARENAS SEGÚN SU DIÁMETRO**

<b>Arena</b>	<b>Diámetros</b>
Gravilla fina	1.00 - 9.50 mm (#10 – 3/8")
Arena gruesa	0.60 - 2.00 mm (#30 – #10)
Arena media	0.25 - 0.60 mm (#60 – #30)
Arena fina	0.074 - 0.25 mm (#200 – #60)
Limo y arcilla	Menor de 0.074 mm

Fuente: Victor Ballesteros. Diseño de Pozos Profundos  
Chaparro - Universidad de Santo Tomas - Bogotá.

### **Curva de Análisis Granulométrico<sup>23</sup>**

La representación gráfica de los análisis granulométricos de las arenas se hace tomando en las órdenes de los porcentajes retenidos acumulados, y en las abscisas los valores de las aberturas de los tamices o diámetros de los granos.

La curva de análisis granulométrico muestra la parte mayor o menor del tamaño de una partícula dada o el porcentaje de las partículas que retendría un filtro o rejilla de determinada la ranuración.

**Tamaño Efectivo (TE):** Es el parámetro que relaciona la finura de la arena con la permeabilidad; en este, el 90% del tamaño de la arena es más grueso y el 10% más fino, o sea que el tamaño efectivo correspondiente a la abertura del tamiz que retiene el 90% del

---

<sup>23</sup>Fuente: Edward E.Jhonson.Groundwater & Wells (agua subterránea y pozos) california.Pág 217

material (D90), lo cual quiere decir que el 10% de las partículas de la arena tiene un diámetro inferior al tamaño efectivo.

**Coefficiente de uniformidad (CU):** Representa la pendiente de la curva granulométrica en la región comprendida entre los tamaños correspondientes al 90% y 40% o sea la relación entre la abertura del tamiz que retiene el 40% del material y la abertura del tamiz que retiene el 90% del material.

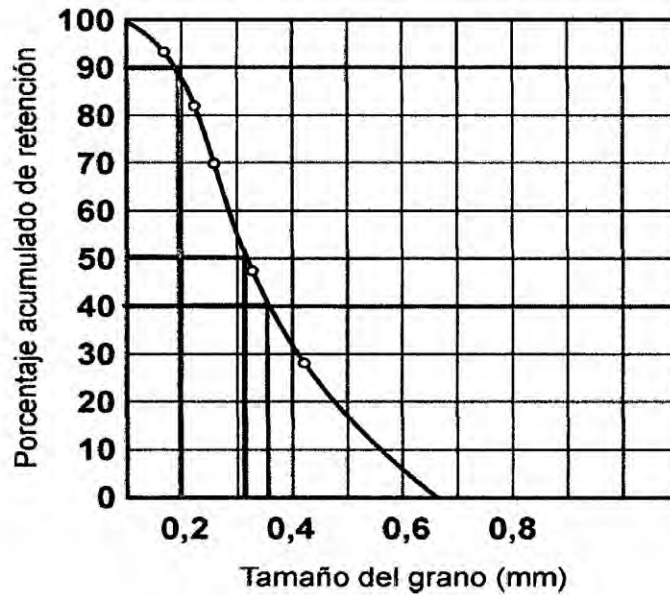
$$Cu = \frac{D_{40}}{D_{90}} \quad (4.4)$$

Indica el parámetro que se emplea para decidir sobre el tipo de engravado más conveniente (artificial o natural) es el coeficiente de uniformidad, que es el cociente entre los tamaños correspondientes al 40 y el 90% retenidos en peso.

El Cu es adimensional y un valor de 1 indica una selección o uniformidad perfecta, por lo que es prácticamente imposible que se dé en la naturaleza. Para Cu entre 1 y 2.5 el material se considera uniforme o con buena selección (homogéneo) y por encima de 2.5 la selección pasa a ser pobre o mala (heterogéneo). De acuerdo a Ahrens (1957) recomienda engravar artificialmente un acuífero granular suelto, cuando el diámetro efectivo es menor de 0.3 mm y el coeficiente de uniformidad menor de 2.5. El material de formación no cumple con uno de los dos parámetros, también recomienda el agregado de grava (engravado artificial). De ser necesario el

engravado artificial, el tamaño de la grava se elige. Multiplicando por 5 el diámetro correspondiente al 50% retenido en peso ( $D_m$ ).

GRÁFICO N° 4.8  
CURVA GRANULOMÉTRICA ACUMULATIVA.



Fuente: Edward E.Jhonson.Groundwater  
& Wells (agua subterránea y pozos) california

**Ejemplo: Aplicativo como seleccionar grava.**

Determinar Coeficiente de Uniformidad y determinar si se necesitar colocar grava artificial al Pozo.:

$$\varnothing (90) = 0.20 \text{ mm}$$

$$\varnothing (40) = 0.35 \text{ mm}$$

$$\varnothing (50) = D_m = 0.31 \text{ mm}$$

Determinando el Coeficiente de uniformidad (CU):

En la ecuación (4.4)

$$Cu = \frac{D_{40}}{D_{90}} = \frac{0.35}{0.20} = 1.75$$

Con los valores obtenidos de  $Cu$  y  $\phi$  (90) es necesario colocar grava artificial.

Para elegir el tamaño medio de la grava, se multiplica el diámetro medio de la muestra ( $D_m$ ) por 5 ( $0.31 \times 5 = 1.55$  mm). Por lo tanto la grava a emplear sería la # 12, con diámetros extremos de 1.5 a 3 mm (Véase la tabla 4.12 en la página 85). Para este tipo de grava, se puede emplear un filtro con una ranura de 1.5mm.

TABLA N° 4.14  
TAMAÑO DE LA GRAVA COMERCIAL PARA POZOS

<b>ESPECIFICACIONES COMERCIALES DE GRAVAS PARA PERFORACIÓN</b>		
N°	DIÁMETRO (mm)	PESO ESPECÍFICO (gr/cm <sup>3</sup> )
0	de 18 a 40	1,6
2	de 12 a 18	1,6
3	de 9 a 12	1,6
4	de 5 a 9	1,6
6	de 4 a 6	1,6
2/4 = 12 esp.	de 2 a 4	1,6
12	de 1,5 a 2	1,5
15	de 1 a 1,5	1,5
20	de 0,5 a 1	1,5
50	de 0,1 a 0,4	1,5

Fuente: Edward E.Jhonson.Groundwater & Wells  
( Agua subterránea y pozos) .california

### Cálculo del Diámetro la grava o pre-filtro

Con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico de la explotación del subsuelo se realizó perforación de pozo de pilotaje de Ø8" a una profundidad de 120m. Los cuales arrojaron los siguientes resultados.

La clasificación del Suelo<sup>24</sup>

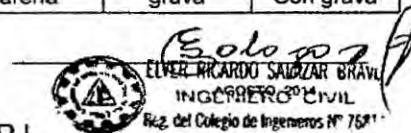
Los suelos han sido clasificados de acuerdo al sistema unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)<sup>25</sup> lo cual se muestra en el siguiente

TABLA: 4.15

#### TIPO DE SUELO DEL POZO DE PILOTAJE PP-1 EN TERRENO DE CORPORACIÓN LINDLEY S.A -PUCUSANA

CALICATA N°	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
Prof(m)	5-20	20-40	40-50	50-80	80-120
Ret N°4	19	20	-	12	28
Pasa N°10	73	71	98	84	67
Pasa N°40	37	33	55	49	33
Pasa N°200	7	7	5	10	7
LL	NT	NT	NT	NT	NT
LP	NP	NP	SP-SM	NP	NP
SUCS	SP-SM Con grava	SP-SM con Grava	CL con arena	SW-SM grava	SP-SM Con grava

Fuente: Empresa SETARIP S.R.L



Análisis Granulométrico del pozo de pilotaje en terreno de la empresa corporación Lindley S.A, en distrito de Pucusana.

<sup>24,25</sup> ASTM es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América, mantiene un sólido liderazgo en la definición de los materiales y métodos de prueba en casi todas las industrias, para determinar tipo de suelos ASTM designa D2487-00, para propósitos de Ingeniería lo clasifica en SUCS).

Una vez extraídos muestras por etapas análisis realizados en los laboratorios de Universidad Nacional Agraria la Molina.

Sobre dichas las curvas granulometrías acumulativas se realizó detalla en la siguiente tabla y anexo 01

TABLA: 4.16

CÁLCULO DE LA GRAVA PARA EL DISEÑO DEL POZO - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.

Pruebas	Prof.	Valores determinados de la curva Granulométrico	Coefficiente de Uniformidad $Cu = \frac{D_{60}}{D_{90}}$	Grava Artificial $Dg = Dm \times 5$
P-1	5-20m	D(90) = 0.12 mm D (40) = 0.7 mm D (50) = Dm = 0.60 mm	2.5 < Cu = 5.83 ✓ De < 0.3mm	Dg = 0.6 x5=3.0
P-2	20-40m	D(90) = 0.11 mm D (40) = 0.80 mm D(50) = Dm = 0.60 mm	2.5 < Cu = 7.27 ✓ De < 0.3mm	Dg = 0.8 x5=4.0
P-3	40-50m	D (90) = 0.12 mm D (40) = 0.49 mm D (50) = Dm = 0.42 mm	2.5 < Cu = 4.08 ✓ De < 0.3mm	Dg = 0.42 x5=2.1
P-4	50-80m	D(90) = 0.09 mm D (40) = 0.58 mm D (50) = Dm = 0.47 mm	2.5 < Cu = 6.44 ✓ De < 0.3mm	Dg = 0.47x5=2.4
P-5	80-120m	D (90) = 0.118 mm D (40) = 1.00 mm D (50) = Dm = 0.70 mm	2.5 < Cu = 8.47 ✓ De < 0.3mm	Dg= 0.7x5=3.5

Fuente: Elaboración propia



Diámetro efectivo ( $D_e$ )= $D(90)$ .

Diámetro de grava artificial a calcular =  $D_g$

**Observación:**

Del estudio de Diseño de Pozos –Ahrens (1957)

Recomienda colocar la grava artificial cuando el diámetro efectivo es menor de 0.3mm.

Los tramos P-1, P-2, P-3 y P-4 que se ha analizado para determinar la grava artificial (pre filtro) .Se ha seleccionado una grava artificial promedio de  $D_g= 3\text{mm}$  para diseño del Pozo.

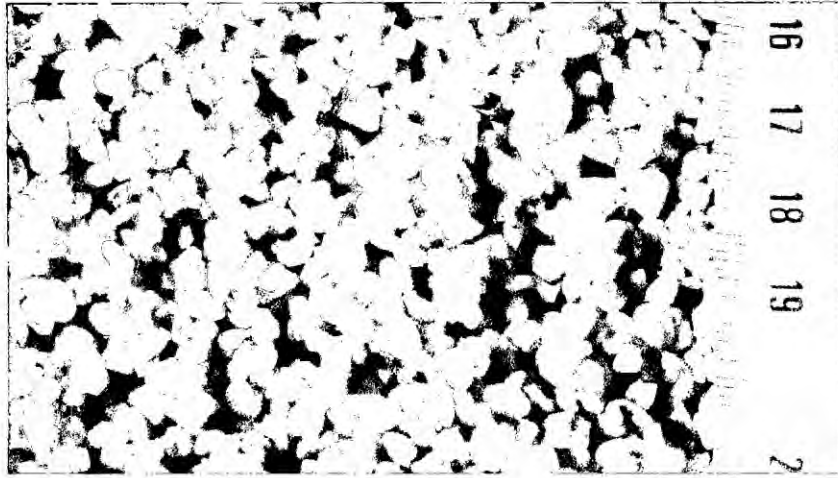
TABLA N° 4.17

TAMAÑO DE LA GRAVA COMERCIAL SELECCIONADO  
PARA EL DISEÑO DEL POZO DE AGUA

ESPECIFICACIONES COMERCIALES DE GRAVAS PARA PERFORACIÓN		
N°	DIÁMETRO (mm)	PESO ESPECÍFICO ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
0	de 18 a 40	1,6
2	de 12 a 18	1,6
3	de 9 a 12	1,6
4	de 5 a 9	1,6
6	de 4 a 6	1,6
2/4 = 12 esp.	de 2 a 4	1,6
12	de 1,5 a 2	1,5
15	de 1 a 1,5	1,5
20	de 0,5 a 1	1,5
50	de 0,1 a 0,4	1,5

Fuente: Edward E.Jhonson.Groundwater & Wells  
(agua subterránea y pozos) California

**FIGURA N° 4.4:  
GRAVA ARTIFICIAL O PRE FILTRÓ SELECCIONADO.**



Fuente: Elaboración propia.

**Característica de la Sección de admisión: rejillas<sup>26</sup>**

Las características siguientes:

Flujo laminar a la entrada del agua del Pozo.

Aberturas diseñadas para evitar la obstrucción por arena o grava.

Máxima cantidad de área abierta, sin sacrificar la resistencia necesaria.

Debe ser construida en un solo metal, resistente a la calidad del agua y corrosión y a los ácidos utilizados para desincrustar.

Resistencia elevada al colapso y a la compresión.

Rejillas deben permitir que ingrese agua al pozo.

Sin materiales sólidos (arenas) y con una mínima pérdida de carga.

Sirven de contención de grava artificial.

Permiten desarrollo del pozo.

<sup>26</sup> Sebastián Santayana Vela. Apuntes de Diseños de Pozos-UNALM

Evitan arrastre de materiales que no se desea eliminar.

Se localizan por debajo de probable posición del nivel dinámico.

Se complementa con pre filtro o "empaques de grava", de características determinadas, en espacio anular que queda entre pared del acuífero perforado y rejilla.

#### **Tipos de rejillas (filtros).**

De acuerdo a la forma y distribución de los orificios o aberturas, los filtros tienen diferente denominación y capacidad filtrante. Los más empleados en pozos para agua son:

**TABLA N° 4.18  
COMPARACIÓN DE TIPOS DE REJILLAS**

<b>Tipos de rejillas</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Superficie eficaz</b>
Ranura Continua	Debido al diseño de su abertura el material fino no lo puede obstruir brinda más área de captación por metro, que otros tipos.	Necesitan empaque de grava granulometría muy fina y el costo de fabricación es mayor a los demás tipos de filtros.	Hasta de 40%
Tipo Persiana	Se fabrican has 12 m de largo, alta resistencia al colapso. Diámetro interior uniforme.	Poco frecuentes requiere de filtro artificial. Apertura mirando hacia afuera crea variaciones de empaque.	Hasta de 8%
Tipo Puente	Bajo costo relativo , con área abierta apropiada,	Disponibilidad limitada. Resistencia mecánica limitada.	Hasta de 7%
Rejilla Ranurada	Bajo costo. Fácil de obtención.	Limitada la sección de apertura Baja resistencia.	Hasta de 6%

Fuente: Edward E.Jhonson.Groundwater & Wells (agua subterránea y pozos) california.

Sebastián Santayana Vela. Apuntes de Diseños de Pozos-UNALM

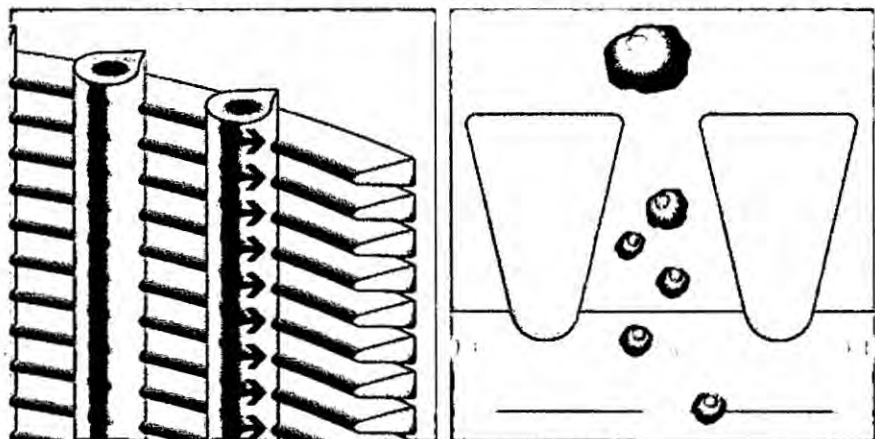
Se le seleccionó de tipo de ranura continua comparado con los demás tiene la ventaja que tiene mayor superficie de ingreso de agua y por análisis granulométrico son adecuado para materiales fino de arena.

#### **Rejillas de ranura continua.**

La rejilla de ranura continua se fábrica mediante el arrollado de alambre estirado en frío desarrollado por la firma Edward Johnson, de sección transversal aproximadamente triangular y espiralmenté alrededor de un sistema circular de barras longitudinales. En cada punto en donde el alambre cruza las barras, ambos elementos se aseguran fuertemente por medio de una soldadura. Cada ranura abierta comprendida entre dos alambres tiene forma de V, como resultado del perfil especial de alambre. Especialmente para la entrada de agua cargada con partículas finas, a sus ranuras que se ensanchan hacia el interior de esta manera se previenen los atascos

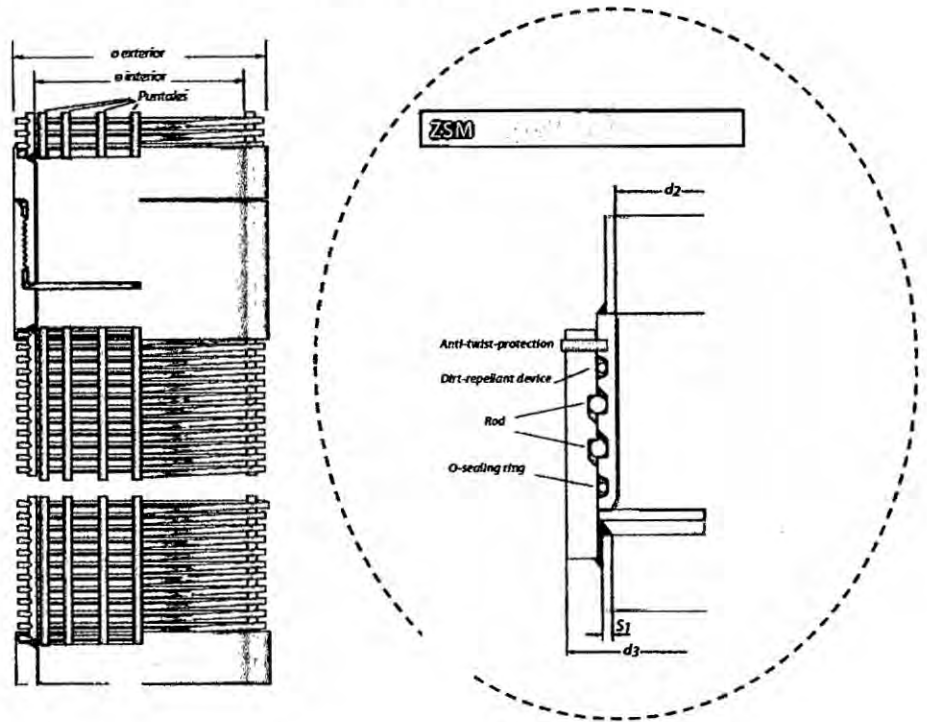
FIGURA N° 4.5

DETALLE DE REJILLA RANURADA CONTINUA



Fuente: Catálogo de ficha técnica filtros y casing de acero inoxidable – Compañía Alemana STUWA

**FIGURA N° 4.6**  
**DETALLE DE CONEXIÓN TIPO ZSM PARA FILTROS**  
**RANURADA CONTINUOS**



Fuente: Catálogo de ficha técnica filtros y casing de  
 acero inoxidable – Compañía Alemana STUWA

**e) Cálculo del área admisión del filtro:**

De la rejilla continúa seleccionado de tipo Johnson

Valores de entrada tenemos:

- Diámetro de la rejilla 406 mm
- La grava seleccionada es de diámetro de 2- 4mm.
- El ancho de la ranura es 1.5mm.

**TABLA N° 4.19**  
**TABLA DE SELECCIÓN DE ÁREA ADMISIBLE DEL FILTRO.**

B. Perfiles de la serie filtros para pozos y superficies abiertas en %								
Ancho ranuras(aR) [mm]	Perfil B/H [mm]	250	300	325	350	375	400	450
		2,5 x 2,38	3,0 x 3,65	3,25 x 3,65	3,5 x 5,0	3,75 x 6,0	4,0 x 7,25	4,5 x 9,25
0,30		10,7	9,1	8,4	7,8	7,4	—	—
0,50		16,6	14,2	13,3	12,5	11,7	11,1	10,0
0,75		23,0	20,0	18,7	17,6	16,6	15,7	14,2
1,00		28,5	25,0	23,5	22,2	21,0	20,0	18,1
1,50		37,5	33,3	31,5	30,0	28,5	27,2	25,0
2,00		44,4	40,0	38,0	35,3	34,7	33,3	30,7
2,50		—	45,4	43,4	41,6	40,0	38,4	35,7
3,00		—	—	48,0	46,1	44,4	42,8	40,0

Perfil B/H =  $\frac{B}{H}$

X = Cálculo de las superficies libres según la fórmula:

$\frac{aR \times 100\%}{aR + B}$

Varillas de soporte

- 3,65 mm
- 3,9 mm
- 6,35 mm

Fuente: Catálogo de ficha técnica filtros y casing de acero inoxidable –  
Compañía Alemana STUWA.

**TABLA N° 4.20**  
**VELOCIDAD DE PASO DEL AGUA POR LA REJILLA:**

Permeabilidad del acuífero (m/d)	Velocidad optima de entrada de agua por la rejilla(cm/s)
Más de 240	6.0
240	5.5
160	4.5
120	4.0
100	3.5
80	3.0
60	2.5
40	2.0
Menos de 20	1.0

Fuente: Héctor Augusto Lovato Miranda. El Pozo tubular –  
Construcción y funcionamiento en la zona media del Valle Chancay  
– Lambayeque Tesis de grado. UNMSM.1999

De obtenido del Pozo permeabilidad de la prueba de los Pozo IRHS 7A, IRHS 645 se tiene los valores de permeabilidad promedio de 119 m/d le corresponde una velocidad de 4 cm/s.

(Véase en la tabla N° 4.19, en la página 96) se determinó el 27.2% área abierta de la rejilla continua tipo Johnson.

### El área abierta de la rejilla

$$A = \pi \times D \times A\% \quad \text{m}^2/\text{m} \quad (4.5)$$

A=Área abierta de la rejilla.

A%=Porcentaje de área abierta de la rejilla

D=Diámetro del pozo.

Reemplazando los datos en la ecuación (4.5)

$$D_{\text{int}} = 0.40 \text{ m}$$

$$A\% = 0.27$$

$$A = \pi \times 0.40 \times 0.272 \quad \text{m}^2/\text{m}$$

$$A = 0.342 \text{ m}^2/\text{m} = 3420 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$Ae^{27} = 0.73 A$  ( cm<sup>2</sup>/m ); se asume que un 27 % de rejilla se tapa

Con materiales finos al operar el pozo.

### Longitud óptima de rejillas:

$$L = \frac{1000 Q_m}{(0.60 A) \times V_p} \quad (4.6)$$

L=Longitud efectiva (m)

Q<sub>m</sub>=Caudal máximo (l/s)

A=Área abierta de la rejilla cm<sup>2</sup>/m

---

<sup>27</sup> Sebastián Santayana Vela. Apuntes de Diseños de Pozos-UNALM

$V_p^{28}=3-4$  velocidad óptimo (cm/s)

Reemplazando los datos en la ecuación (4.6):

$Q_m=85$  l/s

$V_p=3.5$ cm/s

$A=3420$  cm<sup>2</sup>/m

$$L = \frac{1000 \times 85 \text{ l/s}}{0.27 \times 3420 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \times 3 \text{ cm/s}} = 30.04 \text{ m}$$

Tomando valor entero de longitud de filtro: 30m

#### Longitud de entubado ciego

Se denomina también tubería de forro como propósito que sirve de soporte a las paredes del pozo. Generalmente en este tramo va ser colocada la bomba, otra función que cumple es el sellado de capas acuíferas. La longitud de la tubería ciega viene dado por el tipo de acuífero y la profundidad de los estratos permeables. Se debe tener en cuenta la resistencia del material a la compresión que puede originar las paredes del hueco por derrumbes y otras causas.

(Véase el plano N°4.14, en anexo de planos)

TABLA N° 4.21  
DATOS TÉCNICOS DEL DISEÑO DEL POZO

Longitud total de la tubería ciega	Longitud total de la rejilla	Descripción del material
88 m	30m	Acero Inox Dúplex tipo 2205- ASTM /14462

Fuente: Elaboración propia

<sup>28</sup> National Water Well Association, indica que velocidad máxima permitida es de 3 cm/s para valores  $K \geq 120$  m/día



**f) Cálculo del diámetro de la tubería para el sistema de bombeo del pozo profundo.**

Caudal máximo  $Q_{\text{Diseño}} = 85 \text{ l/s}$ .

**Diseño de sistema suministro.**

**Línea de impulsión para bombes discontinuos<sup>29</sup>**

$$D = 0.58738(N)^{0.25} \times \sqrt{Q_d} \quad (4.7)$$

La cual está basada en los siguientes parámetros:

D: Diámetro interior aproximado tentativo (m).

N: Número de horas de bombeo al día – funcionamiento de planta de tratamiento de agua según la demanda obtenida.

$Q_d$ : Caudal de bombeo obtenido del Pozo profundo de los cálculos realizados ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

Reemplazando los valores en ecuación (4.7).

N: 18 horas/día.

$Q_d: 85 \text{ l/s} = 0.085 \text{ m}^3/\text{s}$

$$D_i = 0.58738 \times (18 \text{ horas/día})^{0.25} \times \sqrt{0.085 \text{ m}^3/\text{s}}$$
$$D_i = 0.34 \text{ m.}$$

**Velocidad media del flujo.**

Utilizando la ecuación de continuidad se verificará la velocidad del fluido en la tubería.

$$V_i = \frac{4Q_d}{\pi D_i^2} \quad (4.8)$$

Reemplazando los datos de diseño y datos obtenidos.

<sup>29</sup> Línea de impulsión es la elección del diámetro de la tubería para la cual se utiliza una fórmula empírica conocido como " fórmula de Bresse para bombes discontinuos".

$$v_i = \frac{4 \times 0.085 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi(0.34\text{m})^2} = 0.936 \text{ m/s}$$

### Velocidades mínimas y máximas

Es necesario establecer un criterio que fije un valor máximo y otro mínimo para la velocidad del agua en las tuberías.

#### Un exceso de velocidad puede:

Originar golpes de ariete, la sobrepresión puede provocar roturas.

- Producir excesivas pérdidas de carga.
- Favorecer las corrosiones por erosión.
- Régimen turbulento.
- Producir ruidos, que pueden ser muy molestos.

#### Una velocidad demasiado baja:

- Propicia la formación de depósitos de las sustancias en suspensión que pudiera llevar el agua, provocando obstrucciones.
- Implica un diámetro de tubería excesivo, sobredimensionado, con lo que la instalación se encarece de forma innecesaria.

TABLA N° 4.22  
VELOCIDADES DEL FLUIDO EN LAS TUBERÍAS

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4

Fuente: Darby, R., Chemical engineering fluids mechanics, Dekker, New York, 2001.

El valor obtenido de 0.936m/s no está dentro del rango de la velocidad comprendido entre 1.2 y 2.4 m/s. En consecuencia se recalculo el diámetro de la salida de la bomba y conducción considerando una velocidad promedio de 1.5 m/s

Reemplazamos en la ecuación de continuidad para determinar el Diámetro tentativo 2 ( $D_{ii}$ ).

$$D_{ii} = \sqrt{\frac{4Q_d}{\pi \cdot V_{ii}}} \quad (4.9)$$

Datos:

$$v_{ii} = 1.50 \text{ m/s}$$

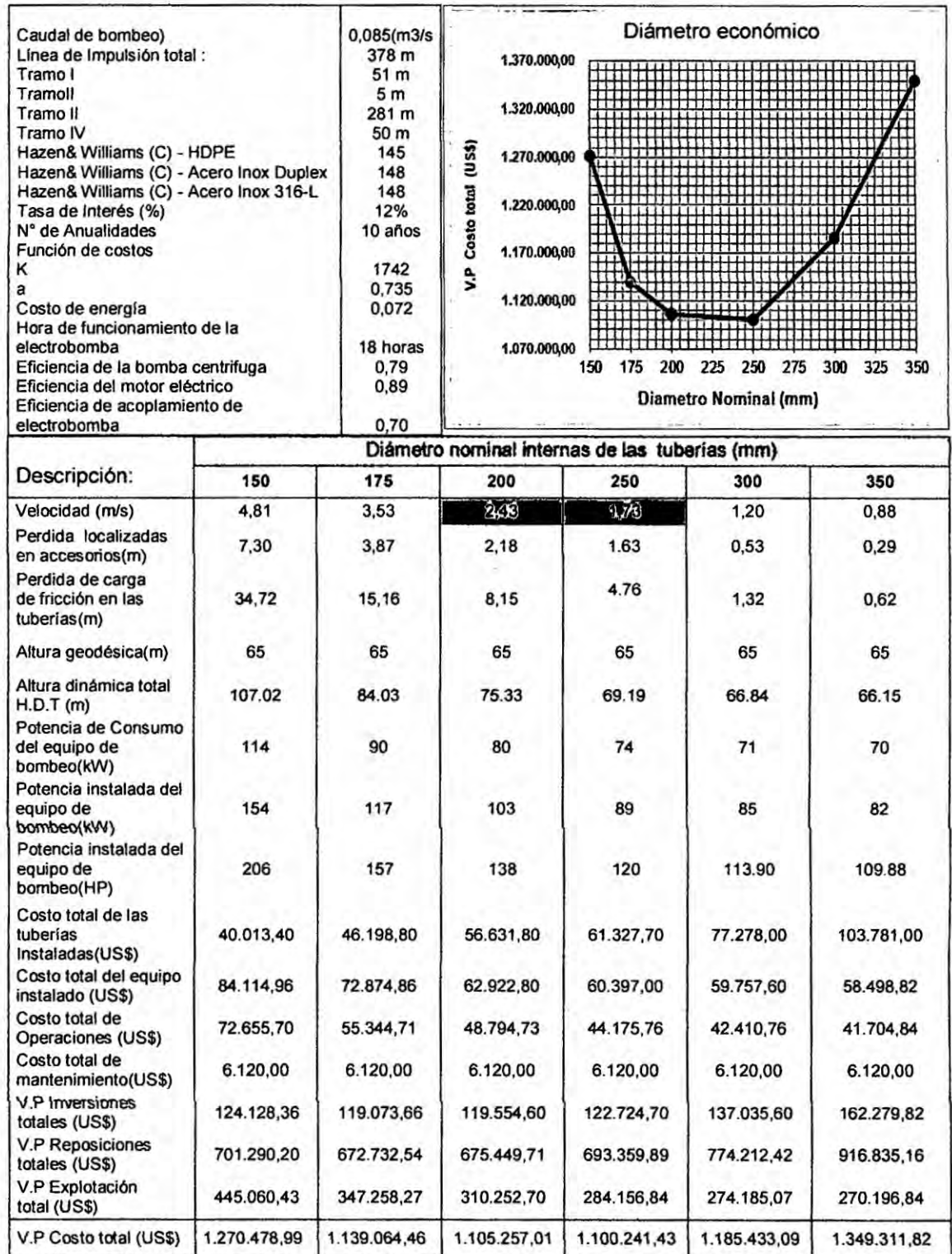
$$Q_d = 0.085 \text{ m}^3/\text{s}$$

Reemplazando en la ecuacion.

$$D_{ii} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.085 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 1.5 \text{ m/s}}} = 0.260 \text{ m}$$

El Diámetro  $D_{ii}$  calculado se contrastará con análisis de diámetro económico para elegir el diámetro adecuado.

**TABLA N° 4.23**  
**ANÁLISIS DE LA ELECCIÓN DEL DIÁMETRO ECONÓMICO**



Fuente: Elaboración propia

Del análisis del diámetro económico realizado (Véase la tabla N° 4.23 , en la página 122) se ha seleccionado un tubería de Ø200 mm de la salida de la electrobomba y una tubería de Ø250 mm para tubería de conducción desde la salida de codo de descarga del pozo hasta el tanque de planta de tratamiento de agua.

Las velocidades de 2.43 m/s e 1.73 m/s de los diámetros Ø200 mm y Ø250 mm de las tuberías están dentro de los parámetros.

Para realizar el cálculo de altura dinámica total, se realizara por tramos.

**TABLA N° 4.24**  
**TRAMOS DEL RECORRIDO DE LA TUBERÍA DESDE LA ELECTRO**  
**BOMBA SUMERGIBLE HASTA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Tramo	Recorrido	Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Tramo I	Salida de equipo de electrobomba hasta el codo de descarga.	Acero inox dúplex	200	61
Tramo II	Codo de descarga del pozo hasta la salida de la cámara de control.	Acero inox dúplex	200	4.5
Tramo III	Cámara de control hasta el ingreso planta de tratamiento de agua(enterrado)	HDPE <sup>30</sup>	250	281
Tramo IV	Desde la parte externa hasta la parte interna de planta de tratamiento de agua –Tanque de agua Cruda (aéreo)	Acero inox 316 -L	250	52

Fuente: Elaboración propia

<sup>30</sup> El polietileno de alta densidad o PEAD (HDPE en inglés), es un material termoplástico parcialmente amorfo y parcialmente cristalino. El grado de cristalinidad depende del peso molecular, propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) y mejor resistencia química y térmica que el polietileno de baja densidad, debido a su mayor densidad. Además es resistente a las bajas temperaturas, impermeable, inerte (al contenido), con poca estabilidad dimensional y no tóxico.

**g) Cálculo de las pérdidas por fricción en las tuberías y accesorios en los tramos I-IV**

**TRAMO I: Salida de electrobomba hasta el codo de descarga**

- **Pérdida de carga de fricción en las tuberías**

La ecuación de Hazen & Williams –Tuberías.

$$H_{f_{la}} = \frac{10.67 LQ^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad (4.10)$$

Reemplazando los datos:

Caudal de bombeo  $Q=0.085 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Coefficiente de rugosidad de la tubería acero inox dúplex  $C=145$

Diámetro interno de la tubería acero inox dúplex=  $0.21\text{m}$

Longitud de la tubería del tramo I =  $61\text{m}$

Reemplazando los datos en la ecuación (4.10 )

$$H_{f_{la}} = \frac{10.67 \times (52\text{m}) \times (0.085 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(145)^{1.85} \times (0.21\text{m})^{4.87}}$$
$$H_{f_{la}} = 1.28\text{m}$$

- **Pérdidas de carga localizadas (accesorios)**

Se ha determinado las pérdidas en los accesorios con longitudes equivalentes; de los accesorios son en el tramo I.

TABLA N° 4.25  
LONGITUD EQUIVALENTE EN EL TRAMO I

Accesorio	Cantidad	Diámetro nominal(mm)	Le/D (m)	Le(m)
Codo 90°	1	0.210	30	6.30
Válvula check (retención)	1	0.210	76	15.96

Le=22.26

Fuente: Elaboración propia

La ecuación de Hanzen & Williams – accesorios.

$$H_{f_{lb}} = \frac{10.67(Le)Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \quad (4.11)$$

Reemplazando los datos:

Caudal de bombeo  $Q=0.085 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Coefficiente de rugosidad de la tubería acero inox dúplex  $C=145$

Diámetro interno de la tubería acero inox dúplex= $0.210\text{m}$

Longitud de la tubería equivalente en el tramo I =  $22.26\text{m}$

Reemplazando los datos en la ecuación (4.11 )

$$H_{f_{lb}} = \frac{10.67 \times (22.26\text{m}) \times (0.085 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(145)^{1.85} \times (0.21\text{m})^{4.87}}$$

$$H_{f_{lb}} = 0.58\text{m}$$

Pérdidas de carga de fricción de las tuberías y pérdidas de carga

localizada en accesorios

$$H_{f_i} = H_{f_{ia}} + H_{f_{lb}} \quad (4.12)$$

$$H_{f_i} = 1.28 + 0.58 = 1.86 \text{ m}$$

**TRAMO II: Codo de descarga del pozo hasta la salida de la cámara de control.**

- **Pérdida de carga de fricción en las tuberías (m)**

La ecuación de Hazen & Williams –Tuberías.

$$H_{f_{IIa}} = \frac{10.67 LQ^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad (4.13)$$

Reemplazando los datos:

Caudal de bombeo  $Q=0.085 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Coefficiente de rugosidad de la tubería de acero inox dúplex  $C=145$

Diámetro interno de la tubería acero inox dúplex= 0.21 m

Longitud de la tubería del tramo I = 4.5m

Reemplazando los datos en la ecuación ( 4.13)

$$H_{f_{IIa}} = \frac{10.67 \times (4.5\text{m}) \times (0.085 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(145)^{1.85} \times (0.21\text{m})^{4.87}}$$

$$H_{f_{IIa}} = 0.11\text{m}$$

- **Pérdidas de carga localizadas (accesorios)**

Se ha determinado las pérdidas en los accesorios con longitudes equivalentes; de los accesorios son en el tramo II.



TABLA N° 4.26  
LONGITUD EQUIVALENTE EN EL TRAMO II

Accesorio	Cantidad	Diámetro nominal(m)	Le/D (m)	Le(m)
Codo 90°	2	0.21	30	12..60
Válvula de compuerta	2	0.21	35	14.70
Medidor de Flujo	1	0.21	80	16.80
Te derivación	2	0.21	20	8.40
Cambio de sección (Ø200mm- Ø250mm)	1	0.21	10	2.1

Le=54.60m

Fuente: Elaboración propia

La ecuación de Hanzen & Williams –accesorios.

$$H_{f_{IIb}} = \frac{10.67(Le)Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \quad (4.14)$$

Reemplazando los datos:

Caudal de bombeo  $Q=0.085\text{ m}^3/\text{s}$ .

Coficiente de rugosidad de la tubería acero inox dúplex  $C=145$

Diámetro interno de la tubería acero inox dúplex=0.210m

Longitud de la tubería equivalente en el tramo I = 54.60m

Reemplazando los datos en la ecuación (4.14 )

$$H_{f_{IIb}} = \frac{10.67 \times (54.60\text{m}) \times (0.085\text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(145)^{1.85} \times (0.21\text{m})^{4.87}}$$

$$H_{f_{IIb}} = 1.19\text{m}$$

Pérdidas de carga de fricción de las tuberías y pérdidas de carga localizada en accesorios en el tramo II

$$H_{f_{II}} = H_{f_{IIa}} + H_{f_{IIb}} \quad (4.15)$$

$$H_{f_{II}} = 1.19 + 0.11 = 1.31 \text{ m}$$

**TRAMO III: salida de la cámara de control hasta la parte externa de tratamiento de agua (enterrado)**

- **Pérdida de carga de fricción en las tuberías (m)**

La ecuación de Hazen & Williams –Tuberías.

$$H_{f_{IIIa}} = \frac{10.67 LQ^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad (4.16)$$

Reemplazando los datos:

Caudal de bombeo  $Q=0.085 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Coefficiente de rugosidad para la tuberías HDPE  $C=150$

Diámetro interno de la tubería HDPE=  $0.245\text{m}$

Longitud de la tubería del tramo III =  $281\text{m}$

Reemplazando los datos en la ecuación ( 4.16)

$$H_{f_{IIIa}} = \frac{10.67 \times (281\text{m}) \times (0.085 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(150)^{1.85} \times (0.245\text{m})^{4.87}}$$
$$H_{f_{IIIa}} = 2.78\text{m}$$

- **Pérdidas de carga localizadas (accesorios)**

Se ha determinado las pérdidas en los accesorios con longitudes equivalentes; de los accesorios son en el tramo III.

TABLA N° 4.27  
LONGITUD EQUIVALENTE EN EL TRAMO III

Accesorio	Cantidad	Diámetro nominal(mm)	Le/D (m)	Le(m)
Codo 90° de radio largo	3	0.250	24	17.64
Codo 45° de radio largo	2	0.250	15	7.35

Le=24.99m

Fuente: Elaboración propia

La ecuación de Hazen & Williams – accesorios.

$$H_{f_{IIIb}} = \frac{10.67(Le)Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \quad (4.17)$$

Reemplazando los datos:

Caudal de bombeo  $Q=0.085 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Coefficiente de rugosidad de la tuberías HDPE  $C=150$

Diámetro interno de la tubería HDPE=0.245m

Longitud de la tubería equivalente en el tramo III = 24.99m

Reemplazando los datos en la ecuación (4.17)

$$H_{f_{IIIb}} = \frac{10.67 \times (24.99\text{m}) \times (0.085 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(150)^{1.85} \times (0.245\text{m})^{4.87}}$$

$$H_{f_{IIIb}} = 0.25\text{m}$$

Pérdidas de carga de fricción de las tuberías y pérdidas de carga

localizada en accesorios en el tramo III

$$H_{f_{III}} = H_{f_{IIIa}} + H_{f_{IIIb}} \quad (4.18)$$

$$H_{f_{III}} = 2.78 + 0.25 = 3.03\text{m}$$

**TRAMO IV: Desde la parte externa hasta la parte interna de planta de tratamiento de agua –Tanque de agua Cruda (aéreo)**

- **Pérdida de carga de fricción en las tuberías (m)**

La ecuación de Hanzen & Williams –Tuberías.

$$H_{f_{IVa}} = \frac{10.67 L Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad (4.19)$$

Reemplazando los datos:

Caudal de bombeo  $Q=0.085 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Coefficiente de rugosidad para la tuberías inox 316 -L  $C=140$

Diámetro interno de la tubería inox 316 -L= 0.247m

Longitud de la tubería del tramo III = 52m

Reemplazando los datos en la ecuación (4.19 )

$$H_{f_{IVa}} = \frac{10.67 \times (281\text{m}) \times (0.085 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (0.247\text{m})^{4.87}}$$

$$H_{f_{IVa}} = 0.56\text{m}$$

- **Pérdidas de carga localizadas (accesorios)**

Se ha determinado las perdidas en los accesorios con longitudes equivalentes; de los accesorios son en el tramo IV.

TABLA N° 4.28  
LONGITUD EQUIVALENTE EN EL TRAMO IV

Accesorio	Cantidad	Diametro nominal(m)	Le/D (m)	Le(m)
Codo 90° de radio largo	5	0.247	30	37.05
Codo 45° de radio largo	1	0.247	20	4.94

Le=41.90m

Fuente: Elaboración propia

La ecuación de Hanzen & Williams –accesorios.

$$H_{f_{IVb}} = \frac{10.67 (Le) Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad (4.20)$$

Reemplazando los datos:

Caudal de bombeo  $Q=0.085 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Coefficiente de rugosidad de la tuberías acero inox 316-L  $C=140$

Diámetro interno de la tubería acero inox duplex 316-L= $0.247\text{m}$

Longitud de la tubería equivalente en el tramo IV =  $41.90\text{m}$

Reemplazando los datos en la ecuación (4.20 )

$$H_{f_{IVb}} = \frac{10.67 \times (41.90\text{m}) \times (0.085 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (0.247\text{m})^{4.87}}$$

$$H_{f_{IVb}} = 0.45\text{m}$$

Pérdidas de carga de fricción de las tuberías y pérdidas de carga

localizada en accesorios en el tramo IV

$$H_{f_{IV}} = H_{f_{IVa}} + H_{f_{IVb}} \quad (4.21)$$

$$H_{f_{IV}} = 0.56\text{m} + 0.45\text{m} = 1.01 \text{ m}$$

Las pérdidas totales en las tuberías y accesorios en todos los tramos desde analizados desde el punto 1 hasta el punto 2 en metros de columna de agua.

$$H_f = H_{f_I} + H_{f_{II}} + H_{f_{III}} + H_{f_{IV}} \quad (4.22)$$

$$H_f = 1.78 \text{ m} + 1.31 \text{ m} + 3.03 \text{ m} + 1.01 \text{ m}$$

$$H_f = 7.19 \text{ m}$$

#### h) Cálculo de altura dinámica total:

Para poder conocer la altura dinámica total que debe cumplir en la electrobomba y sistema de tuberías la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - H_{f_{1-2}} + HDT = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (4.23)$$

Consideraciones en los puntos 1 y 2 en la figura N° 4.7

Presión despreciable en el punto 1 y 2 solo existe presión atmosférica

$$P_1 = 0 \text{ y } P_2 = 0$$

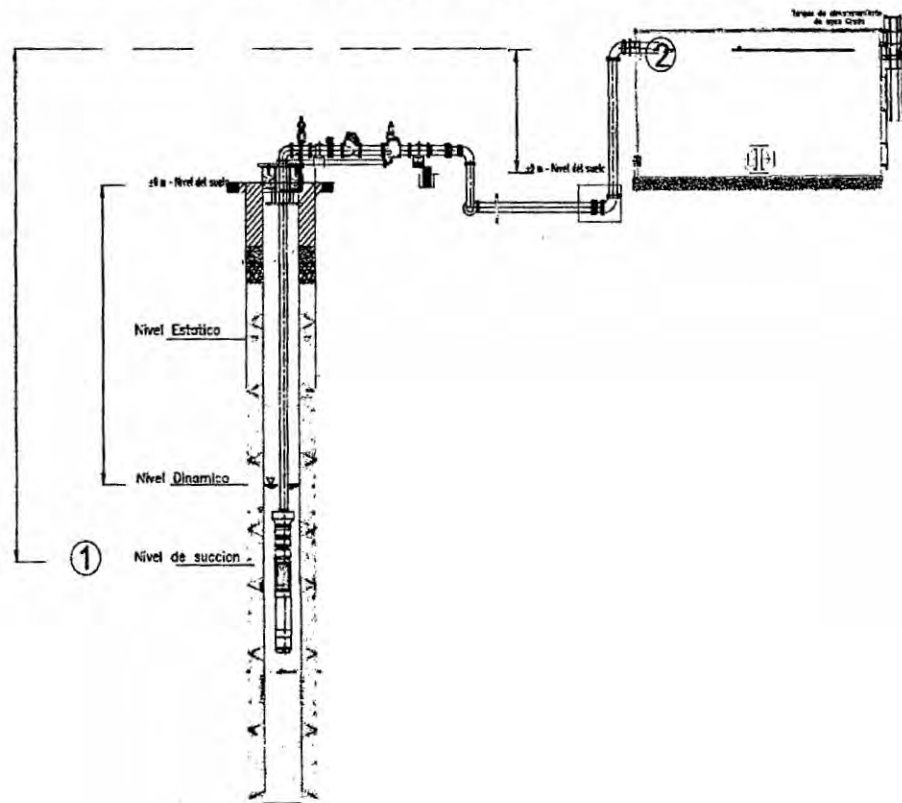
Velocidad en la succión de bomba sumergible es despreciable

$$v_1 = 0$$

Simplificación en la ecuación (4.23) general de Bernoulli

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + z_1 + \cancel{\frac{v_1^2}{2g}} - H_{f_{1-2}} + HDT = \cancel{\frac{P_2}{\gamma}} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

FIGURA N° 4.7  
 ESQUEMA DEL EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE AGUA SALOBRE DEL POZO PARA LA ALIMENTACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO – TANQUE DE ALMACENAMIENTO



Fuente: Elaboración propia

$H_{f_{1-2}} = H_f$  : Las pérdidas total en las tuberías y accesorios en todos los tramos desde punto 1-2 (m).

HDT : Altura dinámica total requerida para el sistema de extracción del agua salobre (m).

$v_2$ : Velocidad de ingreso hacia tanque de almacenamiento (m/s)

$z_1$ : Cota de succión de la electrobomba en el pozo

$z_2$ : Cota de la descarga de la tubería en tanque de almacenamiento

$z_2 - z_1 = 65$  m.

$v_2 = 1.78$  m/s

$g = 9.8$  m<sup>2</sup>/s

$H_{f_{1-2}} = 7.19$  m

Reemplazando datos en la ecuación simplificada

$$HDT = \frac{v_2^2}{2g} + (z_2 - z_1) + H_{f_{1-2}} \quad (4.24)$$

$$HDT = \frac{(1.78 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.8 \text{ m}^2/\text{s}} + (65) + 7.21 \text{ m}$$

$$HDT = 72.3 \text{ m}$$

#### i) Potencia requerida para el sistema de bombeo

**Potencia de consumo:**

$$P_c (\text{kW}) = \frac{Q \cdot \gamma \cdot HDT}{\eta_b} \quad (4.25)$$

Datos:

$Q = 0.085$  m<sup>3</sup>/s

$HDT = H = 72.3$  m

$\gamma = 9.80$  kN/m<sup>3</sup>

$\eta_b = 0.78$

$$P_c = \frac{0.085 \text{ m}^3/\text{s} (72.3 \text{ m}) \times 9.80 \text{ kN/m}^3}{0.78}$$

$$P_c = 77.30 \text{ kW}$$



**Potencia instalada.**

$$P_i(kW) = \frac{Q \cdot \gamma \cdot HDT}{\eta_b} \quad (4.26)$$

Datos:

$$Q=0.085 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HDT=H=72.3\text{m}$$

$$\gamma= 9.80 \text{ kN/m}^3$$

$$\eta_b = 0.69$$

$$P_i = \frac{0.085 \text{ m}^3/\text{s} (72.3\text{m}) \times 9.80 \text{ kN/m}^3}{0.78 \times 0.89}$$

$$P_i=87.85\text{kW}$$

**j) Selección de la electrobomba sumergible**

$$Q=85\text{l/s} = 0.085 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$ADT=72.30 \text{ m}$$

$$\text{Tension}=440\text{v}$$

$$\text{Frecuencia}=60\text{Hz}$$

Con el programa de Selección de Bombas y motor eléctrico FLOWSERVE se ha considerado en la selección de la electrobomba el material para sea resistente a la agresividad del agua salobre de acuerdo del análisis del agua del pozo.

**TABLA Nº 4.29**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE SELECCIONADA**

Caudal	: 85 l/s	Tensión	: 440 V ±10 %
Altura total	: 72,3 m	Frecuencia	60 Hz
Diámetro pozo	: 406 mm	Tipo de Arranque	: Variador de Frecuencia
Especificación de la Tubería	: DN200	Longitud del cable	:85 m
Válvula retención	:Si	Material Bomba / Motor	: D / C
Densidad	:9980 kg/m <sup>3</sup>	Instalación	: vertical
Temperatura del agua	: 20 °C	Temperatura máx. del aire	30 °C

**Datos de la bomba**

Altura total válvula cerrada	: 106,2 m
Potencia máx.	: 78,36 kW
Potencia absorb.en punto de serv.	: 76,5 kW
Eficiencia en BEP	:79,0 %
Eficiencia en punto de serv.	:78,8 %
Q/Qopt	: 104, %
NPSH	: 9,91 m

**Datos del motor**

Potencia del motor	: <b>90 kW</b>
Corriente nominal	:156 A
Corriente entre fases	: —
Velocidad	: 3500 1/min
Eficiencia en punto de serv.	:89,5%
Eficiencia total	:70,5%
Mín. Veloc. en periferia del motor:	0,50m/s

<b>Construcción</b>	<b>Carga</b>	<b>Ef.-Mot</b>	<b>cos phi</b>
Sentido de giro visto en la dirección del flujo: CW	1/2	0,885	0,760
Altura del eje : —	3/4	0,895	0,825
Momento de inercia Bomba : 0,083 kgm <sup>2</sup>	1/1	0,890	0,850
Momento de inercia Motor: 0,046 kgm <sup>2</sup>			<b>100 %</b>
		<b>70 %</b>	
Válvula retención : DN200,PN16		<b>U nom.</b>	<b>U nom.</b>
Adaptador : —	Par arranque / Par nom.	0,45	1,4
Diámetro máx. del grupo 322 mm	Par frenado / Par nom.	—	2,8
Longitud del grupo :2478 mm	Cor. arranque / Cor. nom.	2,6	6,0

<b>Cable adicional: 1RD 75 m 4x35</b>	Máx. arranques por hora	: 10
Código B.U. : TL02 (VDE)	Llenado con agua pot.	: No
Caída de tensión real : 2,8 %	No. de curva del motor	: MK60041/1

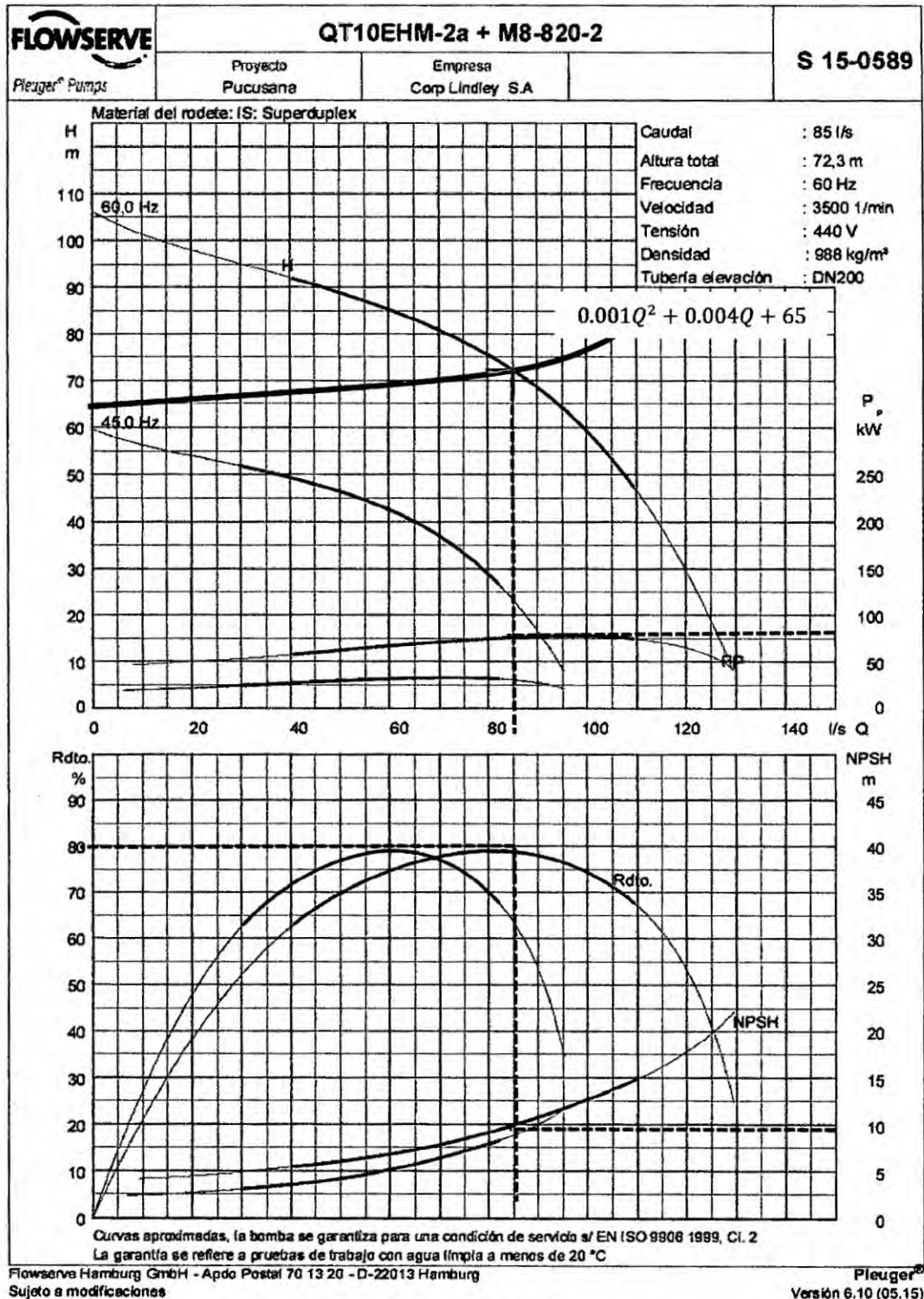
<b>Tubería recomendada: DN200</b>	No. de Curva Par-Velocidad	: MM60041/1
Diámetro máx. (sin cable) : 240 mm	<b>Peso aprox.</b>	

<b>Rodete</b>	Bomba	:90 kg
Material : IS: Superduplex	Motor	:239 kg
<b>Diámetro</b>	Válvula retención	: 48,3 kg
Máx. : 195,5 mm	Adaptador	: —
Pto. de trabajo aprox. : 174,5 mm	cable adicional	:184 kg
Mín. : 168,3 mm		

Fuente: FLOWSERVE

k) Punto de operación del sistema de bombeo

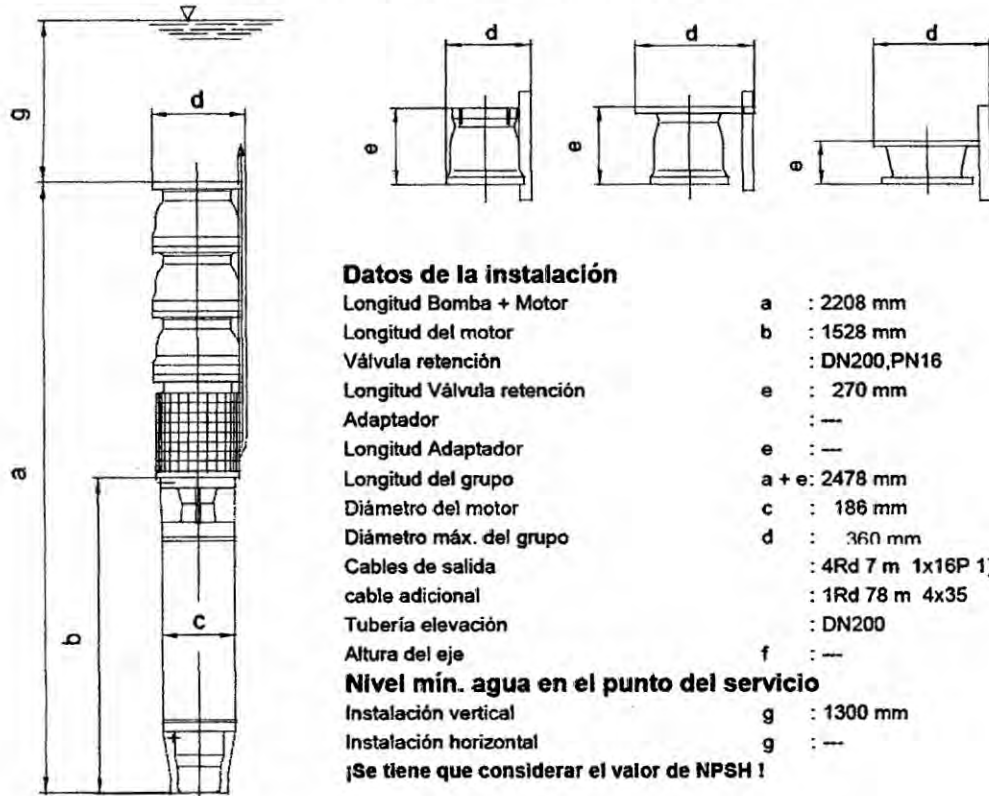
GRÁFICO N° 4.9  
CURVA DE PUNTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA



Fuente: FLOWSERVE

FIGURA N° 4.8

DETALLE DE DIMENSIONES DE LA ELECTROBOMBA  
SUMERGIBLE SELECCIONADA



**Datos de la bomba**

Caudal	: 85 l/s
Altura total	: 72,3 m
Temperatura del agua	: 20 °C
Velocidad	: 3500 1/min
Potencia absorb.en punto de serv.	: 76,5 kW
Eficiencia en punto de serv.	: 78,8 %
Instalación	: vertical
Válvula retención	: DN200,PN16
Diámetro máx. del grupo	: 360 mm
Diámetro pozo	: 406 mm

**Datos del motor**

Frecuencia	: 60 Hz
Tensión	: 440 V ±10 %
Potencia del motor	: 90 kW
Corriente nominal	: 156 A
Tipo de Arranque	: Directo
cable adicional	: 1Rd 63 m 4x35

Fuente: FLOWSERVE

### **Características de la electrobomba sumergible**

La electrobomba sumergible de tipo de rodete semi axial apta para trabajar con agua. Instalación horizontal o vertical, de fabricación modular embridada o atornillada. Pieza de aspiración y descarga así como los cuerpos etapa de hierro fundido.

Eje, casquillos del eje y tornillería en acero inoxidable. Impulsores metálicos. Adaptación al punto de servicio mediante recorte de los impulsores. Anillos de desgaste recambiables. Cojinetes radiales lubricados por agua y fabricados en goma y acero. Válvula de retención de muelle, embridada, fabricada en hierro fundido de clapeta para instalación vertical. Para bombas > 10": adaptador y válvula de mariposa.

Motor eléctrico sumergible trifásico AC con cojinete de empuje de alta capacidad de carga fabricado en AF75 así como con membrana para compensación de presión y volumen. Motor rebobinables. Cojinetes radiales lubricados por el líquido fabricado en AF75. Sellado del motor mediante cierre mecánico. Estator, saliente del rotor, tornillería así como soporte cojinete axial fabricados en acero inoxidable. Portacojinetes superior e inferior de hierro fundido. Acople dentado para conexión bomba-motor de acuerdo con los estándares NEMA.

Cable sumergible especial con cubierta exterior fabricada de

etileno-propileno (EPR) según DIN VDE 0207, capa aislante hecha de EPR según DIN VDE 0207, límite de temperatura permitido del conductor 90°C.

### I ) Cálculo de (NPSHD ) del sistema de bombeo

El valor NPSH disponible del sistema debe ser mayor que el NPSHR de la bomba sumergible para evitar la cavitación.

Cálculo del NPSH disponible (NPSHD)

$$NPSHD = \frac{(Pat - Pv)}{\gamma} + (H_s - H_d) - \Delta p \quad (4.27)$$

$$Pat. = 101.33\text{kPa}$$

$$Pv = 2.34\text{kN/m}^2$$

$$\gamma = 9.80 \text{ kN/m}^3$$

$$H_s = 61.00 \text{ m}$$

$$H_d = 44.68 \text{ m}$$

$$\Delta p = 0.35 \text{ m}$$

Reemplazando los datos en ecuación (4.27):

$$NPSHD = \frac{(101.33 \text{ kPa} - 2.34\text{kN/m}^2)}{9.8 \text{ kN/m}^3} + (61.00\text{m} - 44.68 \text{ m}) - 0.35\text{m}$$

$$NPSHD = 26.07\text{m}$$

Del gráfico se ha determinado (véase que tiene el N°--)

El NPSHR de la bomba es de 9.91m ,de lo cual podemos comparar

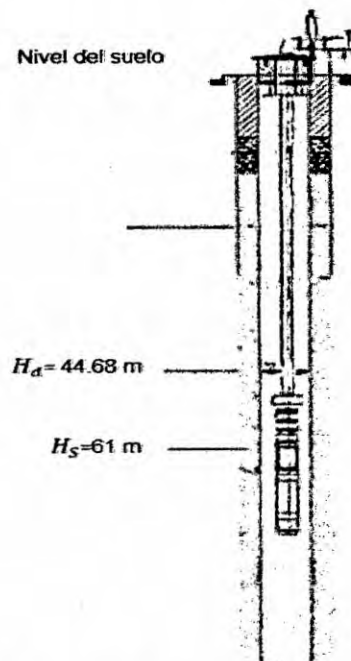
$$NPSHD > NPSHR \quad (4.28)$$

$$26.07 \text{ m} > 9.91\text{m} \text{ correcto}$$

De lo analizado se concluye que la instalación del sistema de bombeo de pozo profundo tiene energía mayor a lo necesita la bomba seleccionada y no sufrirá el problema de cavitación.

FIGURA N° 4.9

DETALLE DE INSTALACIÓN DE LA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE .



Fuente: Elaboración propia

**m) Cálculo del Coeficiente de la velocidad específica ( $n_s$ )**

Este número adimensional ayuda a determinar la capacidad de todas las bombas centrífugas, permite tener una referencia en cuanto al tipo de impulsor que dará alto rendimiento. Como se trata de una bomba multietapa nos referiremos exclusivamente a los datos de funcionamiento de la primera etapa, por lo tanto usaremos la altura que desarrolla el primer impulsor

De la electrobomba sumergible seleccionada es de 2 etapas que desarrollaran en el punto óptimo una A.D.T. de 72.3 m, la altura que entregara el primer impulsor será la siguiente:

$$A.D.T_{1er\ imp} = \frac{A.D.T}{\# \text{ etapas}} \quad (4.29)$$

Reemplazando los datos en ecuación (4.29)

$$A.D.T_{1er\ imp} = \frac{72.3\ m}{2} = 36.15\ m$$

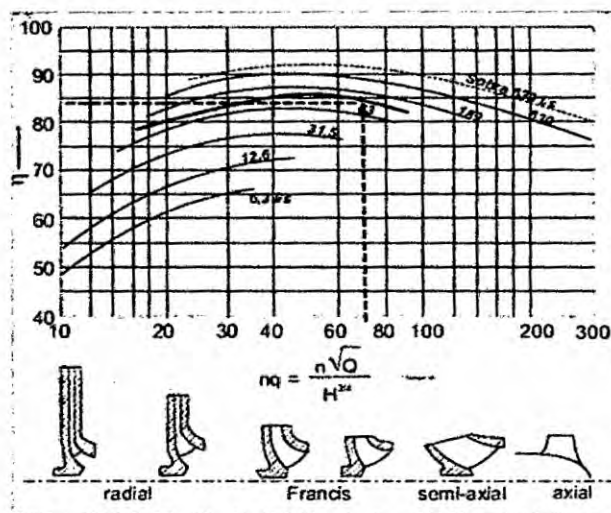
La ecuación de velocidad especifica

$$n_s = \frac{N \times \sqrt{Q}}{(H_t)^{3/4}} \quad (4.30)$$

Reemplazando en fórmula de velocidad especifica.

$$n_s = \frac{3500\text{rpm} \times \sqrt{0.085\ \text{m}^3/\text{s}}}{(36.15\text{m})^{3/4}} = 69.42$$

FIGURA N° 4.10  
CURVA DE VELOCIDAD ESPECÍFICA PARA DETERMINAR EL TIPO DE RODETE DE LA BOMBA



Fuente: FLOWSERVE



Este valor nos proporciona la información del tipo del impulsor que pertenece al rango de flujo mixto (es de tipo (semiaxial)).

(Véase el plano N°4.15, en anexo de planos)

#### **n) Análisis de Flujo Transitorio - Fenómeno de Golpe de Ariete**

Es un fenómeno que ocurre cuando se interrumpe súbitamente la energía que propulsa la columna de agua en la línea de impulsión o por el cierre rápido de la válvula de regulación de flujo a la salida de la bomba ocasionando una presión interna a todo lo largo de la tubería, la cual es recibida en la paredes de la tubería y los accesorios como un impacto que puede provocar roturar en las tubería de impulsión.

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

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho \left[ \frac{1}{\varepsilon} + \frac{d}{e \times E} \right]}} \quad (4.31)$$

c = Velocidad de propagación de la onda (m/s).

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

d = Diámetro interior de la tubería (m).

e =Espesor de la tubería (m).

E: Módulo de elasticidad de tracción de la tubería HDPE PN10  
SDR17 NTP-ISO: 4427 PE100 (N/m<sup>2</sup>).

Reemplazando en la ecuación (4.31)

$$C = \sqrt{\frac{1}{998 \text{ kg/m}^3 \left[ \frac{1}{2 \times 10^9 \text{ N/m}^2} + \frac{0.245 \text{ m}}{0.014 \text{ m} \times 0.73 \times 10^9 \text{ N/m}^2} \right]}}$$

$$C = 202.14 \text{ m/s}$$

**La sobrepresión generada**

$$\Delta H = \frac{c \times V}{g} \quad (4.32)$$

$c$  = Celeridad m/s

$v$  = Velocidad promedio de la tubería HDPE de diámetro 0.245m

$g$  = gravedad m<sup>2</sup> /s

**Reemplazando en la ecuación.**

**Datos:**

$$c = 202.14 \text{ m/s}$$

$$v = 1.73 \text{ m/s}$$

$$g = 9.89 \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$\Delta H = \frac{202.14 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1.73 \text{ m/s}}{9.98 \text{ m}^2 / \text{s}}$$

$$\Delta H = 35.04 \text{ m}$$

La verificación de la resistencia de la tubería a soportar el golpe de ariete se realiza sumando la altura de bombeo más la presión que debe ser menor que la presión de trabajo de la tubería.

La verificación de la resistencia de la tubería a soportar el golpe de ariete se realiza sumando la altura de bombeo más la presión que debe ser menor que la presión de trabajo de la tubería.

Altura geodésica: 65 m

$$\Delta H_t = HDT + \Delta H \quad (4.33)$$

$$\Delta H_t = 65\text{m} + 35.04\text{m} = 100.04 \text{ m}$$

Tubo HDPE DN 250mm (10") PN10 SDR17 NTP-ISO: 4427 PE100

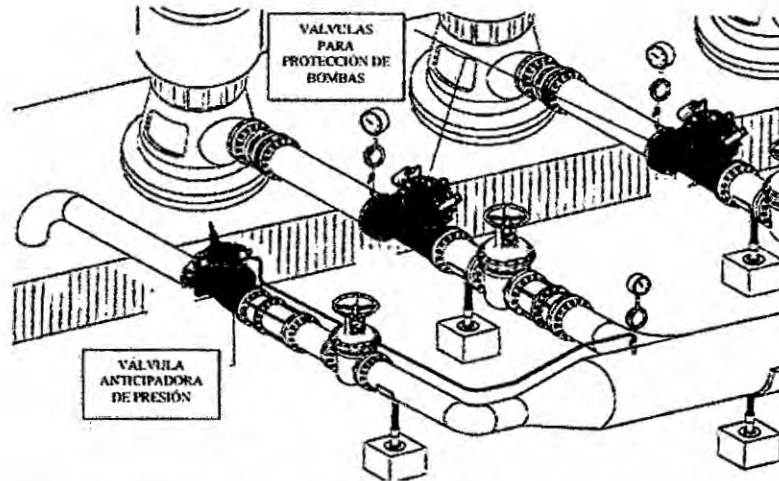
Tiene una presión de servicio de 145 PSI la cual es equivalente en columna de agua a 102.19 m. (columna de agua)

Está al límite en caso que se produce una sobrepresión para asegurar que la presión no llegue a presión de servicio de la tubería por la cual se instalara una válvula anticipadora de onda.

#### **Protección de línea de impulsiones válvula anticipadora de presión**

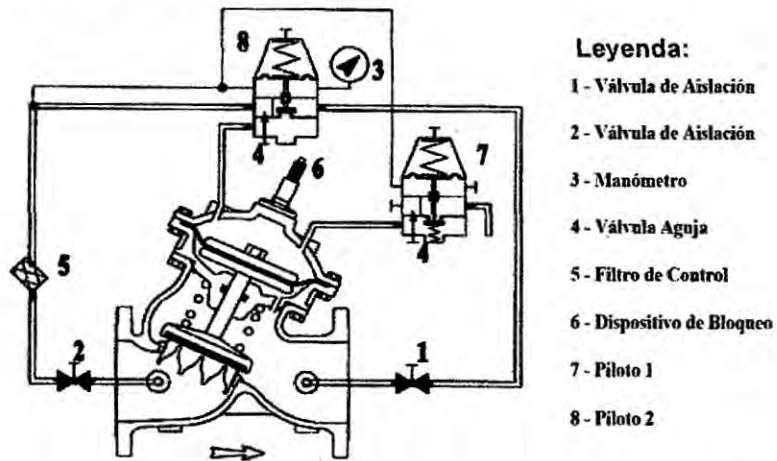
Esta solución consiste en la instalación de una válvula anticipadora de Presión poco después de la bomba para contrarrestar la onda positiva y negativa está especialmente diseñada para proteger bombas y tuberías del daño resultante de los cambios bruscos de velocidad del flujo ocasionados por golpe de ariete, especialmente en el caso de detención abrupta a causa de una falla en el suministro de energía cuyo cometido es el que no sea superado una depresión fijada como pauta de selección. Esta es una solución simple y muy efectiva. Se puede observar la sencillez de su implementación

FIGURA N° 4.11  
 INSTALACIÓN TÍPICA DE LA VÁLVULA ANTICIPADORA  
 DE PRESIÓN



Fuente: LUIS PEREZ FARRAS y ADOLFO GUITELMAN, estudio transitorio de golpe de ariete, Bueno Aires – Argentina 2005.

FIGURA N° 4.12  
 ESQUEMA DE ESTRUCTURA INTERNA DE LA VÁLVULA DE  
 ANTICIPADORA DE PRESIÓN



Fuente: LUIS PEREZ FARRAS y ADOLFO GUITELMAN, estudio transitorio de golpe de ariete, Bueno Aires – Argentina 2005

válvula también mantiene un nivel máximo de presión preestablecido expulsando la presión en exceso a la atmósfera. Cuando la presión del sistema sobrepasa la presión máxima mencionada, se abre el Piloto 2, entonces la presión en la cámara de control superior decrece y la válvula principal se abre para aliviar la presión y sostenerla en el nivel de seteo del piloto. Cuando la presión del sistema cae por debajo de este nivel el Piloto 2 se cierra, aumenta la presión en la cámara superior y la válvula se cierra, para seguir manteniendo la presión de seteo.

El Piloto 1 percibe esta caída inicial de presión y se abre, permitiendo que la válvula se abra anticipando el retorno de la presión más alta. Entonces, la válvula libera estas presiones más altas a la atmósfera. El Piloto 2, al sentir este incremento de presión, también se abre para mantener la válvula principal abierta.

Al instalar una Válvula Anticipadora de Presión, se fija el valor máximo positivo en un máximo preestablecido que no podrá ser superado y que implicará un cierto porcentaje de la altura manométrica a proveer por la electrobomba que simbolizamos como  $\xi$  (10, 15 % de  $H_m$  o lo que el proyectista estime necesario).

En ese caso, la sobrepresión máxima quedará acotada por la

Expresión:

$$\Delta h_{max} = H_m + \xi H_m = (1 + \xi) H_m \quad (4.34)$$

$\Delta h_{max}$  = Presión a regular para proteger la electrobomba y el

sistema de impulsión y evitar el golpe de ariete

$H_m = ADT =$  Altura dinámica total

$\xi =$  Porcentaje de altura dinámica total

Reemplazando datos.

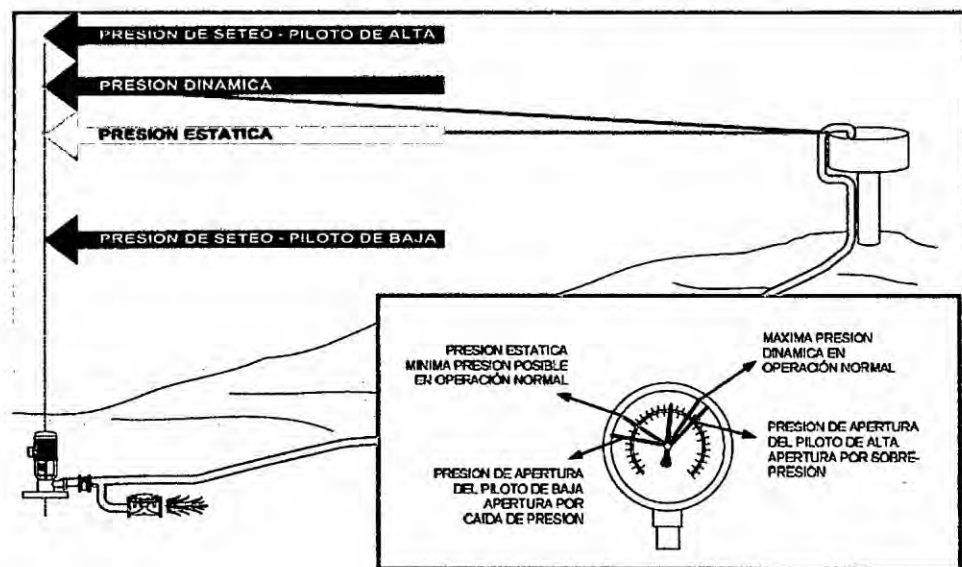
$H_m = 72.3$  m

$\xi = 15\%$

$\Delta h_{max} = (1+0.15)72.3m = 83.15$  m.c.a «» 119 Psi

La cual se regula para poder proteger el sistema en caso de sobrepresión.

FIGURA N° 4.13  
SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LA  
VÁLVULA ANTICIPADORA DE ONDA.



Fuente: Anticipadora de Onda antiarriete, Dorot Control Valves -- Argentina 2005

#### 4.3 Población y Muestra.

Referencial del Pozo de agua (IRHS 645 y IRHS 7A)

#### 4.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

La tabla N°4.4 Define el tipo de técnicas y sus instrumentos utilizados en la presente investigación.

TABLA N° 4.30  
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Análisis Documental:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis del contenido de sondeo eléctrico del método Schlumberger.</li><li>• Análisis del contenido del estudio Hidrogeológico para abastecimiento de planta de tratamiento de agua.</li><li>• Análisis de perfil geológico del pozo de muestra IRHS 645.</li></ul>
Mediciones convencionales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gps, Wincha, Cronometro, termómetro</li><li>• Medidor de distancia laser.</li><li>• Medidor de caudal volumétrico</li><li>• Hidroniveles eléctrico</li></ul>
Análisis de muestra.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis de muestra de agua del pozo IRHS 645.</li><li>• Análisis granulométrico del suelo y del pozo de pilotaje.</li></ul>

Fuente: Elaboracion propia.

#### **4.5 Procesamiento estadístico y análisis de datos.**

La investigación que se está realizando es de tipo tecnológico, descriptivo y evaluativo y su diseño es no experimental por lo que no amerita el uso de análisis estadístico en el análisis de desarrollo de investigación.



## CAPÍTULO V

### V. RESULTADOS

A continuación se muestra la tabla de los resultados finales de los cálculos realizados:

#### DISEÑO HIDRÁULICO DEL POZO:

##### Dimensiones:

Profundidad del Pozo: 118 m

Diámetro del Pozo: Ø0.400m

Nivel dinámico: 44.681 m

Nivel estático: 25.90 m

Caudal de Prueba (Pozo IRHS 645 y IRHS 7A): 80 l/s = 288 m<sup>3</sup>/h

##### Materiales :

TABLA N° 5.1  
MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DEL POZO PROFUNDO

	Característica	Tipo	Longitud	Diámetro
Rejilla	Acero Inox Dúplex tipo 2205- ASTM /14462 Espacio entre ranuras 1.5mm	Ranura continua	30m	Ø0.40m
Tubería	Acero Inox Dúplex tipo 2205- ASTM /14462 Espesor: 10mm	Conexión ZSM	88m	Ø0.40m

Grava artificial Ø2 mm - Ø4 mm

Fuente: Elaboración propia

- De acuerdo al balance de flujo de la demanda de la Planta de tratamiento de agua para para toda las áreas de la Planta Pucusana en la Primera Etapa.

El caudal requerido de extracción del pozo es de  $72.4 \text{ l/s} = 4690 \text{ m}^3/\text{h}$ .

**DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA EXTRACCIÓN DE AGUA SALOBRE DEL POZO PROFUNDO.**

Caudal de diseño:  $85 \text{ l/s} = 306 \text{ m}^3/\text{h}$

**TABLA N° 5.2**  
**MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE**  
**EXTRACCIÓN DEL AGUA SALOBRE**

Tramo	Característica	Velocidad Promedio(m/s)	Diámetro (m)	Longitud (m)
Tramo I	Acero Inox Dúplex 2205- ASTM /14462	2.43	Ø.200	61
Tramo II	Acero Inox Dúplex 2205- ASTM /14462	2.43	Ø.200	4.5
Tramo III	Tubo hdpe (10") PN10 SDR17 NTP- ISO:4427 PE100	1.73	Ø.250	281
Tramo IV	Acero Inox 2205- ASTM /316-L	1.73	Ø.250	52

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.3**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA ELECTROBOMBA SELECCIONADO**

<b>Datos de la bomba</b>	
Caudal	: 85 l/s
Altura total	: 72,3 m
Temperatura del agua	: 20 °C
Velocidad	: 3500 1/min
Potencia absorb.en punto de serv.	: 76,5 kW
Eficiencia en punto de serv.	: 78,8 %
Instalación	: vertical
Válvula retención	: DN200,PN16
Diámetro máx. del grupo	: 382 mm
Diámetro pozo	: 406 mm
<b>Datos del motor</b>	
Frecuencia	: 60 Hz
Tensión	: 440 V ±10 %
Potencia del motor	: 90 kW
Corriente nominal	: 156 A
Tipo de Arranque	: Directo
cable adicional	: 1Rd 63 m 4x35

**Fuente: FLOWSERVE**

**CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE BOMBEO.**

Altura geodésica: 65 m.

Pérdidas por fricción de las tuberías: 4.74 m

Pérdidas por accesorios: 2.47m

Altura Dinámica total: 72.3m

## CAPÍTULO VI

### VI .DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1. Contrastación de la Hipótesis con los resultados

- Se diseñó un sistema de extracción para el agua del pozo profundo que tiene una capacidad de bombeo de 85 l/s comparado con la capacidad instalada de planta de tratamiento de agua es de 72.3 l/s se garantiza que la demanda requerida cubrirá satisfactoriamente para el proceso de desalinización del agua salobre.
- Se determinó la ubicación de la electrobomba sumergible por debajo de nivel dinámico, dicha ubicación se verifican que se cumplan siguiente relación de  $(26.07\text{m}) \text{ NSPHD} > (9.91\text{m}) \text{ NPSHR}$  de esta manera garantizamos que trabajará adecuadamente el caudal requerido y evitando que se produzca cavitación.
- Del análisis del diámetro económico de la tubería desde la bomba sumergible hasta el tanque de almacenamiento se logró elegir la cual tiene menos pérdidas por fricción en la tubería, accesorio y menor energía eléctrica que requiere para poder transformar transportar el fluido hasta el tanque de almacenamiento.

## **6.2. Contratación de los resultados con otros estudios similares**

De otros estudios similares revisados, se puede comparar los resultados obtenidos .De la tesis **"Perforación de pozos tubulares para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Paján"**, donde podemos observar lo siguiente: El diseño del empaque de grava que rodea a la columna tubular ,debe estar en función de la abertura del filtro , el cual no debe menor o igual que el tamaño de la abertura de este , caso contrario la pérdida de carga al momento de la extracción del flujo de agua aumenta desproporcionalmente produciendo la ruptura de succión por la bomba en el pozo.

De la tesis **"Análisis hidráulico para ahorro de energía eléctrica de tres pozos del sistema de bombeo centro en el abastecimiento de agua potable en la ciudad de México"**, donde podemos observar lo siguiente: Varios son los factores que interviene para una óptima eficiencia como son las pérdidas, características del líquido, la selección de la bomba, la instalación del equipo, la línea de conducción, válvulas y potencias del motor eléctrico. El ahorro de energía comienza en la selección apropiada del motor, siempre existe un adecuado a las necesidades como lo son, las condiciones ambientales de operación, arranque, velocidad y tamaño.

Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el motor y su carga operan a su máxima eficiencia.

## CAPÍTULO VII

### VII. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados Obtenidos en el diseño de sistema extracción de agua para un caudal disponible de 85 l/s de extracción del sistema de bombeo con lo cual garantizamos cumplir con la demanda requerida y cumplimiento de las norma de medio ambiente y el uso racional de agua en los acuíferos como lo dispone Autoridad Nacional del Agua.
- Con los parámetros calculados de nivel dinámico (44.68), el nivel estático (25.90) y la interpretación del análisis físico- químico del agua es un acuífero freático (acuífero no confinado) a la vez presenta intromisión del agua del mar la cual se ve reflejado al alto porcentaje de conductividad y sales totales disuelto presentes en el agua del pozo, se logra la ubicación de la electrobomba dentro del pozo profundo.
- Con la ecuación de **Bresse** para bombeos discontinuos y análisis de diámetro económico se determinó el diámetro adecuado que tengas las mínimas pérdidas en los accesorios y fricción en las tuberías y menos costo de consumo de energía eléctrica.

## **CAPÍTULO VIII**

### **VIII. RECOMENDACIONES**

- a) Realizar la implementación de monitoreo de programación quincenal y mensual para verificar el nivel dinámico estático.
- b) Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos del sistema.
- c) Elaborar un manual de operación y mantenimiento del sistema de extracción de agua salobre respetando las indicaciones de los fabricantes de acuerdo a los equipos: Electrobomba, válvulas, tablero de control y tablero de mando y otros.
- d) Realizar análisis fisicoquímico para ver los parámetros de agua salobre con la finalidad cual es comportamiento de acuífero.

## **IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.**

**EDWARD E. JHONSON. Groundwater & Wells (Agua Subterránea y Pozos) California. Pág495. Editorial Saint Paul, Minnesota.2003.**

**BOMBAS SIHI-HALBERG S.A. Criterios para la selección, instalación y protección de motobombas sumergibles de pozo profundo. Conferencia. Santa Fe – Bogotá. 1994.**

**Sterling SIHI: Principios Básicos para el Diseño de Instalaciones de bombas centrífugas. Madrid. Págs. 560S.Editorial Graficas Giner S.R.L .Séptima edición .2003.**

**GARCÍA MACHADO, Vanessa Alexandra. Ubicación, diseño, construcción, mantenimiento y operación de pozos de agua subterránea-cervecería polar los cortijos S.A. Tesis de Grado. Caracas. Universidad Central de Venezuela.2003**

**CRUZ CORONEL, Humberto. Perforación de pozos tubulares para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Paiján. Tesis de grado. Lima. UNMSM.1999**

**LOPEZ SANCHEZ, Saul. Análisis Hidráulico para ahorro de energía eléctrica de tres pozos del sistema de bombeo centro en el abastecimiento de agua potable en la ciudad de México. Tesis de grado. Distrito Federal. Instituto Politécnico Nacional de Mexico.2008**

**DARBY, Chemical Engineering Fluid Mechanics. New York. 2nd Edition.2001**

**SANTAYANA VELA, Sebastián. Apuntes de clase. Diseños de Pozos de Agua. Lima .UNALM .2010**

**MATAIX PLANA, Claudio. Mecánica de fluidos y máquinas Hidráulicas, El castillo, 1986.**



MEDINA SAN JUAN, José Antonio. **Desalación de aguas salobres y de mar. Osmosis inversa**. Madrid. Editorial Mundi-Prensa, 2000.

VALENCIA CUESTA, Mario. **Diseño de Pozos de Aguas Subterráneas**  
[www.aguassub.com](http://www.aguassub.com).

UNIVERSIDAD JAUME I DE CASTELLÓN. Revista Científica **Prospección, Explotación y Gestión de Recursos Hídricos – Universidad Jaume I de Castellón-España** .Disponible en:  
<https://ujiapps.uji.es/>.

AUTORIDAD NACIONALDE AGUA. **Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos**. Disponible en:  
<http://www.ana.gob.pe/sistema-nacional-de-informacion-de-recursos-hidricos.aspx>

JAVIER SÁNCHEZ, SanRoman. **Prospección Geofísica Eléctrico Vertical**. Disponible en:  
[http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/176/Apostila\\_espanhol\\_SEV.pdf](http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/176/Apostila_espanhol_SEV.pdf)

DELTA SUR, **Agua Subterráneas**. Disponible en:  
[http://deltasur.org/las\\_aguas\\_subterráneas.pdt.pág](http://deltasur.org/las_aguas_subterráneas.pdt.pág)

AUTORIDAD NACIONALDE AGUA. Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos. Disponible en:  
<http://www.ana.gob.pe/sistema-nacional-de-informacion-de-recursos-hidricos.aspx> .

ARIAS EDUARDO, Daniel.Exploración Geotecnia tesis de Maestría. Medellín .Universidad Nacional de Colombia 2011

ELECTRODIALISIS, **Proceso de tratamiento de agua**. Disponible  
<https://es.scribd.com/doc/139623848/Electrodialisis>

LOVATO MIRANDA, Héctor. **El Pozo tubular – Construcción y funcionamiento en la zona media del Valle Chancay – Lambayeque.** Tesis de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.1999

CHOY BEJAR Victor David. **Diseño de una nueva línea y selección de equipo del bombeo para la extracción del agua subterránea planes de expansión de mínimo costo de agua potable y alcantarillado EPS Chimbote.** Trabajo de investigación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.2002

FLOWSERVE **Bombas Sumergibles: Disponible.**

<http://www.flowserve.com/files/Files/Literature/ProductLiterature/Pumps/fpd-100-bp.pdf>.

CARBOTECNIA, **Proceso de Osmosis Inversa. Disponible en:**

<http://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-la-osmosis-inversa/>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, **Guía para la calidad del agua potable.** Disponible:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3sp.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3sp.pdf)

FRANKLIN ELECTRIC, **Motores eléctricos para accionamiento de pozos profundos.** Disponible:

<https://franklinlinkmx.wordpress.com/2008/06/25/%C2%BFuje-hueco-vs-sumergible-grandes-ventajas-de-las-sumergibles/>.

MINISTERIO DE LA SALUD, **Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano:** Disponible

[http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf)

## **ANEXOS:**

**Anexo 01:** Matriz de consistencia.

**Anexo 02:** Informe de sonda vertical a través del método "Sondeo eléctrico Schlumberger" realizado en los terrenos de la empresa Corporación Lindley SA.

**Anexo 03:** Informe de análisis granulométrico por tamizado de la perforación de pozo de pilotaje P-01.

**Anexo 04:** Informe de ensayo de físico químico realizado de las muestra de agua de los pozos IRHS 645 y 7A.

**Anexo 05:** Metrado de los materiales en el diseño del pozo

**Anexo 06:** Grava artificial o pre filtro

**Anexo 07:** Ficha técnica de filtro ranurado y tubería de impulsión.

**Anexo 08:** Ficha técnica de la electrobomba sumergible.

**Anexo 09:** Ficha técnica de la válvula de alivio y anticipadora de golpe de ariete.

**Anexo 10:** Planos 01-15

## **Anexo 01**

**Matriz de consistencia.**

TÍTULO: "DISEÑO DE UN SISTEMA HIDRAULICO DE EXTRACCIÓN DE AGUA SALOBRE DE FUELO FRUTUNDU PARA SALSIVASER LA DEMANDA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA EMPRESA CORPORACIÓN LINDLEY S.A - PUCUSANA".

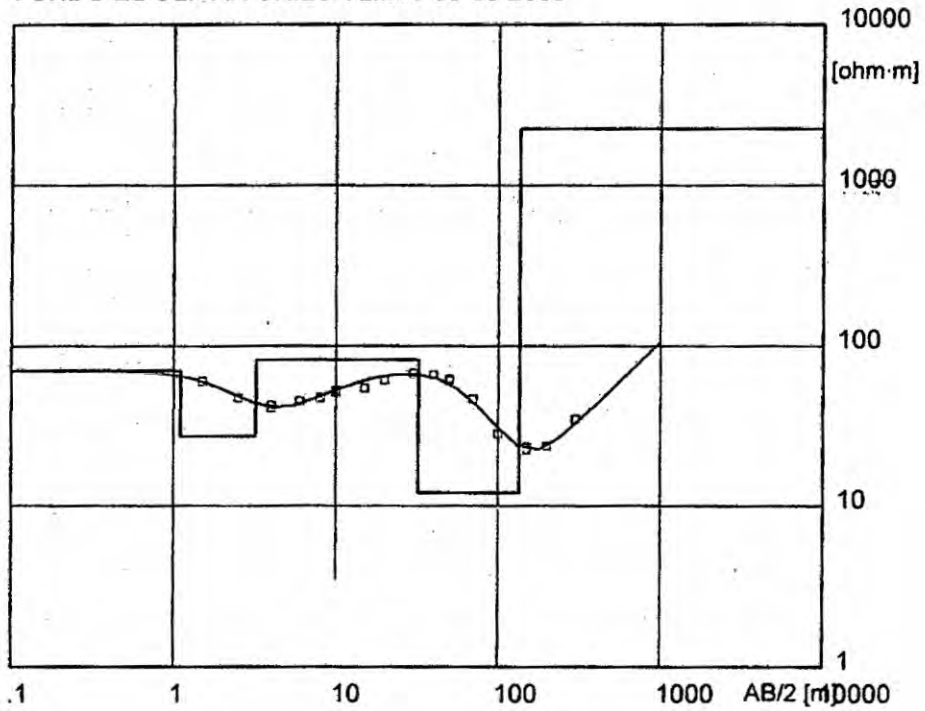
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES e INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Problema principal</b> ¿Cómo diseñar un sistema hidráulico de extracción de agua salobre del pozo a fin de cubrir la demanda de la Planta de tratamiento de agua para la empresa Corporación Lindley S.A -distrito de Pucusana?</p> <p><b>Problema específicos</b> P1: ¿Cómo determinar la ubicación de la bomba sumergible y el caudal a extraer del Pozo? P2: ¿Cómo seleccionar los accesorios y las tuberías del sistema de extracción del agua salobre de pozo profundo?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Diseñar un sistema hidráulico de extracción de un pozo para cubrir la demanda de planta de Planta de tratamiento de agua.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> O1: Determinar la ubicación de la bomba sumergible en función del tipo de acuífero en los terrenos de la empresa. O2 Seleccionar las dimensiones de la tubería de la succión y accesorios adecuados según sus dimensionamiento desde una vez extraído del pozo hasta el tanque de almacenamiento.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> Mediante un adecuado diseño hidráulico se logrará satisfacer la demanda de la planta de tratamiento de agua de la empresa Corporación Lindley. S.A</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> H1: Si se determina adecuadamente la posición de la electrobomba sumergible dentro del pozo profundo mediante el estudio hidrogeológico. H2: Si se determina las dimensiones de las tuberías y la selección de los accesorios del sistema hidráulico se obtendrá el caudal requerido.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> X: Diseño hidráulico de extracción de agua salobre</p> <p><b>Indicadores</b> X1: Dimensionar las tuberías y accesorios Del sistema hidráulico X2: Seleccionar los filtros del pozo.</p> <p><b>Variable Dependiente</b> Y: Demanda de Planta de tratamiento de agua.</p> <p><b>Indicadores</b> Y1: Registrar los consumos de las líneas de producción, sistema de frío, lavadora de botellas. Y2: Calcular los ratio de producción de bebidas carbonatadas y no carbonatas. Cajas unitarias producidas semanalmente.</p>	<p><b>Tipo de investigación</b> Tecnológico</p> <p><b>Nivel</b> Descriptivo ,Evaluativo, no experimental</p> <p><b>Método</b> Inductivo</p> <p><b>Diseño</b> No experimental</p> <p><b>Población y muestra</b> Pozo de agua (IRHS 645 y IRHS 7A)</p> <p><b>Instrumentos</b> Medidor de caudal volumétrico Hidroniveles eléctrico Cronometro Medidor de temperatura</p>

## **Anexo 02**

Informe de sonda vertical a través del método "Sondeo eléctrico Schlumberger" realizado en los terrenos de la empresa Corporación Lindley S.A

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 01 olivar chilca 09.WS3**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009



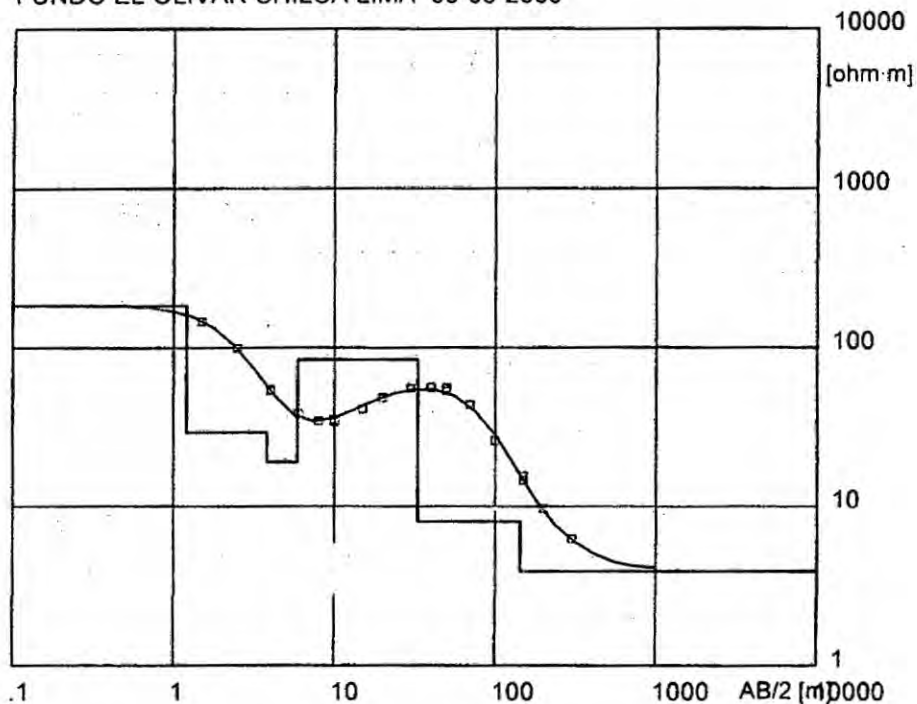
**Ubicación del SEV X = 310367 Y = 8619620 Z = 44**

<b>Modelo</b>			
<b>Resistividad</b>	<b>Espesor</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Altitud</b>
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
70	1.1		44
27	2.1	1.1	42.9
82	29	3.2	40.8
12	103	32	12
2242		135	-91

ING. GJMONTROYA GEOFISICO

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 02 olivar chilca 09.WS3**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009



Ubicación del SEV X = 309892 Y = 8619499 Z = 33

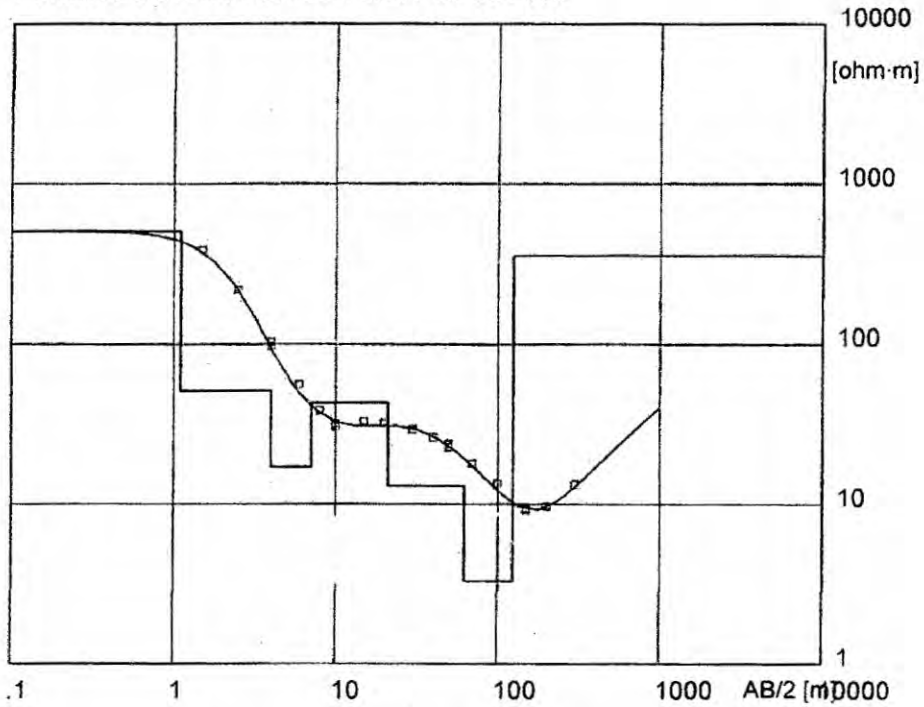
Modelo			
Resistividad	Espesor	Profundidad	Altitud
[ohm-m]	[m]	[m]	[m]
183	1.2		33
29	2.6	1.2	31.8
19	2.1	3.8	29.2
84	27	5.9	27.1
8	110	33	0
3.9		143	-110

ING. GJMONTAYA GEOFISICO



**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 03 olivar chilca 09.WS3**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009



Ubicación del SEV X = 309537 Y = 8619379 Z = 24

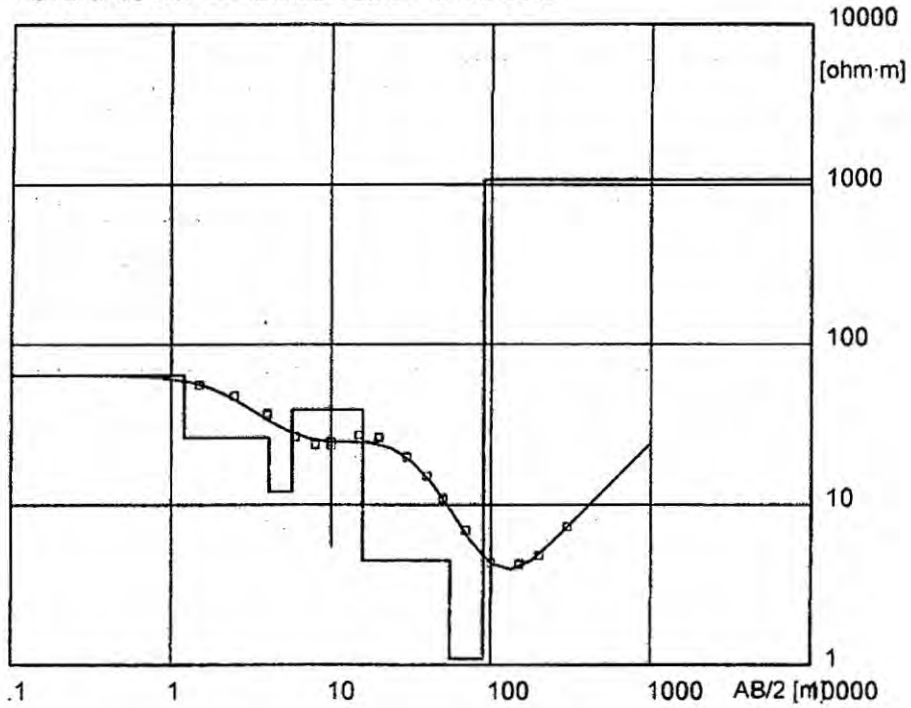
**Modelo**

Resistividad	Esesor	Profundidad	Altitud
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
501	1.1		24
51	2.9	1.1	22.9
17	3.1	4	20
43	14	7.1	16.9
13	41	21	3
3.3	62	62	-38
354		124	-100

ING. GJMONTROYA GEOFISICO

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 04 olivar chilca 09.WS3**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009



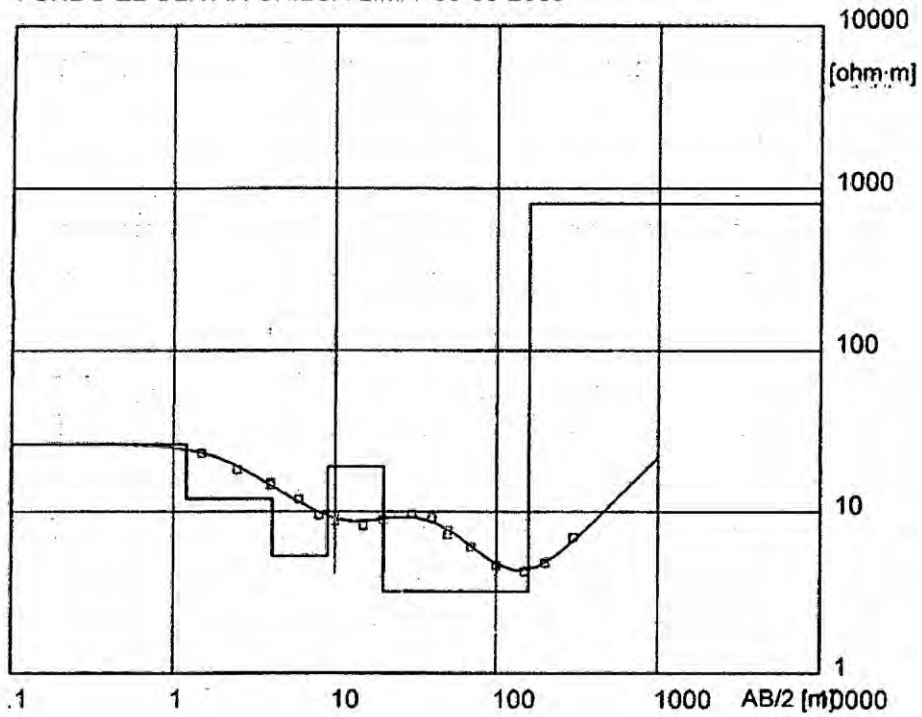
Ubicación del SEV X = 309275 Y = 8619582 Z = 27

Modelo	Resistividad	Espesor	Profundidad	Altitud
	[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
	64	1.2	1.2	27
	26	2.9	4.1	25.8
	12	1.6	5.7	22.9
	39	10	16	21.3
	4.5	40	56	11
	1.1	34	90	-29
	1076			-63

ING. GJMONTROYA GEOFISICO

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 05 olivar chilca 09.W63**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009



**Ubicación del SEV X = 309020 Y = 8619760 Z = 30**

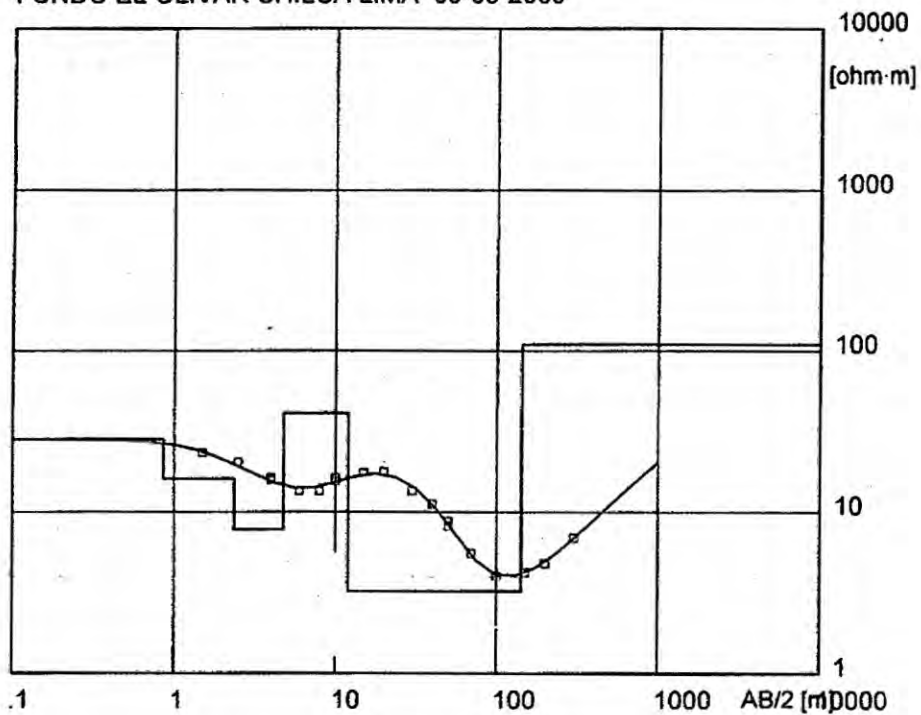
**Modelo**

Resistividad [ohm-m]	Espesor [m]	Profundidad [m]	Altitud [m]
26	1.2		30
12	2.9	1.2	28.8
5.3	4.9	4.1	25.9
19	11	9	21
3.2	138	20	10
804		158	-128

ING. GJMONTAYA GEOFISICO

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 06 olivar chilca 09.WS3**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009



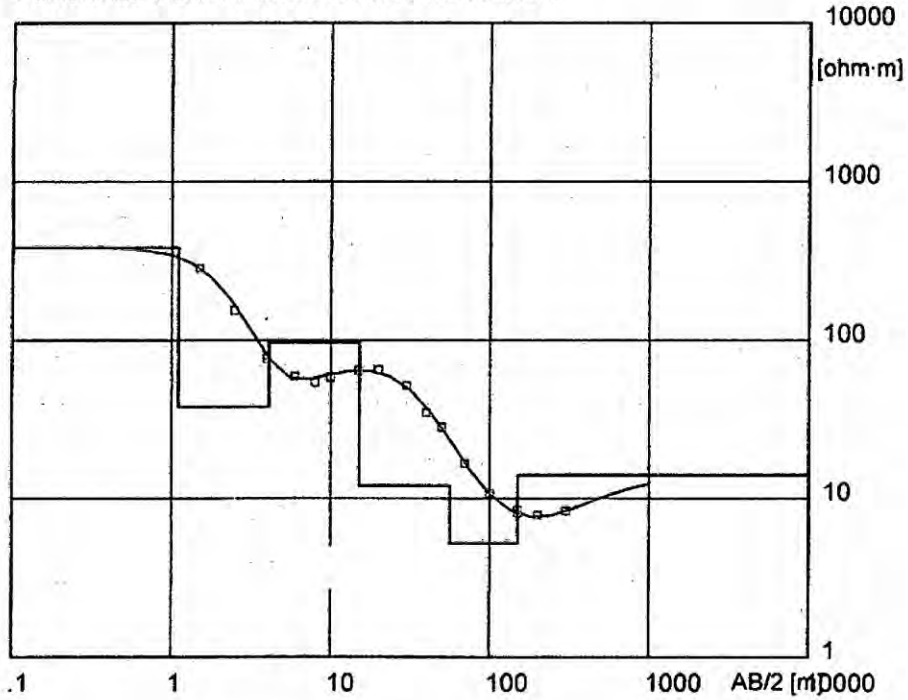
Ubicación del SEV X = 309311 Y = 8619873 Z = 24

Modelo			
Resistividad	Espesor	Profundidad	Altitud
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
28	.86		24
16	1.5	.86	23.1
7.8	2.4	2.4	21.6
41	7.2	4.8	19.2
3.2	130	12	12
109		142	-118

ING. GJMONTAYA GEOFISICO

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 07 olivar chilca 09.WS3**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009



Ubicación del SEV X = 309614 Y = 8619959 Z = 36

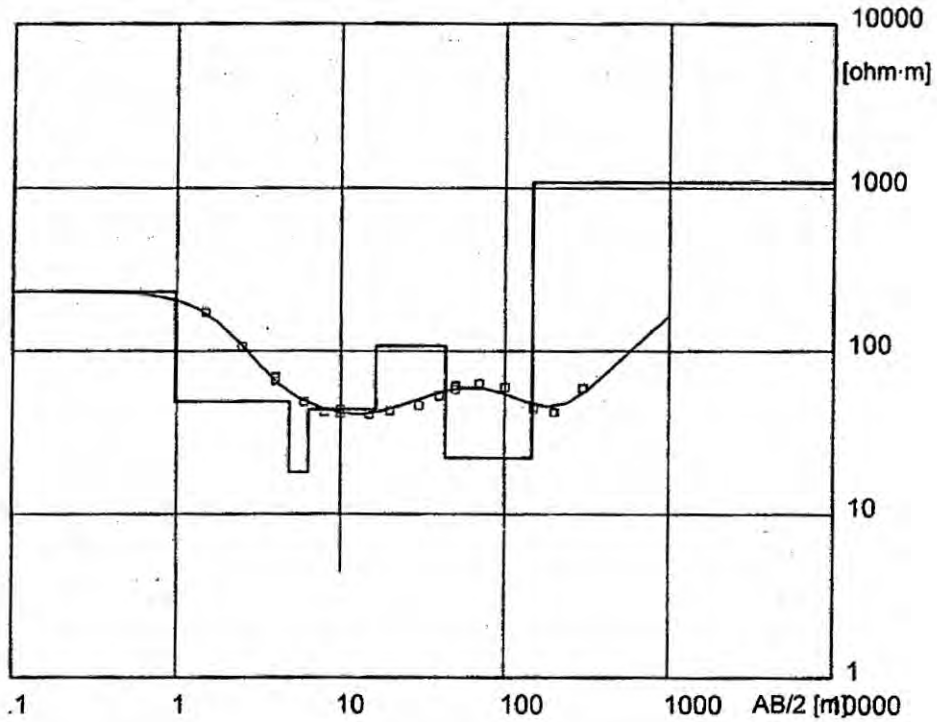
**Modelo**

Resistividad	Espesor	Profundidad	Altitud
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
384	1.1		36
38	3	1.1	34.9
97	11	4.1	31.9
12	41	15	21
5.2	93	56	-20
14		149	-113

ING. GJMONTROYA GEOFISICO

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 08 olivar chilca 09.WS3**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009



**Ubicación del SEV X = 309901 Y = 8620048 Z = 35**

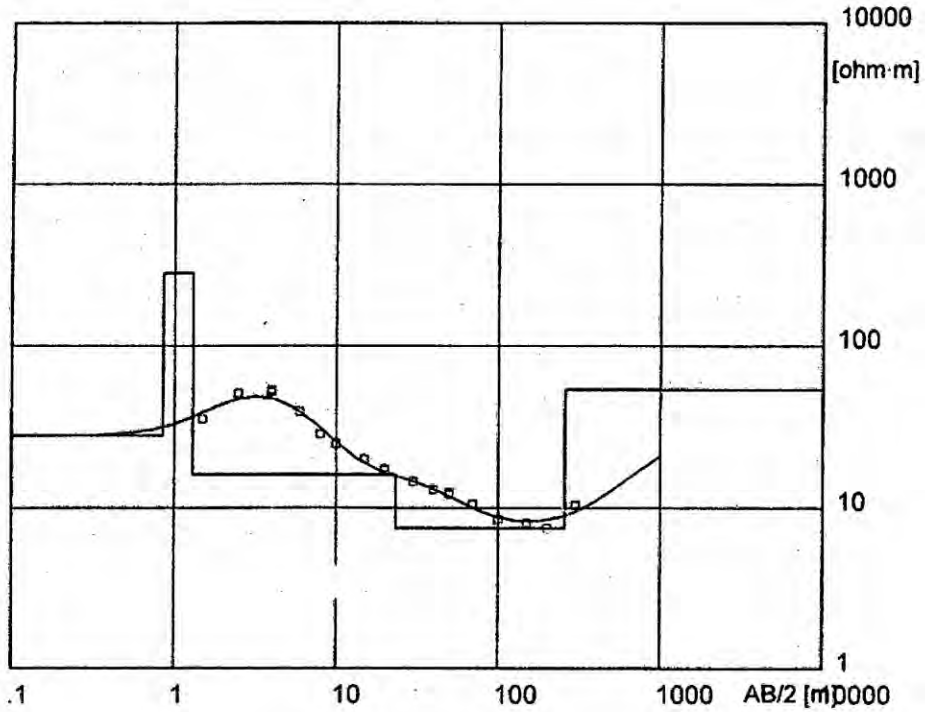
**Modelo**

Resistividad	Espesor	Profundidad	Altitud
[ohm-m]	[m]	[m]	[m]
230	.98		35
49	3.9	.98	34
18	1.5	4.9	30.1
44	10	6.4	28.6
107	27	16	19
22	103	43	-8
1082		146	-111

ING. GJMONTROYA GEOFISICO

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 09 olivar chilca 09.WS3**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009



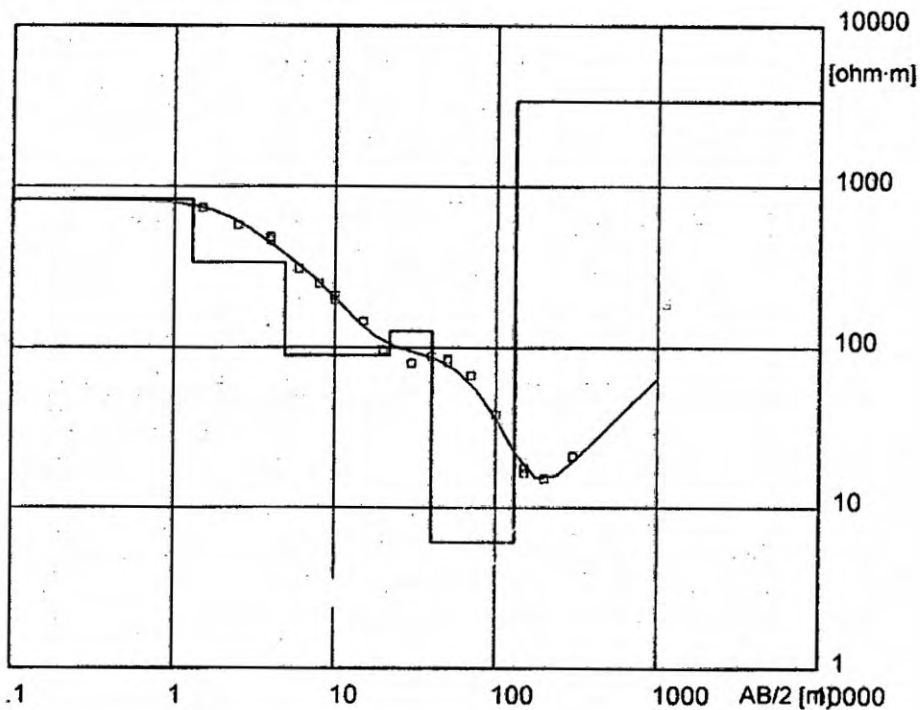
Ubicación del SEV X = 310265 Y = 8620049 Z = 48

**Modelo**

Resistividad	Espesor	Profundidad	Altitud
[ohm-m]	[m]	[m]	[m]
28	.85	.85	48
280	.45	.85	47.2
16	22	1.3	46.7
7.5	233	23	25
54		256	-208

ING. GJMONTROYA GEOFISICO

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 10 olivar chilca 09.WS3**



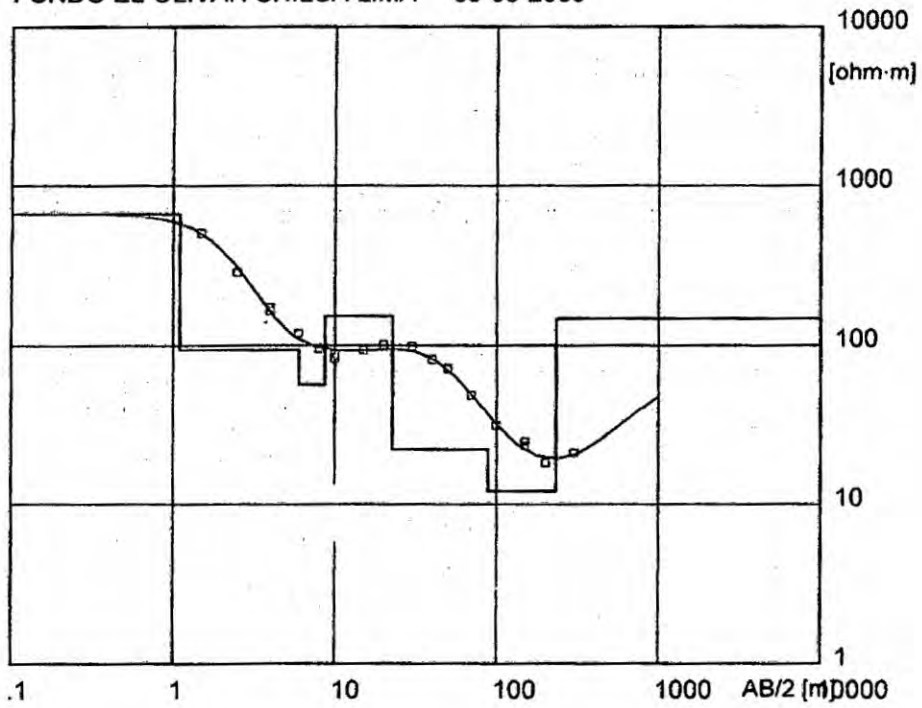
**Ubicación del SEV X = 310345 Y = 8619035 Z = 48**

<b>Modelo</b>			
<b>Resistividad</b>	<b>Espesor</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Altitud</b>
[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
825	1.3		48
337	3.6	1.3	46.7
89	17	4.9	43.1
126	18	22	26
6.1	91	40	8
3362		131	-83



**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 11 olivar chilca 09.WS3**

FUNDO EL OLIVAR CHILCA LIMA 09-05-2009

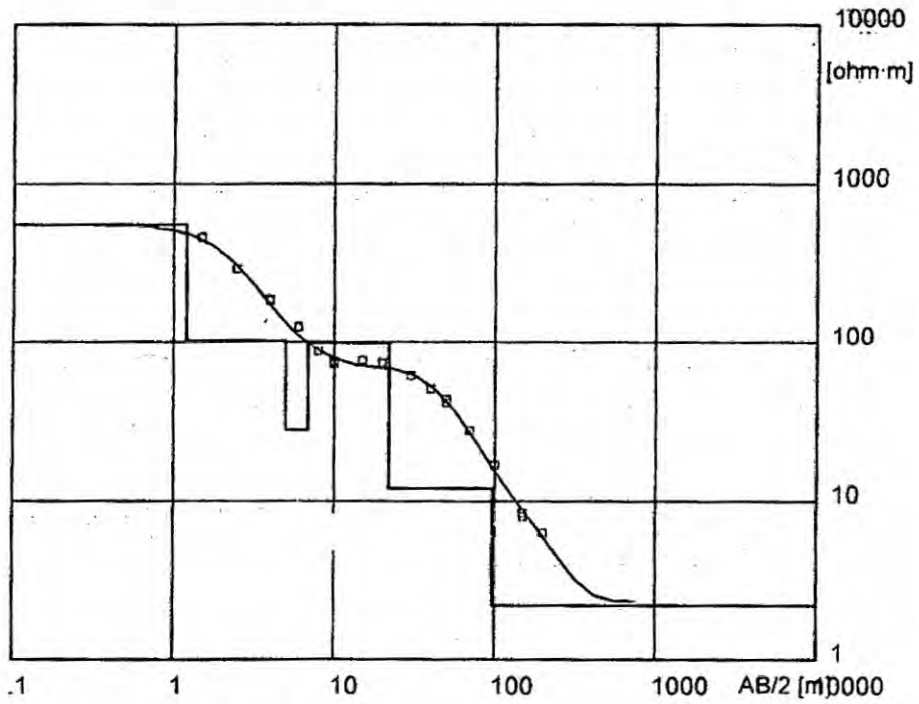


Ubicación del SEV X = 310019 Y = 8619742 Z = 43

Modelo	Resistividad	Espesor	Profundidad	Altitud
	[ohm·m]	[m]	[m]	[m]
	666	1.1		43
	94	4.9	1.1	41.9
	57	2.7	6	37
	153	14	8.7	34.3
	22	66	23	20
	12	144	89	-46
	147		233	-190

ING. GJMONTROYA GEOFISICO

**Sondeo Eléctrico Schlumberger - sev 12 olivar chilca 09.WS3**



**Ubicación del SEV X = 309653 Y = 8619681 Z = 18**

**Modelo**

Resistividad	Espesor	Profundidad	Altitud
[ohm-m]	[m]	[m]	[m]
555	1.2	1.2	18
103	3.8	1.2	16.8
28	1.9	5	13
98	15	6.9	11.1
12	75	22	-4
2.2		97	-79

### **Anexo 03**

**Informe de análisis granulométrico por tamizado  
de la perforación de pozo de pilotaje P-01.**





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DCR - 303/14

Solicitante : SETARIP SRL

Calicata : P - 1

Proyecto : Perfil Estratigráfico Pozo PP1-Corporación Lindey - Pucusana

Muestra : MAB

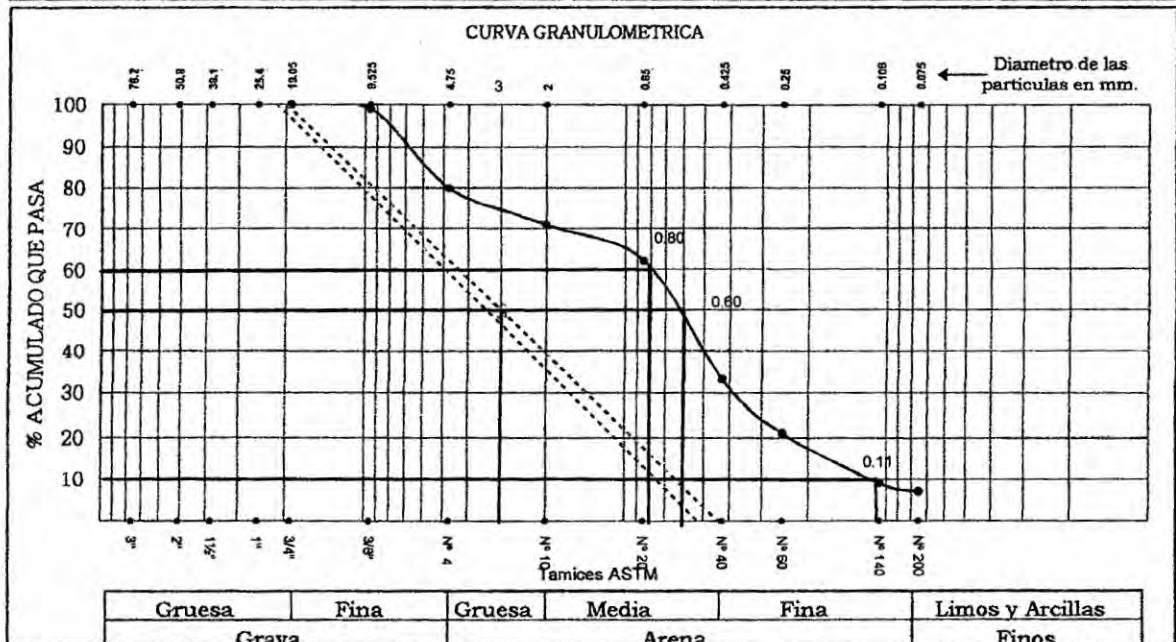
Ubicación : Pucusana

Profundidad : 20-40m

Fecha : La Molina, 6 de octubre de 2014

TEC. : FMQ

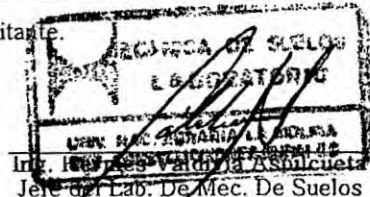
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	Limite liquido (%)	NT
3"	76.20		Limite plastico (%)	NP
2"	50.80		Indice plastico (%)	-
1 1/2"	38.10		Limite de contraccion (%)	-
1"	25.40		Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
3/4"	19.05	100	<i>Coeficiente de:</i>	
3/8"	9.525	99	-Uniformidad	5.15
Nº 4	4.750	80	-Curvatura	1.12
Nº 10	2.000	71	<i>Material:</i>	
Nº 20	0.850	62	-Grava %	20
Nº 40	0.425	33	-Arena %	73
Nº 60	0.250	21	-Finos %	7
Nº 140	0.106	9	<i>Clasificacion:</i>	
Nº 200	0.075	7	-AASHTO	
			-SUCS	SP-SM con grava
			Nombre de grupo:	
			CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216	
			Humedad natural (%)	2.29



NOTA: La Muestra ha Sido Proporcionada e Identificada por el Solicitante.



*Ever Ricardo Salazar Bravo*  
**EVER RICARDO SALAZAR BRAVO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 76814







**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DCR - 303/14

Solicitante : SETARIP SRL

Calicata : P - 1

Proyecto : Perfil Estratigráfico Pozo PP1-Corporación Lindey - Pucusana

Muestra : MAB

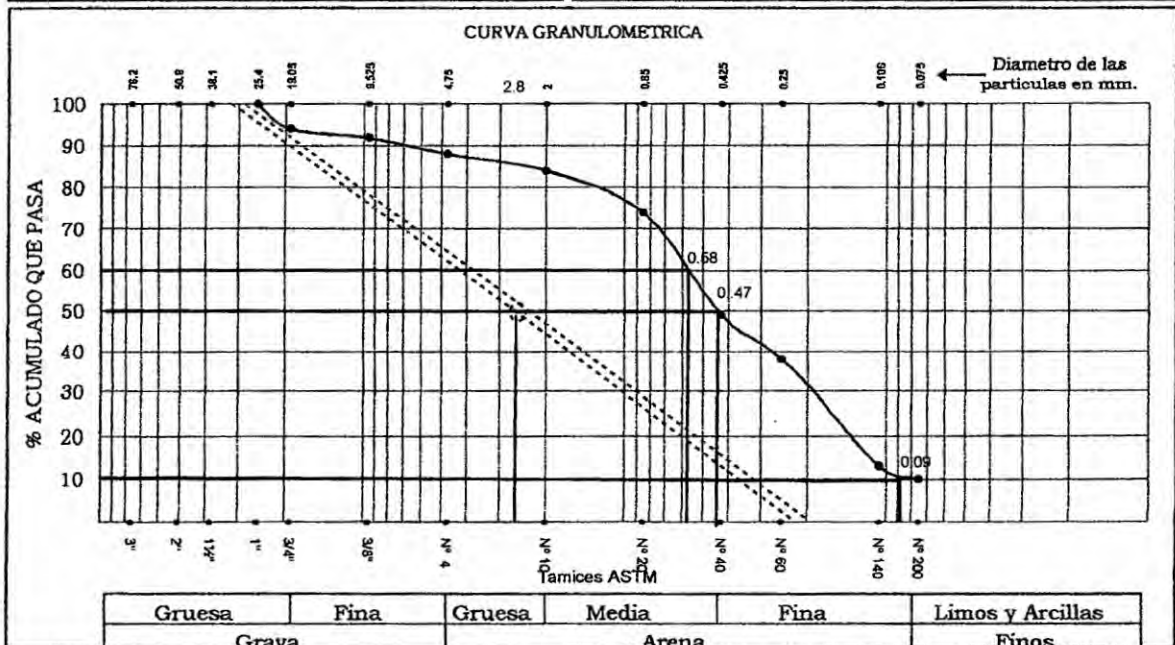
Ubicación : Pucusana

Profundidad : 50-80m

Fecha : La Molina, 6 de octubre de 2014

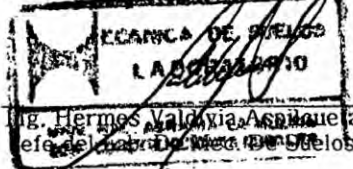
TEC. : FMQ

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	ASTM - D 427 / D 4318	
3"	76.20		Limite liquido (%)	NT
2"	50.80		Limite plastico (%)	NP
1 1/2"	38.10		Indice plastico (%)	-
1"	25.40	100	Limite de contraccion (%)	-
3/4"	19.05	94	Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
3/8"	9.525	92	<u>Coefficiente de:</u>	
Nº 4	4.750	88	-Uniformidad	8.17
Nº 10	2.000	84	-Curvatura	1.06
Nº 20	0.850	74	<u>Material:</u>	
Nº 40	0.425	49	-Grava %	12
Nº 60	0.250	38	-Arena %	78
Nº 140	0.106	13	-Finos %	10
Nº 200	0.075	10	<u>Clasificacion:</u>	
			-AASHTO	
			-SUCS	SW-SM
			Nombre de grupo:	
			CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216	
			Humedad natural (%)	4.52



NOTA: La Muestra ha Sido Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

  
**ELVER RICARDO SALAZAR BRAVO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros Nº 76814

  
 Ing. Hermes Valdivia Asociada  
 jefe del Laboratorio de Mecanica de Suelos



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DCR - 303/14

Solicitante : SETARIP SRL

Calicata : P - 1

Proyecto : Perfil Estratigráfico Pozo PP1-Corporación Lindey - Pucusana

Muestra : MAB

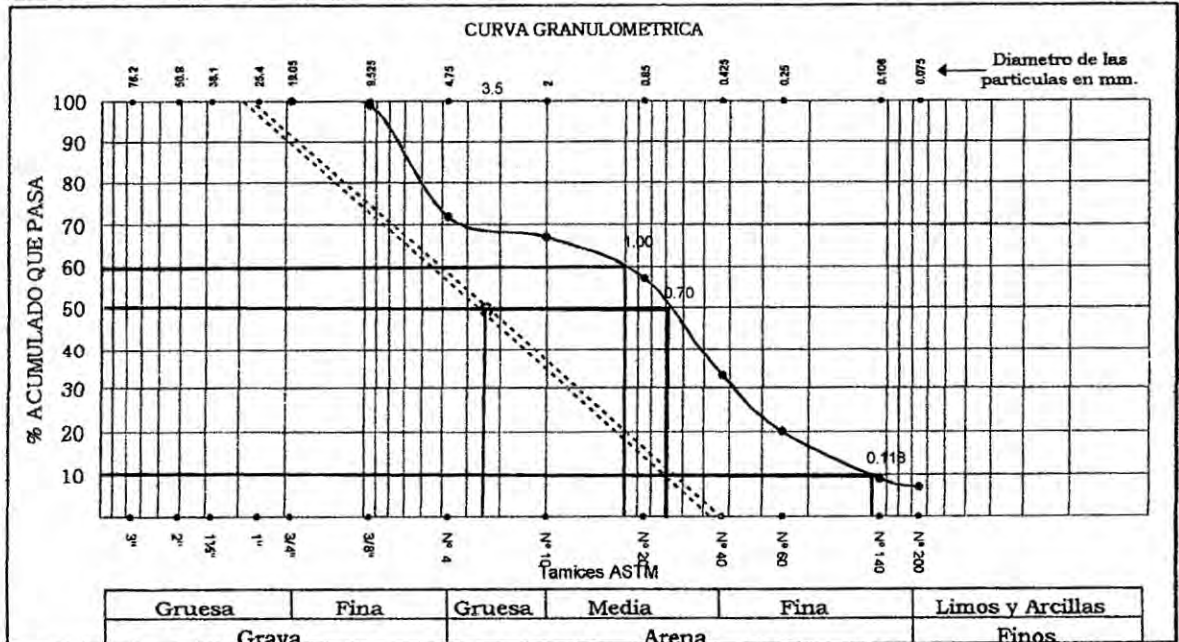
Ubicación : Pucusana

Profundidad : 80-120m

Fecha : La Molina, 6 de octubre de 2014

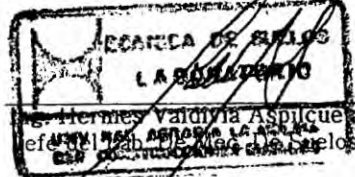
TEC. : FMQ

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	% QUE PASA	Limite liquido (%)	NT
3"	76.20		Limite plastico (%)	NP
2"	50.80		Indice plastico (%)	-
1 1/2"	38.10		Limite de contraccion (%)	-
1"	25.40		Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
3/4"	19.05	100	<i>Coefficiente de:</i>	
3/8"	9.525	99	-Uniformidad	16.13
Nº 4	4.750	72	-Curvatura	0.36
Nº 10	2.000	67	<i>Material:</i>	
Nº 20	0.850	57	-Grava %	28
Nº 40	0.425	33	-Arena %	65
Nº 60	0.250	20	-Finos %	7
Nº 140	0.106	9	<i>Clasificacion:</i>	
Nº 200	0.075	7	-AASHTO	
			-SUCS	SP-SM con grava
			Nombre de grupo:	
			CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216	
			Humedad natural (%)	2.42



NOTA: La Muestra ha Sido Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

  
**ELVER RICARDO SALAZAR BRAVAL**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros Nº 7681

  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
 La Molina, 6 de octubre de 2014  
 Ing. Hermes Valderrama Aspique





Consultor  
**SETARIP S.R.L**

**PROYECTO: PERFIL ESTRATIGRAFICO POZO PP1 -CORPORACION LINDLEY -PUCUSANA**

PROF(m)	SIMBOLO	DESCRIPCION
40-50		<b>SP-SM</b> Se presenta arena limosa pobremente graduada, color crema con 0% de grava, 95% de arena y 5% de finos. Clasificado según SUCS como <b>SP-SM</b> .
50-80		<b>SW - SM</b> Se presenta arena limosa bien graduada color crema , con 12% de grava, 78% de arena y10% de finos. Clasificado según SUCS como <b>SW-SM</b> .(Presencia de roca solida
80-120		<b>SP - SM</b> Se presenta arena limosa bien graduada color crema , con 12% de grava, 78% de arena y10% de finos. Clasificado según SUCS como <b>SW-SM</b> .(Presencia de roca solida



## **Anexo 04**

**Informe de ensayo de físico químico realizado de  
Las muestra de agua de los pozos IRHS 645 y 7A.**



# ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Peru S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA  
COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y  
COMERCIALES CON REGISTRO N° LE-011



INFORME DE ENSAYO N° 906011

Solicitante: CORPORACIÓN JOSE R. LINDLEY S.A.  
 Domicilio Legal: Jr. Cajamarea 371  
 Rímac  
 Tipo de Muestra: Agua de Pozo (Agua Potable)  
 Plan de Muestreo: ...  
 Solicitud de Análisis: JUN-011  
 Procedencia de la Muestra: Pucusana - Lima (Pozo IRHS 645)  
 Fecha de Ingreso: 2009-06-01  
 Código ENVIROLAB PERU: 906011  
 Referencia: Cadena de custodia de fecha: 01-Jun-2009

Código de Lab.:	906011-01	Fecha de Muestreo:	2009-05-28				
		Descripción:	Pozo Tubular IRHS 645 M-2				
Análisis	Método de Referencia	Límite de Cuantificación	Resultado	Incertidumbre ( $\pm$ )	Unidad	Fecha de Análisis	
pH	EPA 150.1	...	R 7.5	0.03	...	2009-06-01	
Turbidez	EPA 180.1	0.1	R 1.4	0.2	NTU	2009-06-01	
Conductividad	EPA 120.1	1	9140	22	uS/cm	2009-06-01	
Sólidos Totales	EPA 160.3	10	5445	382	mg/L	2009-06-04	
Sólidos Totales Disueltos	EPA 160.1	10	6467	396	mg/L	2009-06-01	
Sólidos Totales en Suspensión	SM 2540-D	5	20		mg/L	2009-06-01	
Alcalinidad Total	SM 2320-B	0.1	96.0	2.7	mg/L	2009-06-04	
Bicarbonatos	SM 4500 CO <sub>2</sub> -D	0.1	95.7	2.7	mg/L	2009-06-05	
Dureza Total	EPA 130.2	1.0	1653.4	20.8	mg/L	2009-06-08	
♦ Dureza Cálcica	EPA 215.2	1.0	1083.7	12.1	mg/L	2009-06-08	
♦ Dureza Magnésica	SM 2340-B	1.0	569.7	70.0	mg/L	2009-06-08	
Cloruros	EPA 325.3	1	2464	45	mg/L	2009-06-03	
N - Nitro	EPA 352.1	0.10	22.35	1.96	mg/L	2009-06-03	
Sulfatos	EPA 375.4	0.5	449.0	15.9	mg/L	2009-06-05	

La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza aproximado del 95%.  
 Condición y Estado de la Muestra Insayada:

La muestra llegó a temperatura ambiente al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo, es dato proporcionado por el Cliente.

"R" Resultado referencial, tiempo de vida vencido.

LUIS BUENO CARBAJAL

Gerente General

C.I.P. N° 6618

Lima, Perú,



2009-06-08

Nota: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

♦ Los métodos en la matriz indicada no han sido acreditados por el Indecopi-CRT

• Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

• El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde la toma de la muestra dependiendo del parámetro a ser analizado.

• Si envió muestra directamente, puede solicitar al Indecopi la diferencia de los resultados hasta 10 días antes del vencimiento de tiempo de custodia.



# ENVIROLAB PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Peru S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA  
COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y  
COMERCIALES CON REGISTRO N° LE-011

INFORME DE ENSAYO N° 906121



Solicitante: **CORPORACIÓN JOSE R. LINDLEY S.A.**

Domicilio Legal: Jr. Cajamarca 371  
Rímac

Tipo de Muestra: Agua de Pozo

Plan de Muestreo: ---

Solicitud de Análisis: JUN-121

Procedencia de la Muestra: Pucusana

Fecha de Ingreso: 2009-06-08

Código ENVIROLAB PERU: 906121

Referencia: Cadena de Custodia de fecha: 08-Jun-2009

Código de Lab.:	Análisis	Método de Referencia	Límite de Cuantificación	Fecha de Muestreo:		Fecha de Análisis
				Descripción:	Unidad	
906121-01				Pozo Tubular 7-A Olivar-2 M-1	2009-06-04	
	Boro Total	EPA 200.7	0.03	Resultado: 0.97 Incertidumbre (±): 0.17	mg/L	2009-06-10
	Calcio Total	EPA 200.7	0.003	Resultado: 358.3 Incertidumbre (±): 34.4	mg/L	2009-06-10
	Hierro Total	EPA 200.7	0.001	Resultado: 0.094 Incertidumbre (±): 0.011	mg/L	2009-06-10
	Potasio Total	EPA 200.7	0.20	Resultado: 8.05 Incertidumbre (±): 0.84	mg/L	2009-06-10
	Magnesio Total	EPA 200.7	0.001	Resultado: 103.9 Incertidumbre (±): 6.0	mg/L	2009-06-10
	Manganeso Total	EPA 200.7	0.001	Resultado: 0.003 Incertidumbre (±): 0.0002	mg/L	2009-06-10
	Sodio Total	EPA 200.7	0.02	Resultado: 1474.0 Incertidumbre (±): 138.6	mg/L	2009-06-10

\*\*\*

incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza aproximado del 95%.

Identificación y Estado de la Muestra Ensayada: La muestra llegó a temperatura ambiente al Laboratorio.

Nota: La fecha de muestreo, es dato proporcionado por el Cliente.

S BUENO CARBAJAL  
Gerente General  
P. N° 6618



2009-06-18

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
- El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde la toma de la muestra dependiendo del parámetro a ser analizado.
- Si envió muestra directamente, puede solicitar al INDECOPI la diferencia de los resultados hasta 10 días antes del vencimiento de tiempo de custodia.

## **Anexo 05**

**Metrado de los materiales en el diseño del pozo**

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	DIMENSIONES	CANTIDAD
01	Electrobomba sumergible de (85l/s @ 72.3m) Marca : Pleuger – Flowserve Modelo : QT10EHM-2a + M8-820-2+R8" Procedencia: Alemania Potencia nominal: 90 KW (f.s. 1.0) Tensión: 440 V ±10% Arranque: DOL (VDF)	Acero Inoxidable tipo 2205- ASTM /14462	DN=360mm L=2208 mm	1 unid
02	Codo de 90 con acople rápido ZSM ,e=6.12 mm		DN=200mm e=6.12 mm	3 unid
03	Arbol de descarga Con acople rapido ZSM		DN=200mm e=6.12 mm	1 unid
04	Valvula check (retención) con rosca NPT		DN=200mm e=6.5 mm	1 unid
05	Válvula de compuerta con Brida – ANSI 150		DN=200mm e=6.5 mm	2 unid
06	T de derivación con brida -ANSI 150		DN=200mm e=6.12 mm	2 unid
07	Reducción (cambio de sección)		DN 200mm- 250mm e=6.12 mm	1 unid
08	Tuberia riser pipe ZSM con encaje		DN=200mm e=6.12 mm L= 5m	11unid
09	Tuberia riser pipe ZSM con encaje		DN=200mm e=6.12 mm L= 5m	2 unid
10	Rejilla ranura continua Conexión ZSM		DN=400mm e=8.5 mm L= 3m	5 unid
11	Rejilla ranura continua Conexión ZSM		DN=400mm e=8.5 mm L= 5m	3 unid
12	Tuberia con costura. Conexión de ZSM		DN=400mm e=8.5 mm L= 3m	6 unid
13	Tuberia con costura. Conexión de ZSM		DN=400mm e=8.5 mm L= 5m	14 unid
14	Codo 90°	Acero Inoxidable tipo 316-L	DN=250mm e=6 mm	5 unid
15	Codo 45° de radio largo		DN=250mm e=6 mm	1 unid
16	Tuberia Inoxidable		DN=250mm e=6 mm L= 5m	8 unid

17	Codo 90° de radio largo PN10 SDR17 NTP- ISO:4427 PE100	Poliétileno de alta densidad(DHPE)	DN=250mm e=6.5 mm	3 unid
18	Codo 45° de radio largo PN10 SDR17 NTP- ISO:4427 PE100		DN=250mm e=6.5 mm	2 unid
19	Tubería PN10 SDR17 NTP-ISO:4427 PE100		DN=250mm e=6.5 mm L= 5m	47 unid
20	Medidor de flujo. Electromagnético bridado Marca : EUROMAG HASTELLOY C	Revestido con caucho ebonita	DN=200mm	1 unid
21	Cable sumergible (Rd) tipo Hydrofirm, S07BB-2 (TL02 Subm),	Vulcanizado	calibre: Rd4x35mm <sup>2</sup> L= 85m	1 unid
22	Electrodos de Nivel + Cable de Alimentación	Revestido –Acero Inox 316 -L	DN=20mm	1unid
23	O-Sealing ring for ZSM coupling DN 200mm -8" , 7mm for riser pipe. STUWA	Teflon	DN=200mm e=8 mm	44unid
24	Pasador ZSM Rod DN 200mm .STUWA	Acero Inoxidable tipo 2205- ASTM /14462	DN=200mm e=6.5 mm L= 650	22unid

## **Anexo 06**

**Grava artificial o pre filtro**



# QUARTZ FILTER GRAVEL

## Application:

Filter gravel is poured into the annulus space between screen and borehole walls. It is used for retaining fine sands from the surrounding formation.

The filter gravel is selected according to the screen analysis.

Filter gravel is standardised, i.e. it must possess a round, not sharp-edged composition, to avoid obstruction of the screen slots.

## Filter gravel for well-drilling compliant to DIN 4924 and EN 12904

### Composition:

- Natural quartz sand and gravel
- Round edges
- Clean of organic contamination
- Premium quality due to state-of-the-art processing technology

### Fields of application:

- Shaft wells
- Driven wells
- Bore wells
- Horizontal spring wells

The composition of the filter gravel constitutes an important requirement for the quality and durability of wells.

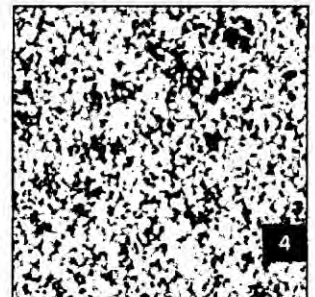
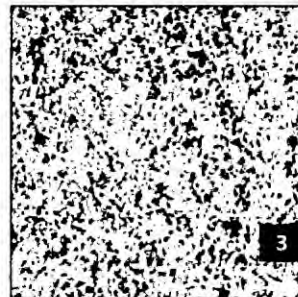
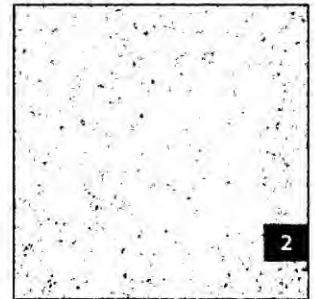
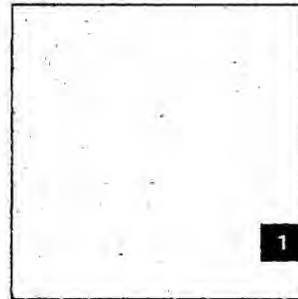
### Please note:

Filter gravel is also used in screens for drinking water purification.

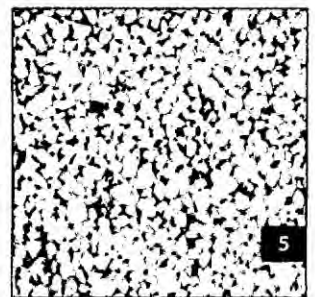
### Packaging unit:

In sacks of 25 kg each, 40 sacks 1,000 kg on Euro-pallet

We offer our filter gravel in the following grain sizes:



- 1 0.71–1.2 mm
- 2 1.0–2.0 mm
- 3 2.0–3.15 mm
- 4 3.15–5.6 mm
- 5 5.6–8 mm



## **Anexo 07**

**Ficha técnica de filtro ranurado  
y tubería de impulsión**

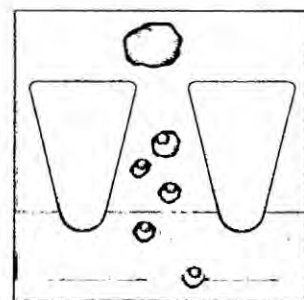
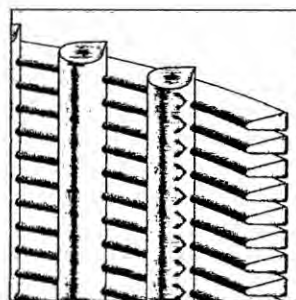
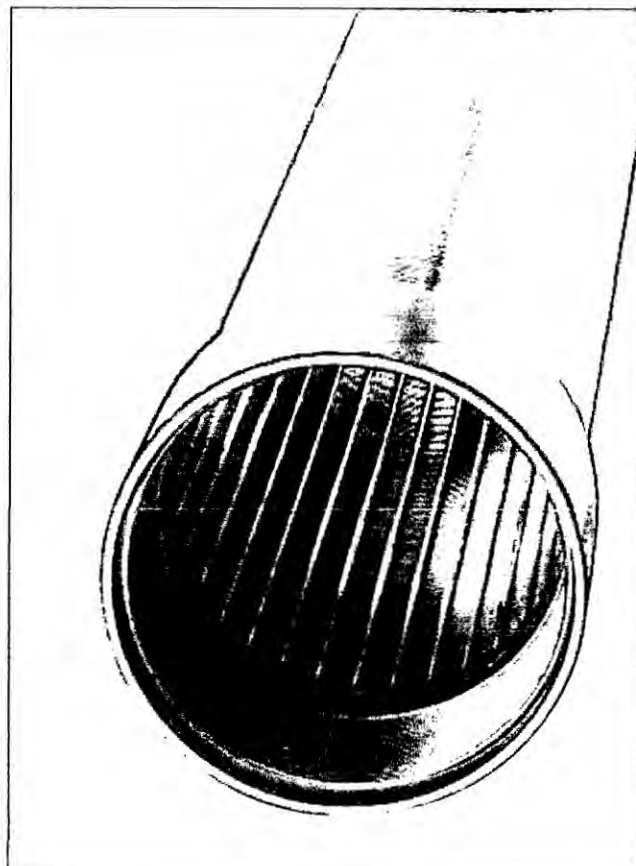
## FILTROS DE ACERO ENROLLADO

Los filtros de acero enrollado fueron desarrollados en los Estados Unidos hace aprox. 90 años. Con este tipo de filtro existe la posibilidad de adaptar los anchos de las ranuras con tolerancias mínimas a la granulometría del correspondiente subsuelo, y diseñar las ranuras de manera que se obtenga una óptima eliminación de las arenas.

### Ventajas

- Producción propia
- Plazos de entrega cortos
- Fabricación según DIN 4935

El filtro de acero enrollado ofrece condiciones óptimas para la construcción de pozos (Jetten, émbolos, bombas). La energía cinética del agua saliente aun es aumentada gracias al efecto turbina de las ranuras cónicas. Este tipo de filtro está especialmente indicado para la entrada de agua cargada con partículas finas, gracias a sus ranuras que se ensanchan hacia el interior. De esta manera se previenen los atascos.



# MATERIALES

1 | 1

## Material base

Aceros inoxidables de diferentes calidades, dependiendo de la composición química del agua y de la temperatura.



## Características y propiedades

### WNr. 1.4301 (X5CrNi18-10), AISI 304 (V2A)

Este acero es estable ante el agua y aguas residuales levemente ensuciadas, así como frente a ácidos levemente orgánicos e inorgánicos. Estable hasta un valor pH de aprox. 4.5 en medios bajos en cloruro.

### WNr. 1.4306 (X2CrNi19-11), AISI 304L

Propiedades similares al 1.4301, pero con menos contenido en carbono, lo que le confiere una mayor resistencia a la corrosión intercrystalina, que por ejemplo puede aparecer durante la soldadura.

### WNr. 1.4307 (X2CrNi18-9), AISI 304L

Propiedades similares al 1.4306, pero con un contenido de Ni ligeramente menor.

### WNr. 1.4404 (X2CrNiMo17-13-2), AISI 316L, (V4A)

Mayor estabilidad general que el acero V2A, sobre todo en presencia de mayores concentraciones de cloruro. Resistente a la corrosión intercrystalina gracias a la limitación de su contenido en carbono.

### WNr. 1.4541 (X6CrNiTi18-10)

Acero VA2, que además tiene una excelente estabilidad en una multitud de medios agresivos. Además, destaca por su buena ductilidad.

### WNr. 1.4571 (X6CrNiMoTi17-12-2), AISI 316Ti, (V4A)

Propiedades similares al 1.4404. Su estabilidad frente a la corrosión intercrystalina se alcanza gracias a su contenido en titanio.

### WNr. 1.4462 (X2CrNiMoN22-5-3)

Este acero dúplex se caracteriza sobre todo por su elevada resistencia a la corrosión tensional y de sus orificios en medios neutros que contengan cloro, lo que le hace muy resistente al agua marina.

**Otras calidades bajo consulta.**

## CONEXIONES

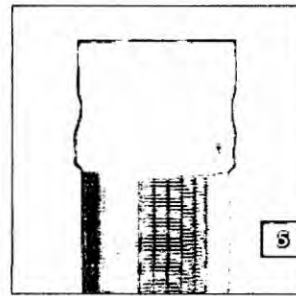
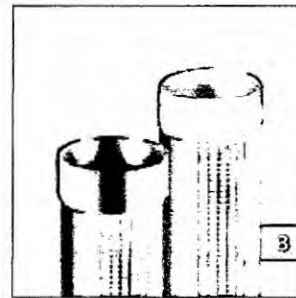
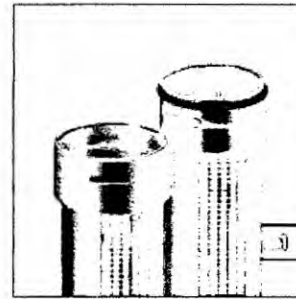
1 | 2

### La elección de la conexión correcta

La elección de las conexiones depende en gran medida de los requisitos técnicos, como resistencia a la tracción y resistencia a la presión, así como las especificaciones de la instalación en obra.

Por ello aconsejamos planificar la conexión de manera individual con nuestro asesoramiento. También debe tenerse en cuenta el diámetro exterior de la conexión, pues este es mayor que el diámetro del tubo mismo. Todas las conexiones se pueden suministrar de manera individual.

### Resumen de los diferentes tipos de conexión

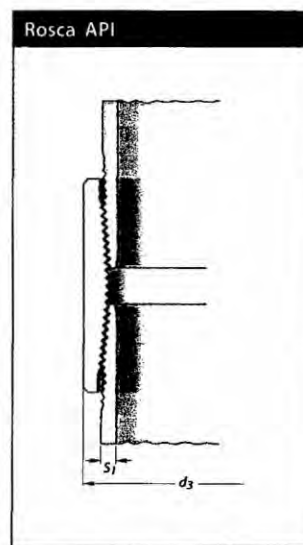
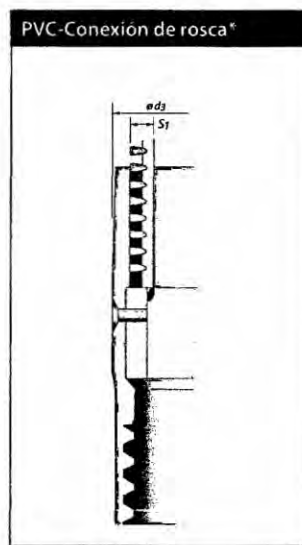
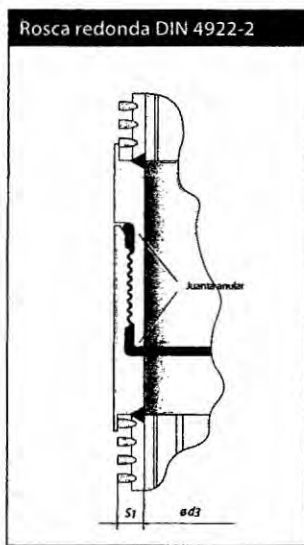
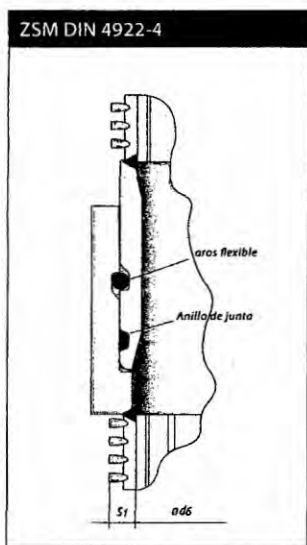


- 1 Conexión ZSM
- 2 Conexión rosca redonda
- 3 Conexión rosca API
- 4 Conexión brida
- 5 Conexión rosca trapezoidal zu chada de PVC (también disponible en acero inoxidable)

Conexiones del diámetro exterior dE según DIN 4375													
Ancho nominal	DN	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	800	1.000
Rosca redonda	[mm]	138	164	190	245	295	345	380	435	550	—	—	—
ZSM	[mm]	140	170	190	251	304	352	401	443	543	643	—	—
Conexión API	[mm]	127	154	188	245	298	355	—	—	—	—	—	—
Brida DIN	[mm]	—	—	—	—	—	—	—	—	606	706	920	1.120
Conexión trapezoidal zunchada de PVC (también disponible en acero inoxidable)	[mm]	125	152	180	247	304	359	433	490	—	—	—	—

# CONEXIONES

2|2



\* alternativo rosca trapecial en acero inoxidable

## 1. Rosca redonda – DIN 4922

Este tipo de conexión fue desarrollada en Alemania. Frente a otros tipos de conexiones (rosca de paso triangular, rosca de paso fino) ofrece algunas ventajas importantes:

- Buena resistencia a la carga.
- Buena roscabilidad, incluso en acero noble recubierto con epóxido o poliamida.
- También es posible la galvanización – las conexiones de rosca fina acaban obstruyéndose.

## 2. Rosca redonda / Valor de Fabrica

Se trata de una conexión muy económica.

## 3. ROSCA API (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE)

Demandadas en la construcción de pozos de petróleo en el extranjero cuando se emplean tuberías de campo en las dimensiones usuales en pulgadas y cuando los tubos de los filtros están equipados con las correspondientes roscas. La rosca más usual es la llamada Casing para tubos según las especificaciones 5A Tabla 1.1 – la especificación para la rosca es la STD 5B. Se diferencian:

Tabla 2.2 – **CASING SHORT THREAD** (rosca corta, la más utilizada) y Tabla 2.3 – **CASING LONG THREAD** rosca larga).

Existen dimensiones que no están incluidas en la especificación 5A, sobre todo para la dimensión DN 300, según API 5L la dimensión 12.3/4", diámetro exterior 323.85 mm. Por ello, en la fabricación de los filtros para pozos debe ponerse atención para fabricar las roscas según la Tabla 2.1 "LINE PIPE". En algunos países se exige la rosca tipo "BUTTRESS".

## 4. ZSM – Conexión por manguitos (DIN 4922-4)

Este tipo de conexión se emplea con mucha frecuencia en montajes en obra. Según lo requiera la aplicación específica, puede confeccionarse con un perno (poliamida) o con un muelle (acero inoxidable 1.4571). En casos de mucha tensión, puede utilizarse también un cable.

## 5. Conexión de rosca en PVC

Es posible la combinación con PVC. De esta manera, se reducen los costes de la instalación. Una ventaja adicional es la reducción del peso.

## 6. Conexión mediante bridas (DIN 4922-3)

Se emplean sobre todo en combinación con Conexión brida y tuberías de diámetros mayores.

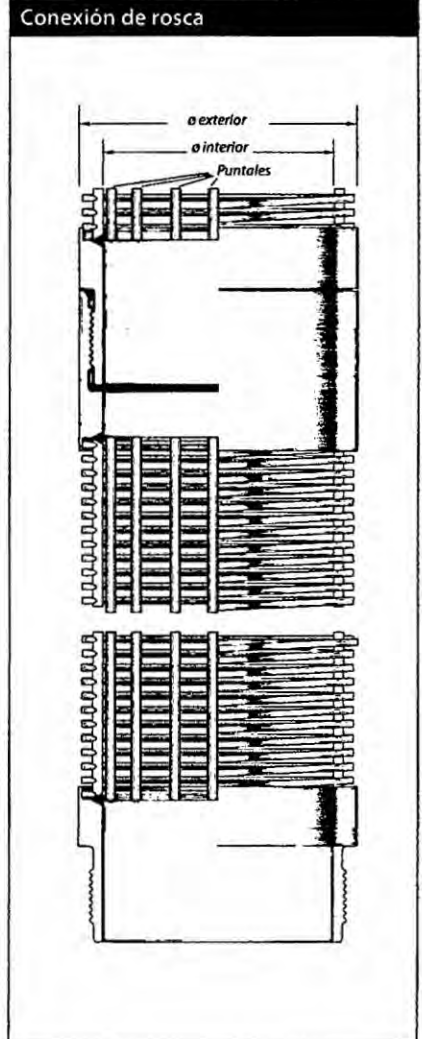
# DATOS TÉCNICOS

1 | 4

Medidas del filtro según Valor de Fábrica							
Ancho nominal		Ø Mandril de verificación	Ø Varillas de soporte	Ø interior	Ø exterior	Resistencia a la presión exterior*	Peso
DN	[Pulgada]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[bar]	[kg/m]
50	2	45	3,25	50	60,3	97,2	3,4
80	3	72	3,25	78	88,9	29,9	4,2
—	4	—	—	88	101,6	66,6	5,7
100	4 ½	91	3,65	101	114,3	46,5	6,7
—	5	—	—	114	127	33,8	7,4
125	5 ½	118	3,65	127	139,7	64,3	9,5
150	6 5/8	140	3,65	150	168,3	77	15
—	7	—	—	164	177,8	65,1	16
175	7 5/8	168	3,65	177	193,7	50,2	17,6
200	8 5/8	191	3,65	202	219,1	48,7	18,7
—	9 5/8	—	—	230	244,5	39,2	26,2
250	10 3/4	240	3,65	254	273,1	42,6	27,8
300	12 3/4	283	3,9	300	323,9	33,2	34,6
350	14	325	3,9	335	355,6	25	37,6
400	16	375	3,9	387	406,4	16,6	42,9
—	18	—	—	436	457,2	11,6	47,6
500	20	475	3,9	484	508	8,4	53,9
600	24	575	3,9	585	609,6	4,8	63,4
—	30	—	—	730	762	2,5	92
800	32	775	—	790	812	2	100
1.000	40	950	—	975	1005	2	—

(\*) Los datos de resistencia a la presión exterior incluyen un factor de seguridad.  
Los datos se refieren a un ancho de ranura de 0,5 mm.

Otras medidas sobre consulta.



# DATOS TÉCNICOS

2|4

## Resistencia de filtros de acero enrollado

Son parámetros determinantes para el diseño y el ámbito de aplicación de los filtros de alambre enrollado las fuerzas a las que están expuestos los filtros durante el montaje y la operación. Deben tenerse en cuenta la resistencia a la presión exterior y la resistencia a la tracción.

### 1. Resistencia a la presión exterior

El perfil de alambre enrollado determina gracias al ancho de su cabeza y sobre todo a la altura del perfil (en nuestras listas, A=ancho y H=altura) la resistencia a la presión exterior. Las varillas de soporte no influyen en el cálculo de la resistencia a la presión. Por regla general, los fabricantes disponen para el cálculo de una fórmula, que ha sido confirmada por los tests prácticos. En nuestra empresa, la determinación de la resistencia a la presión exterior se realiza mediante la siguiente fórmula, aceptada internacionalmente: por cada metro de profundidad, 1 PSI (libra por pulgada cuadrada) de presión exterior.

#### Ejemplo:

**Profundidad 100 metros  $\hat{=}$  Resistencia a la presión exterior 100 PSI.**

100 PSI equivalen a 7,0 Bar.

### La resistencia a la presión exterior debe ser como mínimo de 0,07 bar por metro de profundidad.

En este cálculo, partimos del supuesto de que la columna del líquido en el interior del tubo llega hasta el nivel superior del terreno. En algunos casos aislados, se toma el valor de 1,5 PSI, cuando la perforación va a ser dificultosa (fracturas del terreno, pérdidas por erosión, hundimientos de grava). El modelo para el cálculo no representa una demostración matemática probatoria, sino valores orientativos empleados normalmente para el dimensionamiento de tuberías de pozos.

### 2. Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción viene determinada por el número y el diámetro de las varillas de soporte. Son ellos los que en definitiva condicionan la resistencia a la tracción del conjunto de filtros.

Las fuerzas son absorbidas por las varillas en sentido vertical. Por lo tanto, el cuerpo del filtro puede ser expuesto a grandes fuerzas de tracción en sentido vertical.

#### Ejemplo (resistencia a la tracción supuesta: 500 N/mm<sup>2</sup>): Filtro DN 200 con 40 varillas $\varnothing$ 4 mm

Sección total de las varillas =  $40 \times r^2 \times \pi$

$40 \times 2 \times 2 \times \pi = 503 \text{ mm}^2 \times 500 \text{ N/mm}^2 = 251,5 \text{ KN}$

Por eso es la resistencia a la presión permitida: 25,15 to.

### 3. Resistencia a la presión

De manera general, este tipo de filtros no debe ser sometido a presión. Por lo tanto, el montaje de este tipo de filtros siempre será colgante.



# DATOS TÉCNICOS

3|4

B. Perfiles de la serie filtros para pozos y superficies abiertas en %								
Ancho ranuras(aR) [mm]	Perfil B/H [mm]	250	300	325	350	375	400	450
		2,5 x 2,38	3,0 x 3,65	3,25 x 3,65	3,5 x 5,0	3,75 x 6,0	4,0 x 7,25	4,5 x 9,25
0,30		10,7	9,1	8,4	7,8	7,4	—	—
0,50		16,6	14,2	13,3	12,5	11,7	11,1	10,0
0,75		23,0	20,0	18,7	17,6	16,6	15,7	14,2
1,00		28,5	25,0	23,5	22,2	21,0	20,0	18,1
1,50		37,5	33,3	31,5	30,0	28,5	27,2	25,0
2,00		44,4	40,0	38,0	36,3	34,7	33,3	30,7
2,50		—	45,4	43,4	41,6	40,0	38,4	35,7
3,00		—	—	48,0	46,1	44,4	42,8	40,0

$\text{Perfil B/H} = \frac{B}{H}$	<p>X = Cálculo de las superficies libres según la fórmula:</p> $\frac{aR \times 100 \%}{aR + B}$	<p>Varillas de soporte</p> <p>● 3,65 mm   ● 3,9 mm   ● 6,35 mm</p>
-----------------------------------	--	--

## DATOS TÉCNICOS

# 4|4

Capacidad del filtro (1/s) por metro del tubo de filtro (V=30mm/Sek)

Ancho nominal DN	[Pulgada]	Ø exterior aprox. [mm]	Perfil	Ancho de la ranura [mm]						
				0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3
50	2	60	250	0,94	1,30	1,62	2,12	2,51	2,83	5,65
100	4	114	250	1,79	2,48	3,07	4,03	4,78	5,37	5,86
100	4	114	300	1,53	2,15	2,69	3,58	4,30	4,88	5,37
150	6	168	250	2,64	3,65	4,52	5,94	7,04	7,92	8,64
150	6	168	300	2,26	3,17	3,96	5,28	6,33	7,20	7,92
150	6	168	325	2,11	2,97	3,73	5,00	6,03	6,88	7,60
150	6	168	350	1,98	2,79	3,52	4,75	5,76	6,60	7,31
200	8	219	300	2,95	4,13	5,16	6,88	8,26	9,38	10,32
200	8	219	325	2,75	3,87	4,86	6,52	7,86	8,97	9,91
200	8	219	350	2,58	3,64	4,59	6,19	7,51	8,60	9,53
200	8	219	375	2,43	3,44	4,35	5,90	7,18	8,26	9,17
200	8	219	400	2,29	3,26	4,13	5,63	6,88	7,94	8,85
250	10	273	300	3,68	5,15	6,43	8,58	10,29	11,70	12,86
250	10	273	325	3,43	4,82	6,05	8,13	9,80	11,19	12,35
250	10	273	350	3,22	4,54	5,72	7,72	9,36	10,72	11,88
250	10	273	375	3,03	4,29	5,42	7,35	8,95	10,29	11,44
250	10	273	400	2,86	4,06	5,15	7,02	8,58	9,90	11,03
300	12	323	325	4,06	5,71	7,16	9,61	11,60	13,24	14,61
300	12	323	350	3,81	5,37	6,76	9,13	11,07	12,68	14,05
300	12	323	375	3,58	5,07	6,41	8,70	10,59	12,18	13,53
300	12	323	400	3,38	4,81	6,09	8,30	10,15	11,71	13,05
300	12	323	450	3,04	4,35	5,53	7,61	9,37	10,87	12,18
350	14	356	350	4,19	5,92	7,46	10,07	12,20	13,98	15,49
350	14	356	375	3,95	5,59	7,06	9,59	11,67	13,42	14,91
350	14	356	400	3,73	5,30	6,71	9,15	11,18	12,90	14,38
350	14	356	450	—	4,79	6,10	8,39	10,32	11,98	13,42
400	16	406	350	4,78	6,75	8,50	11,48	13,91	15,94	17,66
400	16	406	375	4,50	6,38	8,06	10,93	13,31	15,31	17,01
400	16	406	400	4,25	6,04	7,65	10,44	12,75	14,72	16,40
400	16	406	450	—	5,47	6,96	9,57	11,77	13,67	15,31
450	18	457	375	5,07	7,18	9,07	12,31	14,98	17,23	19,14
450	18	457	400	4,79	6,80	8,61	11,75	14,36	16,57	18,46
450	18	457	450	—	6,15	7,83	10,77	13,25	15,38	17,23
500	20	508	400	5,32	7,56	9,58	13,06	15,96	18,41	20,52
500	20	508	450	—	6,84	8,71	11,97	14,73	17,10	19,15
600	24	610	450	—	8,21	10,45	14,37	17,69	20,53	23,00
800	32	816	450	—	10,99	13,98	19,23	23,66	27,47	30,76
1000	38	980	450	—	13,19	16,79	23,09	28,42	32,99	36,95

†tras dimensiones mayores sobre consulta

# CENTRADORES

## Centradores para acero inoxidable

Para montar los filtros y los tubos en el pozo de manera centrada, se recomienda el empleo de centradores.

Estos centradores deben montarse cada 6 – 10 metros.

Los centradores están disponibles en los siguientes materiales:

### WNr. 1.4301 (X5CrNi18-10), AISI 304 (V2A)

Acero resistente al agua y a aguas residuales ligeramente sucias, así como a ácidos ligeramente orgánicos e inorgánicos. Resistente hasta valores pH de 4,5 medios bajos en cloruro.

### WNr. 1.4571 (X6CrNiMoTi17-12-2), AISI 316Ti, (V4A)

Características similares al acero 1.4404, pero garantizando la resistencia contra la corrosión inter-cristalina gracias a su mayor contenido en titanio.

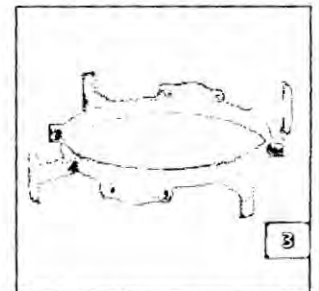
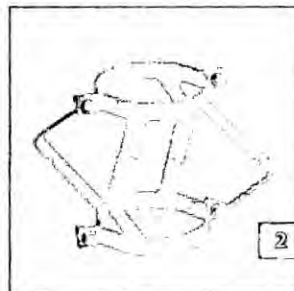
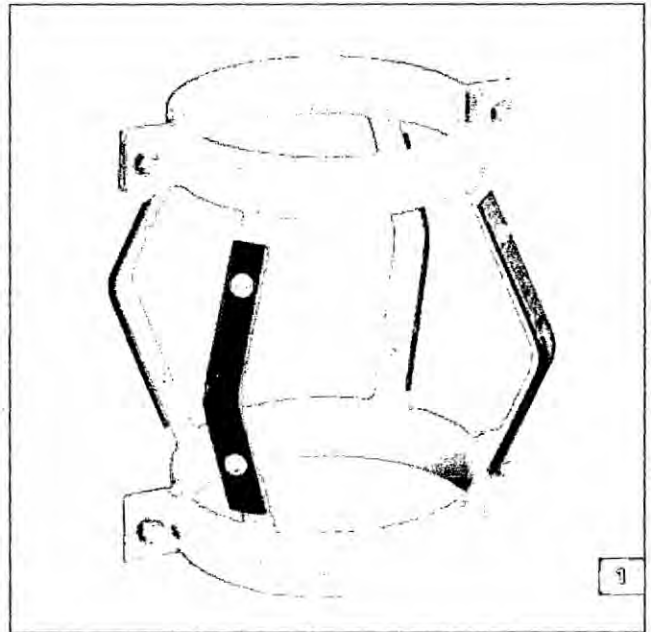
### Otros materiales bajo consulta

Los **centradores estándares** se componen de un collar-abrazadera y 4 deflectores.

**Centradores de cesta** compuestos de 2 collares-abrazadera y 4 deflectores.

### Nota:

El montaje solo debe hacerse con útiles / herramientas correctamente mantenidos.



- 1 Centrador de cesta con guías atornilladas para la separación galvánica\*
- 2 Centrador de cesta
- 3 Centrado estándar con dos abrazaderas de sonda\* giradas a 180°

\* Suplemento de precio

# HERRAMIENTAS

## Herramientas de montaje para tubos y filtros en acero

### Guías

Para el ensamblaje sin problemas de los tubos.

Las Guías de acero están especialmente indicadas para máxima exigencia y usos de larga duración.

### Abrazaderas de interceptación

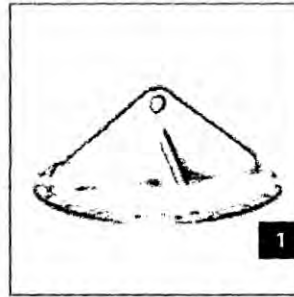
Para una conducción segura de los tubos.

### Enganche para cinchas

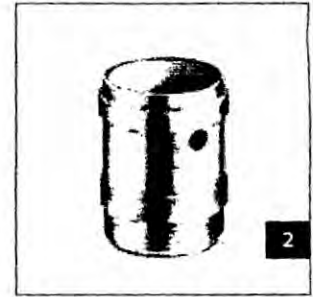
Longitudes de cincha 750 mm (hasta DN 200) y 1200 mm (desde DN 250 hasta DN 300).

### Nota:

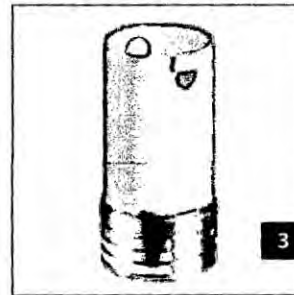
El montaje solo debe hacerse con útiles / herramientas correctamente mantenidos.



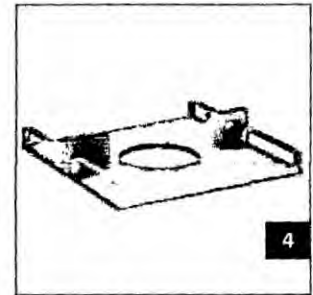
1



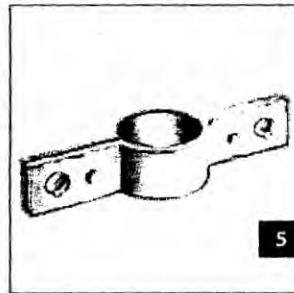
2



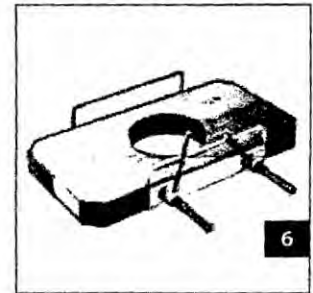
3



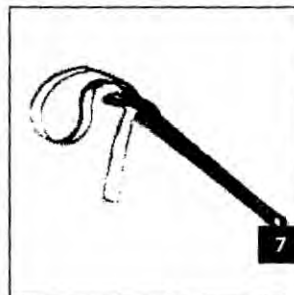
4



5



6



7

- 1 Brida
- 2 Guía rosca redonda
- 3 Guía ZSM
- 4 Abrazaderas de interceptación de acero
- 5 Abrazaderas de interceptación de acero
- 6 Abrazaderas de interceptación de madera
- 7 Enganche para cintas

## RISER PIPES

- Sizes from DN 50 to DN 250
- Lengths up to 6 m
- Wall thickness from 2.0 to 6.0 mm
- Seamless or longitudinally seam-welded

### Basic material

#### Stainless steel

**S235JR (ST37-2)** plastic-coated steel serves as a basic material, Rilsan-coated, approved for drinking water. Conforms to KTW requirements [official German recommendation concerning the levels of polymers in drinking water] as recommended by the German Federal Department of Health.

**S235JR (ST37-2)** galvanized steel serves as a basic material, only suitable to a limited extent for drinking water, to be used for flange connections only.

### Properties and suitability

Stainless steel of various qualities depending on groundwater condition and temperature

#### M No. 1.4301 (X5CrNi18-10), AISI 304

This type of steel is resistant to water and slightly polluted waste water as well as weak organic and inorganic acids. Generally, it is resistant to a pH value up to approx. 4.5 in aggressive substances low in chloride.

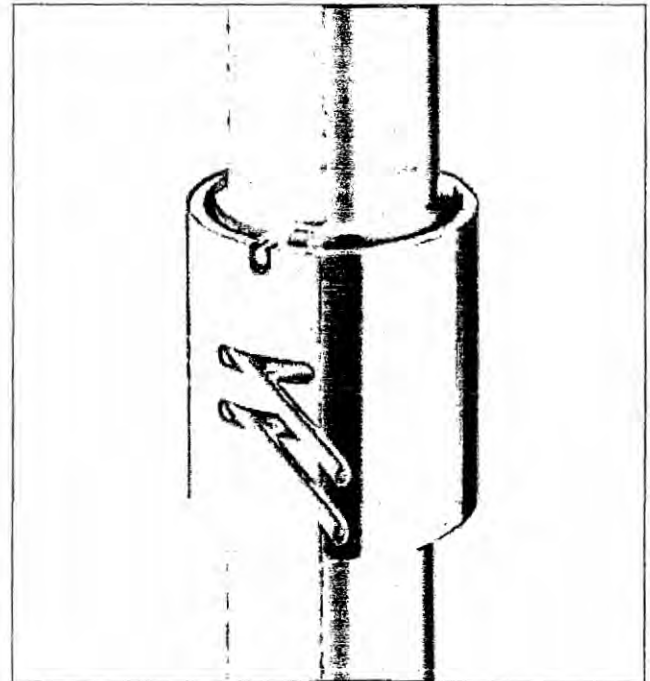
#### M No. 1.4541 (X6CrNiTi18-10), AISI 351

This type of steel has excellent resistance properties to a variety of aggressive media. Furthermore, this material is characterised by good ductility.

#### M No. 1.4571 (X6CrNiMoTi17-12-2), AISI 316Ti

Similar properties as 1.4404 but with guaranteed resistance to intergranular corrosion due to an increased titanium content.

### Additional materials on request

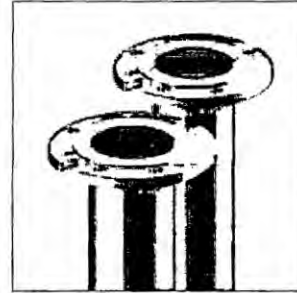


## CONNECTIONS

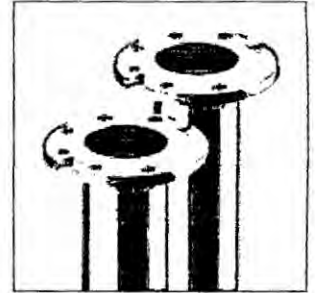
The choice of connections largely depends on technical requirements and installation guidelines for construction sites.

### 4 connection types on offer:

- Riser pipes with welded neck flange
- Riser pipes with smooth flange
- ZSM riser pipes
- Threaded riser pipes



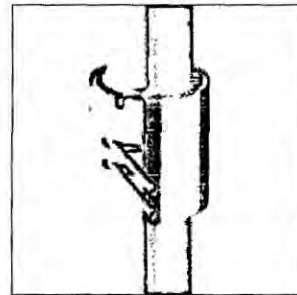
Welded neck flange



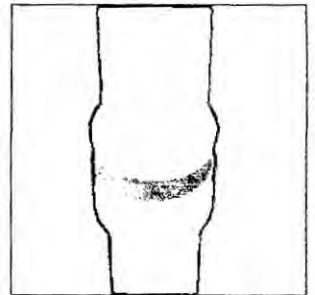
Smooth flange

### ZSM riser pipe connections

- Minimum space requirement – in case of cramped installation conditions
- Quick assembly/disassembly
- Two rods – double safety
- Two O-rings
- 1.4301, AISI 304 or 1.4571, AISI 316 stainless-steel material
- Size DN 50 to DN 250
- Nominal pressure 40 bar

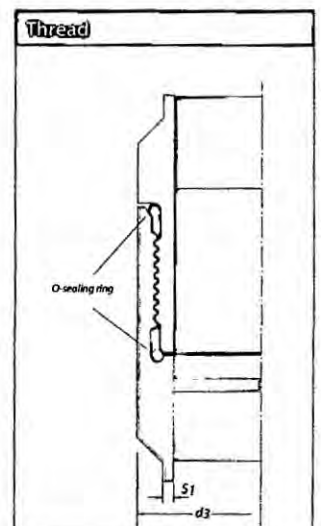
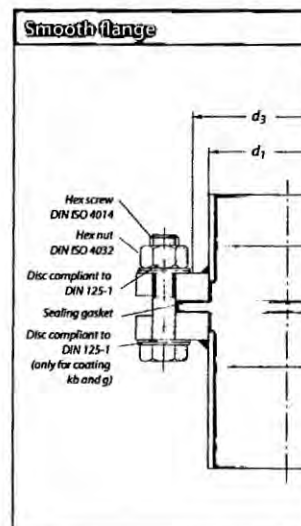
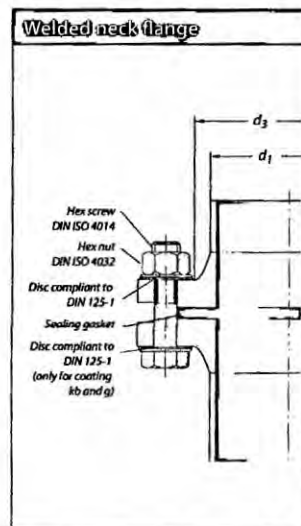
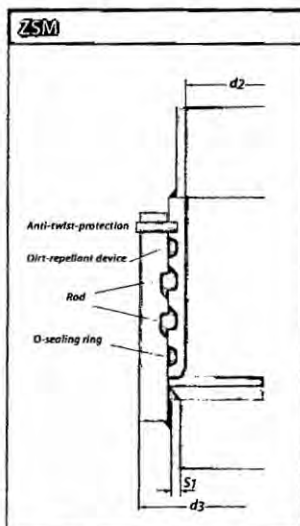


ZSM riser pipes



Threaded riser pipe

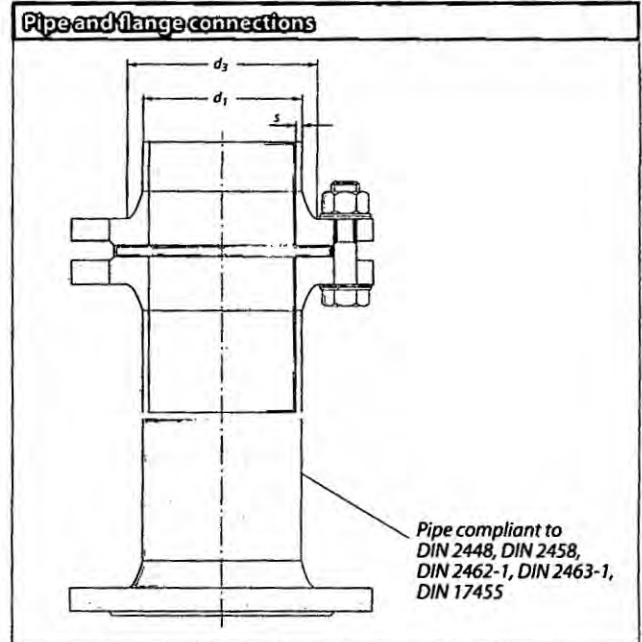
Connections outer diameter $d_3$									
Nominal diameter	DN	50	65	80	100	125	150	200	250
Welded neck flange, smooth flange DIN 4927	[mm]	165	185	200	220	250	285	340	405
ZSM connection	[mm]	85	106	118	140	170	200	253	316
Thread with two O-rings compliant to DIN 4942	[mm]	76,1	88,9	108	133	159	188	238	



## TECHNICAL DATA

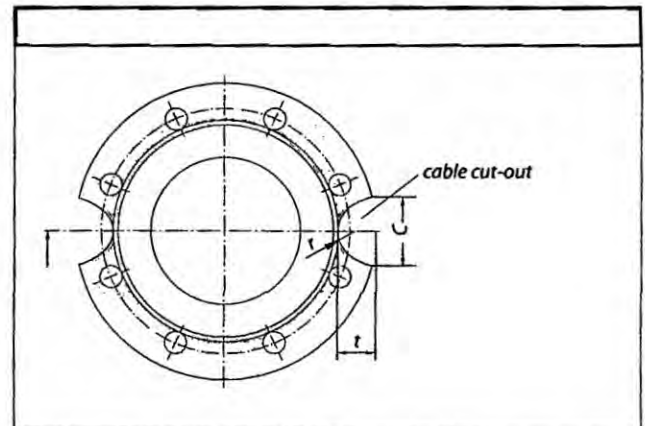
Pipe DIN 2463									
Nominal diameter	DN	50	65	80	100	125	150	200	250
Wall thickness s	[mm]	2.0	2.0	2.0 2.6	2.6	2.6	2.6	3.0	3.0
Outer Ø d1	[mm]	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	219.1	273

Higher wall thicknesses on request.



Cable notches									
Nominal diameter	DN	50	65	80	100	125	150	200	
	PN	16	16	16	16	16	16	16	
c	[mm]	48	48	48	55	65	75	60	
r	[mm]	15	15	15	20	30	35	20	
t	[mm]	30	30	30	30	30	35	35	

Flanges with 2 cable notches each on both sides, optionally staggered by 180° or 90°. Additional notches on request.



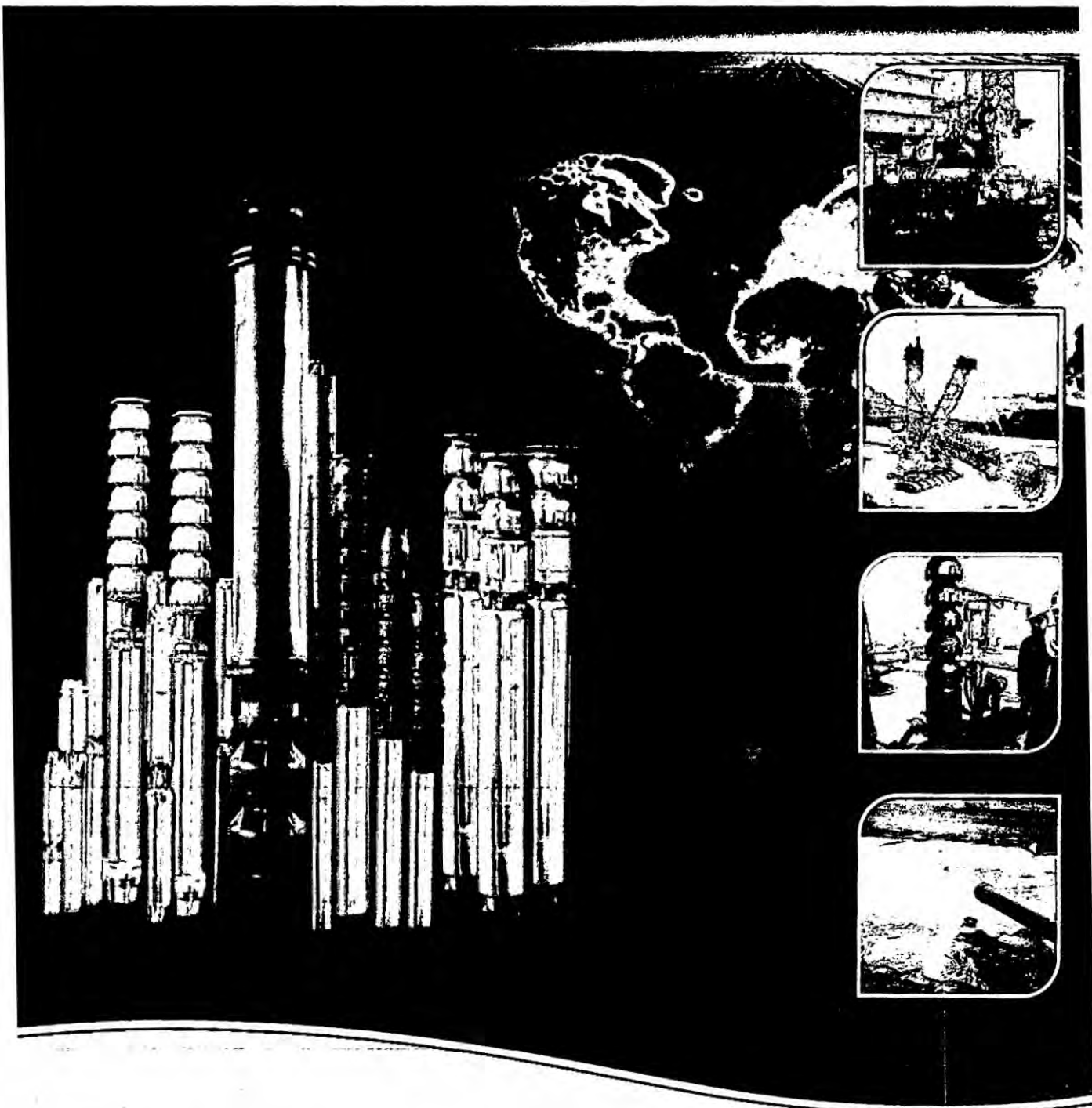
## **Anexo 08**

Ficha técnica de la electrobomba sumergible.





## ***Pleuger® Electrical Submersible Pumps and Water-Filled Motors***



***Experience In Motion***

**Trusted Supplier of Choice  
for Water Resources**

For more than a century and a half, Flowserve has been in the forefront of virtually every significant advancement in pumping technology to meet water-handling challenges. Today, Flowserve offers the world's most complete line of submersible pumps with water-filled motors and systems (Pleuger design) for water applications along with a full menu of technical and service support.

**Product Brands of Distinction**

Iron Jackson®

Flowserve®

30®

Pleuger®

Whittington®



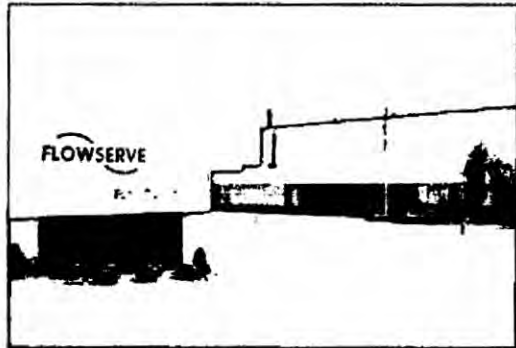
**Assembling and Service Center – Newark, UK**



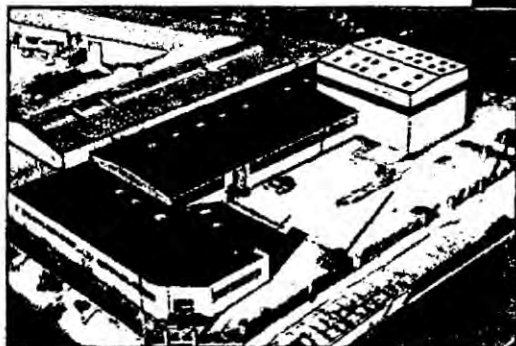
**Manufacturing, Assembling and Service Center  
Barcelona, Spain**



**Headquarters and Design Center for Submersible  
Motors – Hamburg, Germany**



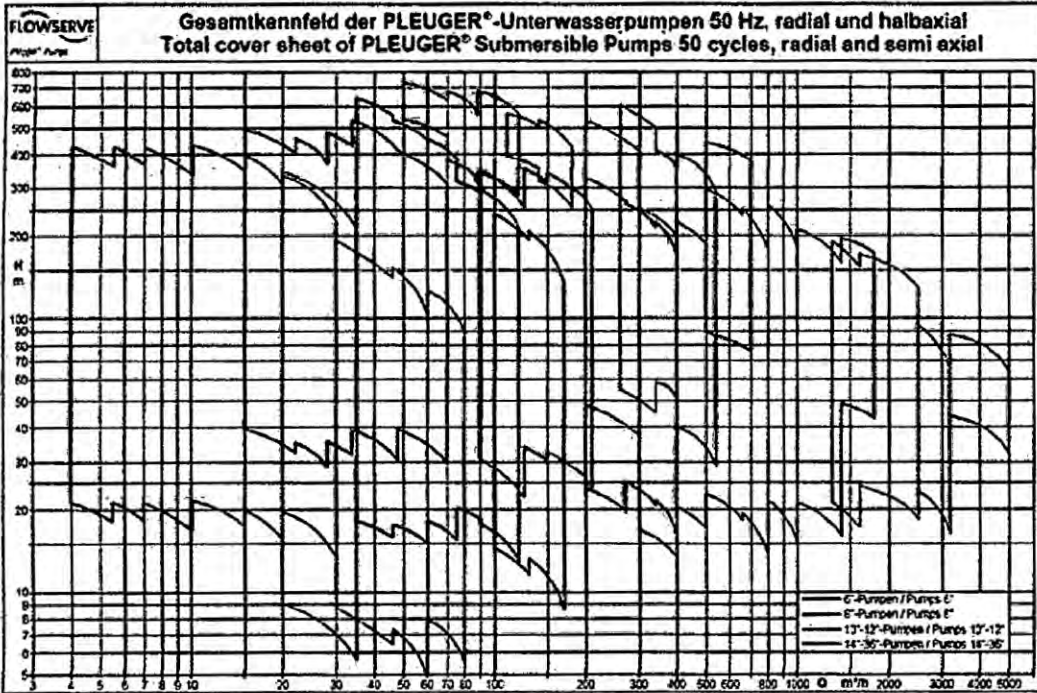
**Submersible Motor Center of Excellence (MCO)  
– Maryland, USA**



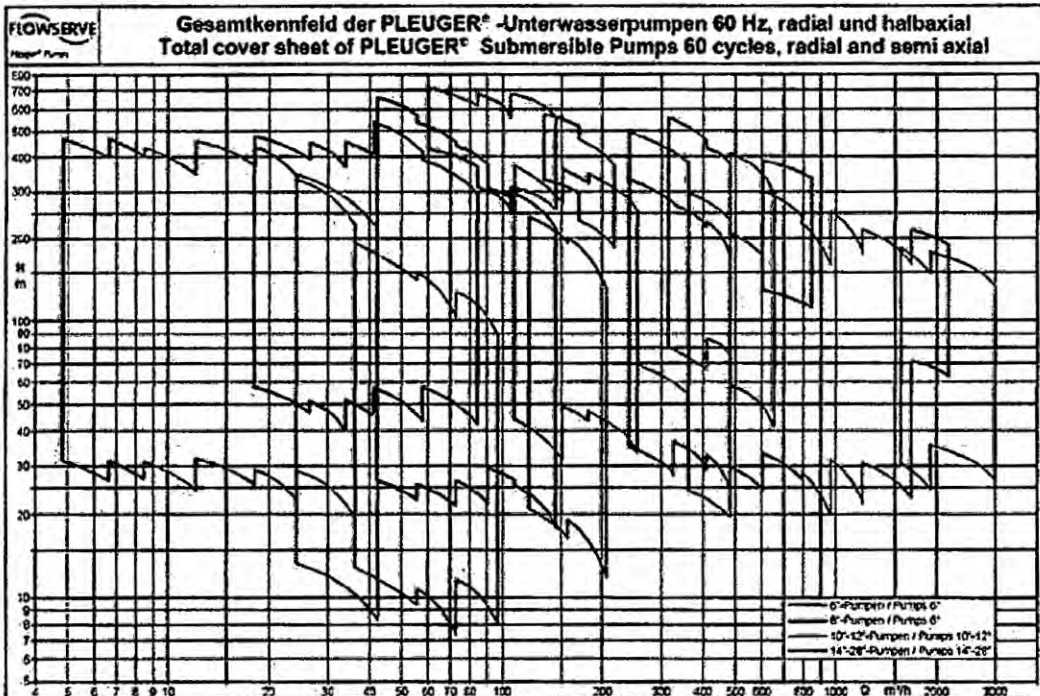
**Assembling and Service Center – Orleans, France**

# Range Charts

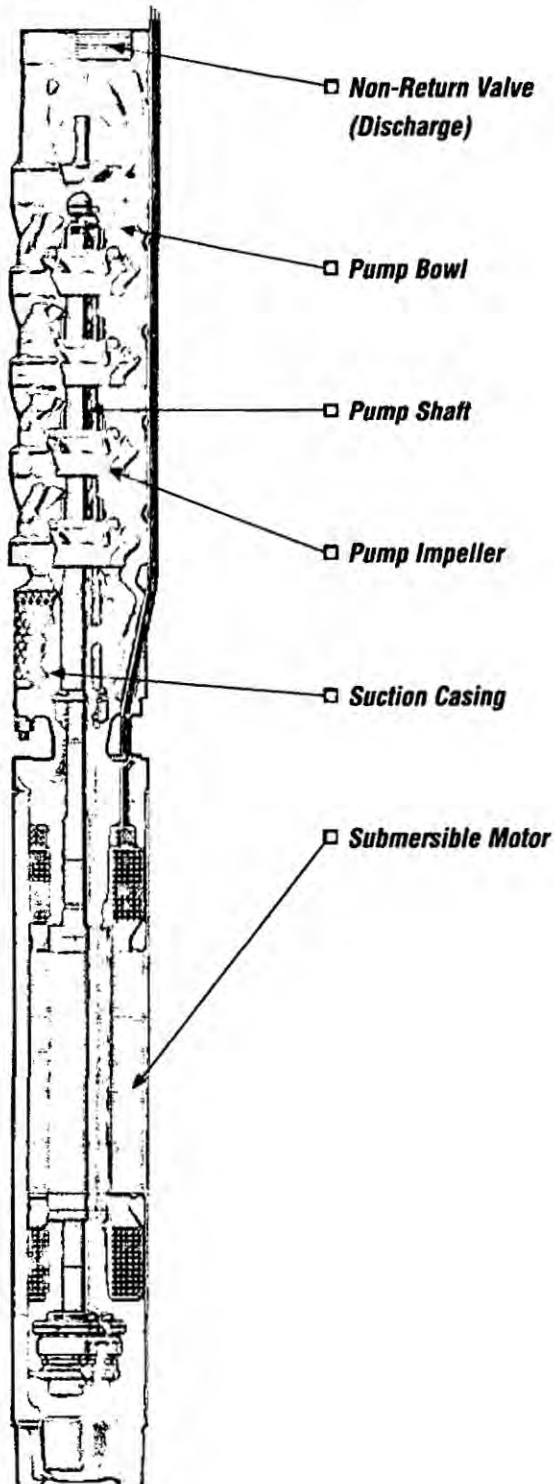
## 50 Hz Flow / Head Chart



## 60 Hz Flow / Head Chart



## Submersible Pump End



Flowserve submersible pump units are multistage centrifugal units which operate below water level and are driven by water-filled AC three-phase induction submersible motors.

Pumps and motors form a single enclosed unit which when installed vertically in a water well is held in position by the connected discharge pipe at the non-return valve or discharge casing.

Flowserve submersible pump units are offered in a wide range of applications. Pumps are available from 4" to 48" bowl diameter with capacities up to 6000 m<sup>3</sup>/h (25000 gpm) and heads up to 800 m (2600 ft).

Pump units are designed and manufactured to the highest quality with high pump efficiency and long working life under the most adverse conditions. They are extensively tested and inspected to ensure operational safety.

Flowserve pump units are designed on the principle of a modular structure. Thus, with a limited number of parts, different tailor-made requests can be achieved. Pumps are equipped with non-return valves to guarantee optimal functional safety (water hammer).

Flowserve submersible pump units provide economic solutions for almost every user's requirements.

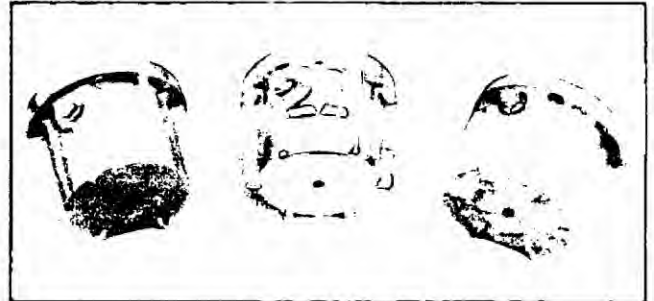
To produce high-quality submersible pumps and motors requires both specialized know-how and continually evolving manufacturing processes. All submersible pump products are produced using the most advanced manufacturing techniques – from initial development base CAD to quality-controlled CNC production equipment. It is not by chance that among experts Flowserve has been a byword for top product quality for decades.

### **Advanced Materials Concept**

Tested and proven over many years, Flowserve pumps can ensure a high degree of reliability and suitability for a wide range of applications. For more specialized requirements and applications, special materials and combinations of materials are available that are designed to ensure optimum efficiency and a long service life.

#### **Sample Material Combinations — Pump**

- Bowls cast iron – Noryl impeller
- Bowls stainless st. – Noryl impeller (only special pump type)
- Bowls cast iron – Bronze impeller or NiAlBz
- Bowls bronze or NiAlBz – Bronze impeller or NiAlBz
- Bowls stainless st. (316 Ti) – Stainless st. (316 Ti) impeller
- Bowls stainless st. super duplex – Stainless st. super duplex impeller
- Stator stainless st. (316 Ti) – Cast iron housings
- Stator stainless st. (316 Ti) – Stainless st. (316 Ti) housings
- Stator stainless st. (SMO) – Stainless st. super duplex housings



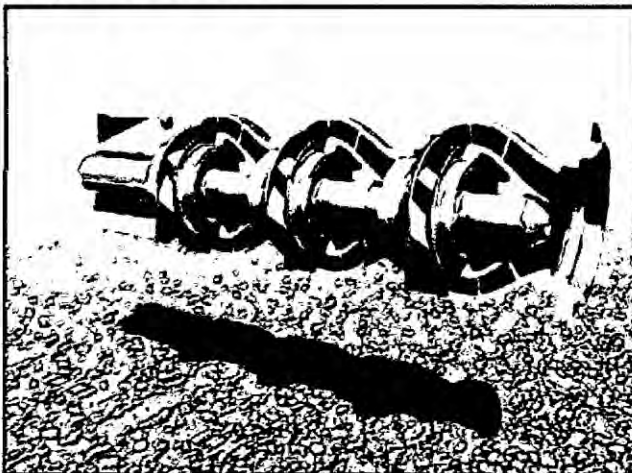
#### **Pump Shaft**

- Stainless st. (1.4057); stainless st. (duplex) or stainless st. (super duplex)

#### **Motor Shaft End**

- Stainless st. duplex or stainless st. super duplex

#### **Pump End Cross Sectional**



#### **Sample Materials**



**Noryl**



**Bronze / NiAlBz**

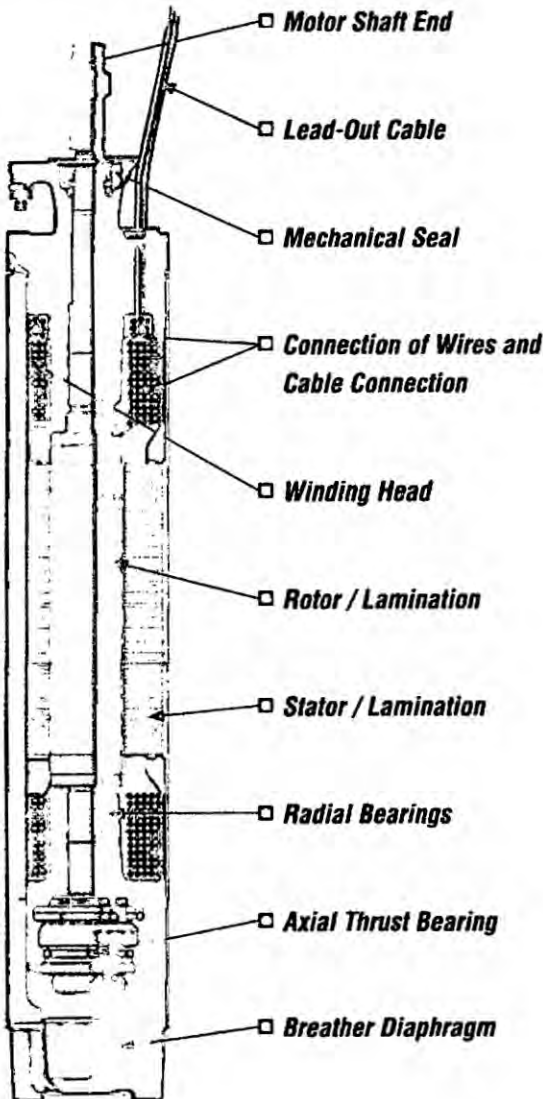


**316Ti Stainless Steel**



**Super Duplex**

## Submersible Motor



Pleuger submersible motors have been providing successful and reliable service since 1929. The three-phase AC squirrel cage induction motors are water / glycol filled (65 volume % potable water and 35 volume % glycol).

The water / glycol motor filling provides lubrication of motor bearings and motor cooling. The admixture of glycol is environmentally safe. The admixture prevents freezing of the motor filling liquid to cool components while mitigating corrosion.

The motor windings consist of fully waterproof / high di-electric strength windings (PVC or PE2+PA) insulation class Y (90°C).

The motor windings are fully rewindable. The electrical power supply is provided by a uniquely developed waterproof submersible motor lead-out cable. The cable(s) are sealed at the motor with special designed cable glands.

The dynamically balanced rotor rotates in oversized twin bearings on each bearing housing (top and bottom of motors). An installed diaphragm in the lower motor housing provides pressure / volume compensation of the motor during internal motor temperature changes.

At different water submergence ranges, the diaphragm produces pressure compensation, i.e., to get the same pressure outside and inside (no pressure difference). A high-quality mechanical seal prevents the ingress of ambient liquid to the motor, fully protecting the motor against internal contamination. A high-quality adjustable, self-aligning thrust bearing allows high thrust service life, even under the heaviest pump duty conditions. Pleuger submersible motor designs are available for vertical or horizontal installations. In maintaining our reputation as a leading supplier of pumping systems for the water industry, Flowserve continues to update and improve Pleuger submersible motors.

### Power Output\*

Power Output Range Two-Pole Submersible Water-Filled Motors							
Motor Type		M6	M8	M10	VN12	VN14	M16
50 Hz Power Output	kW	5.5 - 37	33 - 90	75 - 230	165 - 270	185 - 400	300 - 670
	HP	7.5 - 50	45 - 120	100 - 310	220 - 360	250 - 540	400 - 900
60 Hz Power Output	kW	6.4 - 45	40 - 106	90 - 265	185 - 315	215 - 435	345 - 770
	HP	8.5 - 60	55 - 140	120 - 355	250 - 425	290 - 585	460 - 1050

\*Four-Pole Water-Filled Motors on Request

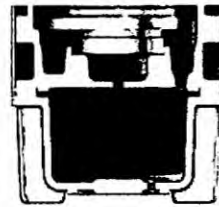
**Motor Features**

**Special Designed Mechanical Seal:**

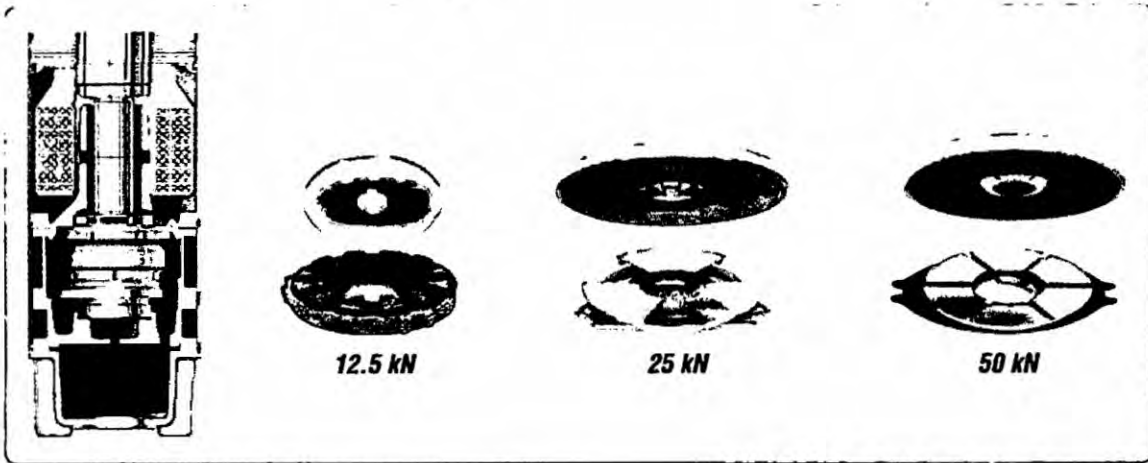
(Different Material Combinations Available – SiC / SiC, etc.)



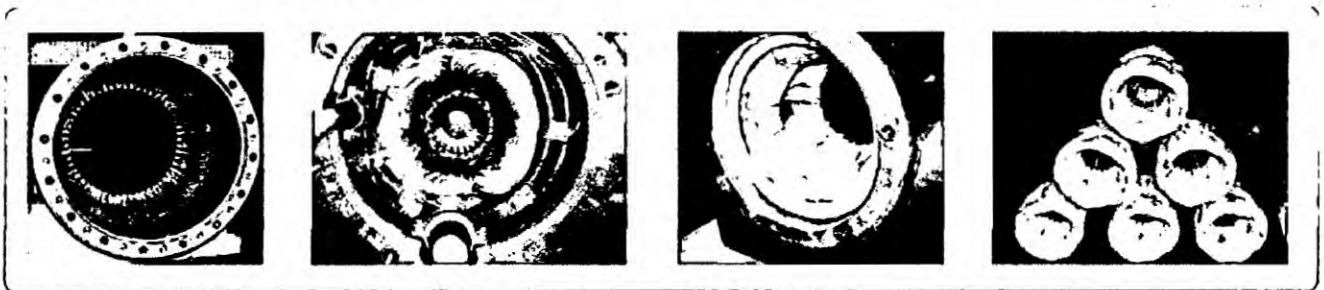
**Breather Diaphragm**



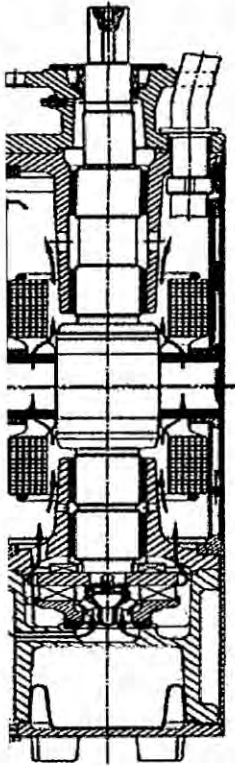
**Motor Carbon / Hard Carbon Thrust Bearings / Stainless Steel Pads**



**Motor Winding With PVC / PE2+PA**

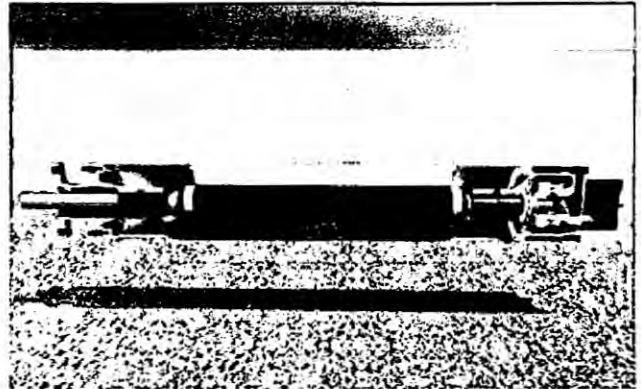


**Motor Features, Continued**  
**(from 10" Motor and Larger Size)**  
**Submersible Motors With Internal Forced Cooling System**



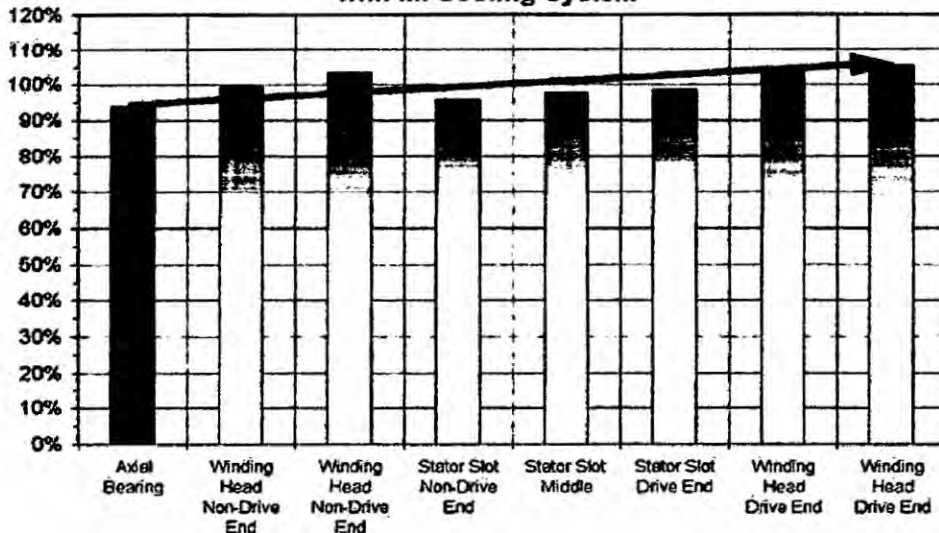
**Internal Forced Cooling System (MI)**  
 The internal cooling system is manufactured with a highly efficient cooling impeller. The design provides an efficient cooling circuit, which ensures sufficient thermal motor reserves and low cooling losses.

**Motor Rotor With Special Designed Cooling Impeller**



**Winding Temperature Distribution With Special Cooling System**

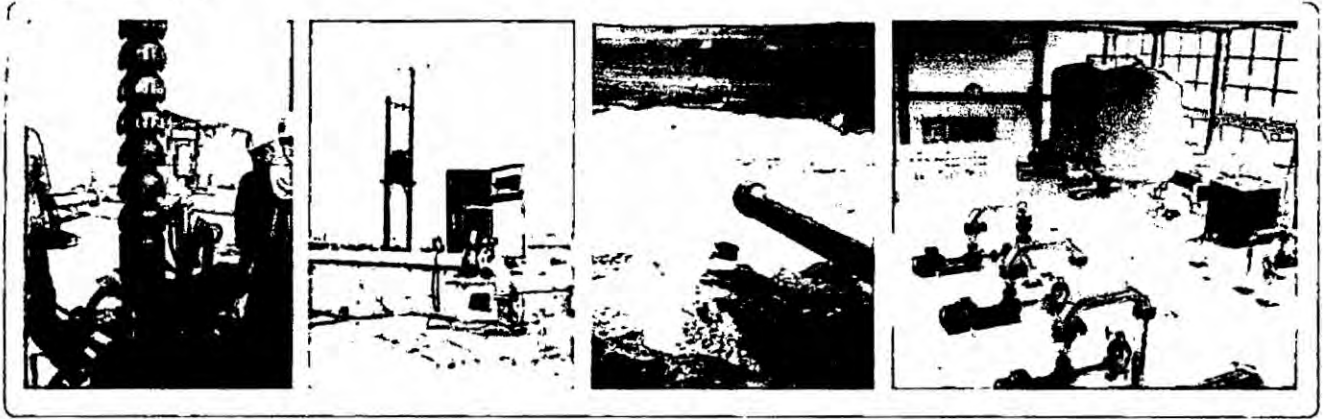
**PLEUGER Submersible Motors**  
**with MI Cooling System**





## **Applications**

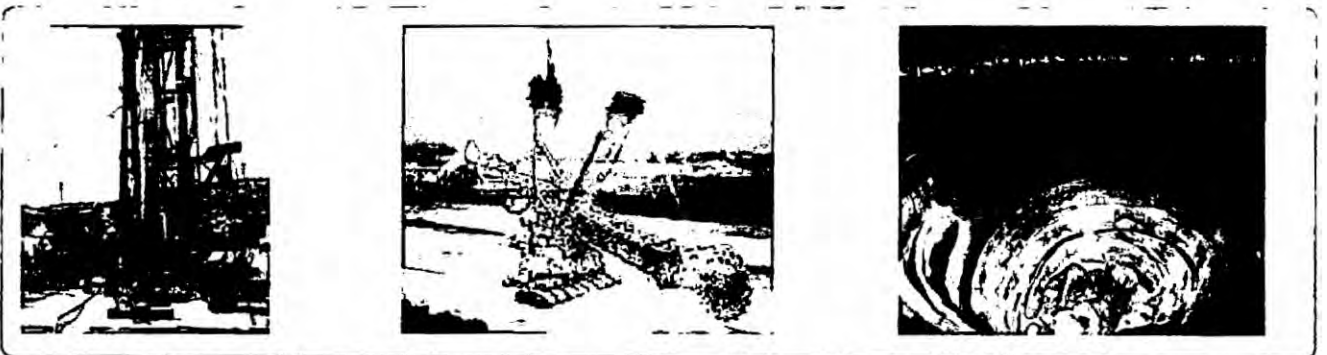
### **Potable Water Supply**



### **Irrigation**



### **Dewatering (Mines)**

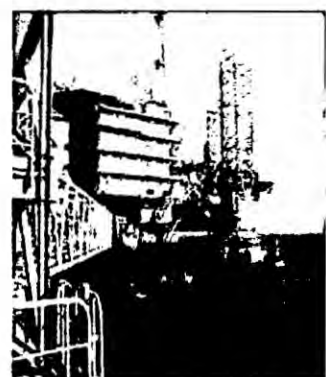




**Offshore Application**



**Pump Unit Ready for Shipment**



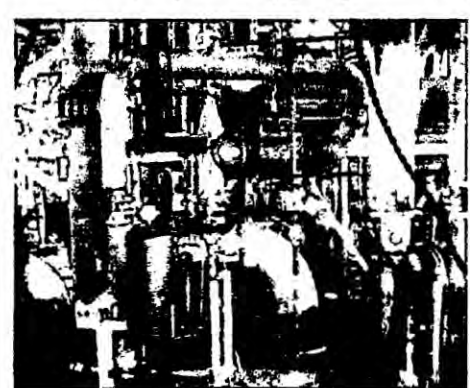
**Gas Platform in Qatar**



**Seawater Submersible Lift Pump**



**Pump Unit Installation**



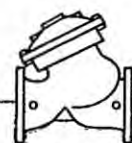
**Pump Unit With Pipes Installed**



**Pump Units Running**

## **Anexo 09**

Ficha técnica de la válvula de alivio  
y anticipadora de golpe de ariete.

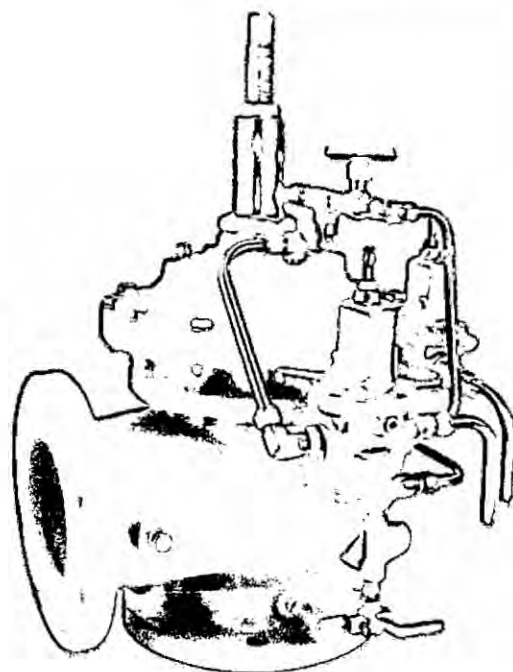


## Válvula de control anticipadora de onda

### Modelo 735-M

- ❑ Elimina el golpe de ariete en todos los sistemas de bombas:
  - ❑ Impulsoras (booster) y pozos profundos, velocidad constante y variable
- ❑ Elimina el golpe de ariete en todas las redes de distribución:
  - ❑ Municipales, rascacielos, alcantarillado, climatización, riego
  - ❑ Sistemas de difícil mantenimiento, alejados y antiguos

La válvula anticipadora de onda Modelo 735-M es una válvula instalada fuera de la línea, de operación hidráulica y accionada por diafragma. La válvula se abre en reacción a la caída de presión generada por la súbita parada de la bomba. Mediante la preapertura de la válvula se disipa la onda de alta presión de retorno y así se elimina el golpe de ariete. La válvula modelo 735-M se cierra con suavidad y herméticamente en cuanto lo permite la función de alivio, evitando la onda de cierre. Esta válvula sirve también para aliviar la presión excesiva en el sistema.



### Características y ventajas

- ❑ **Sustituye a los tanques de aire**
  - ❑ Alivio de la onda de presión, apertura segura
  - ❑ Mínimo mantenimiento
  - ❑ Economía de espacio
  - ❑ Menos inversiones y gastos de mantenimiento
  - ❑ Especialmente económica para altas presiones nominales
- ❑ **Impulsada por la presión en la línea**
  - ❑ Operación independiente
  - ❑ No se requiere motor
  - ❑ Cierre hermético y a prueba de goteo de larga duración
  - ❑ Accionamiento hidráulico ajustable
- ❑ **Cámara doble**
  - ❑ Cierre moderado (sin golpes de ariete)
  - ❑ Diafragma protegido
- ❑ **Mantenimiento sencillo en línea**
- ❑ **Cavidad libre de obstáculos** – Absoluta confiabilidad
- ❑ **Disco de cierre balanceado** – Alta capacidad de caudal

### Principales características adicionales

- ❑ Control de solenoide – 735-55-M
- ❑ Diafragma sensor (para aguas residuales) – 735-Md
- ❑ Preferencia de operación eléctrica para protección contra incendios – FP-730-59
- ❑ Válvula de alivio rápido de presión – 73Q

Consulte las publicaciones pertinentes de BERMAD.

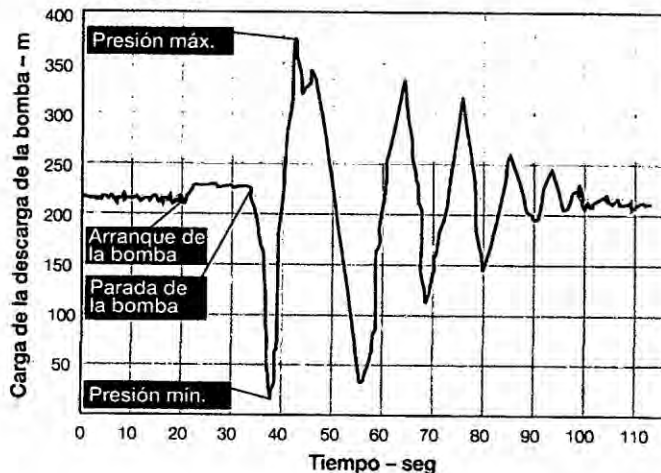




## Operación

Una súbita parada de la bomba es seguida por una caída de presión mientras la columna de agua, con su momento inherente, sigue desplazándose a lo largo de la línea y generando una grave baja presión. Cuando la columna de agua pierde momento, retorna en dirección a la bomba. Si la columna golpeara la válvula de retención cerrada, se crearía una onda de presión de muy alta presión que se desplazaría por el sistema a velocidades de hasta 4 Mach. Una válvula de alivio puede reaccionar con la rapidez suficiente para eliminarla.

Onda de presión en la estación de bombeo sin protección



La eliminación de esa onda requiere anticiparla y actuar de antemano. La válvula Modelo 735-M está bien preparada para hacer esto.

El piloto de baja presión (LP) [1] percibe la caída de presión inicial y se abre. Esta respuesta inmediata permite que la presión en la línea abra rápidamente la válvula principal.

La válvula Modelo 735-M, ya abierta, libera la columna de agua que retorna, minimizando así la subida de presión en la línea. Si el grado de alivio fuera insuficiente, y la presión superara el ajuste del piloto de alta presión (HP) [2], el piloto se abriría inmediatamente para abrir aun más la válvula principal.

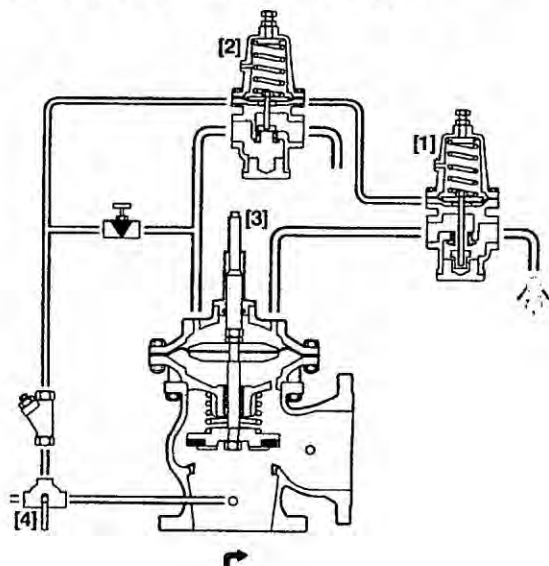
Cuando la presión en el sistema se estabiliza en el nivel de presión estática, los dos pilotos se cierran y la válvula principal comienza a cerrarse. Si la presión en la línea sube durante el cierre de la válvula principal, el piloto de alta presión HP detiene el proceso para evitar que la presión siga elevándose.

El cierre manual [3] limita al caudal de alivio para evitar la separación de la columna y conservar la presión de cierre.

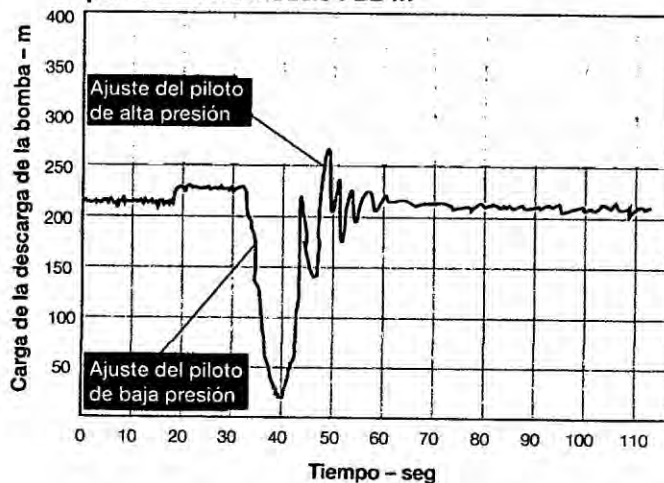
El lavador [4] sirve para seleccionar la fuente de operación y percepción:

Directamente de la línea de descarga principal - Recomendada (ver "Aplicaciones típicas")

O de la entrada de la válvula Modelo 735-M



Presión en la estación de bombeo protegida por la válvula Modelo 735-M





## Programa de análisis de onda de presión de Bermad - "BERSAP II"

El golpe de ariete es la consecuencia de varios factores: el caudal especificado, el sistema de bombeo, las características de la línea principal, etc. Aplicando matemática avanzada y un software especial, los expertos ingenieros de BERMAD pueden llevar a cabo el análisis necesario.

Para un buen análisis se requieren los siguientes datos:

- Línea principal
  - Perfil de la línea (distancia progresiva de un punto dado) elevaciones a la longitud acumulada
  - Diámetro interno
  - Longitud
  - Material
  - Grosor de pared
- Bombas
  - Curva(s) de la(s) bomba(s)
  - Cantidad máxima de bombas que funcionan simultáneamente
  - Tipo de válvula de retención
- Sistema
  - Máximo caudal especificado
  - Niveles máximo y mínimo en succión y en los depósitos de descarga

Para los sistemas con varias estaciones de bombeo y/o múltiples consumidores a lo largo de la línea de abastecimiento se requieren también los siguientes datos:

- Diseño del sistema con las ubicaciones y características de las estaciones de bombeo y los consumidores
- Pendiente hidráulica (Head Gradient Line o HGL) para cada nodo basado en el análisis de "Network-Solver"

Este análisis indica que sin protección, el sistema está expuesto a:

- Presiones de ~32 bar (ver línea de envoltura de presión máxima)
- Condiciones de vacío (ver línea de envoltura de presión mínima)

La simulación de protección contra el golpe de ariete recomienda:

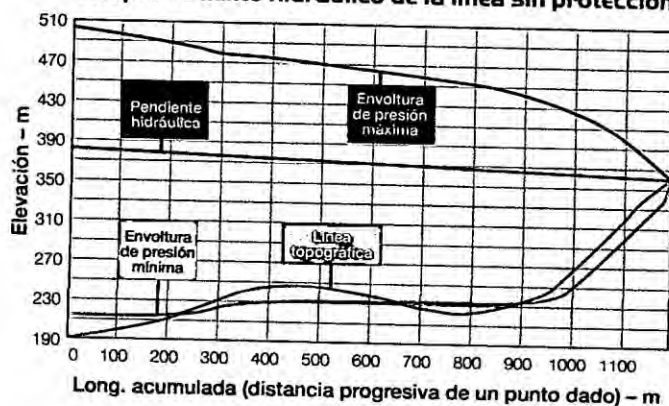
- Dos válvulas Modelo 735-M instaladas en paralelo en la estación de bombeo
- Cinco válvulas de aire (ventosas) Non-Slam a lo largo de la línea

Con toda la protección, la simulación indica la ausencia de golpes de ariete y mínimo riesgo de vacío.

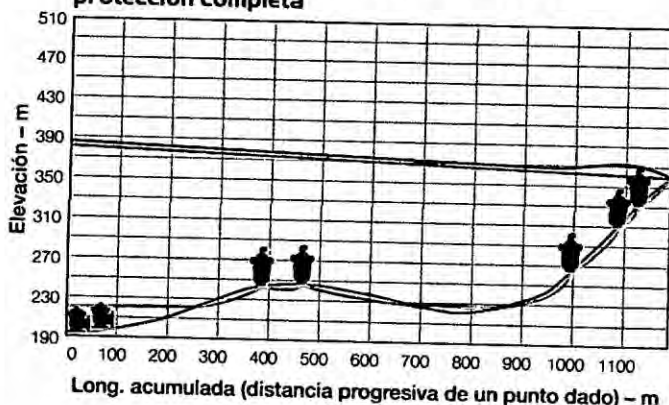
- Presión a un máximo de ~19 bar (ver línea de envoltura de presión máxima)
- Sin vacío apreciable (ver línea de envoltura de presión mínima)

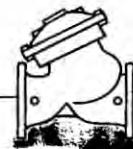
La programación de una tubería requiere la instalación de válvulas de aire (ventosas) para admitir aire en condiciones de vacío y purgarlo de la tubería presurizada. En la selección del tamaño, tipo y ubicación de las ventosas deben tenerse en cuenta los requisitos de protección contra el golpe de ariete.

Comportamiento hidráulico de la línea sin protección



Comportamiento hidráulico de la línea con protección completa





## Aplicaciones adicionales

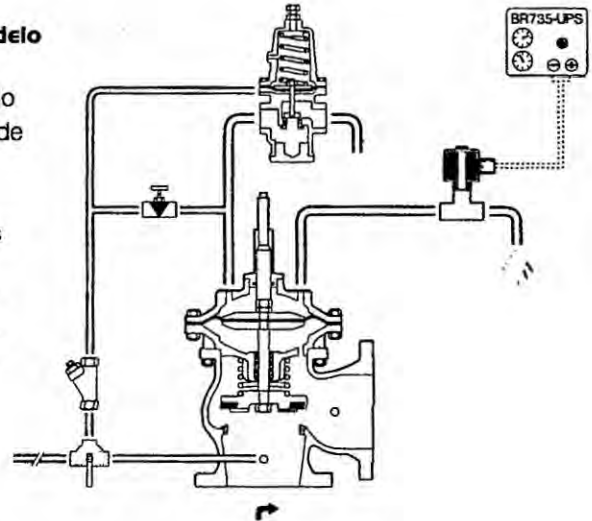
### Válvula anticipadora de onda con control de solenoide Modelo 735-55-M

La válvula anticipadora de onda con control de solenoide Modelo 735-55-M proporciona la solución adecuada para los sistemas de bombeo en los que:

- la presión estática es inferior a 3 bar (45 psi)
- la línea de descarga es corta y el período crítico de la onda es de menos de 3 segundos
- se prefiere el control eléctrico por razones de mantenimiento

Si se produce un apagón, el controlador BR 735-UPS energiza inmediatamente al solenoide normalmente cerrado (NC) de la válvula Modelo 735-55-M, aun antes de la caída de presión relacionada con la súbita parada de la bomba. La válvula Modelo 735-M, ya abierta, libera la columna de agua que retorna, eliminando así la subida de presión en la línea.

Al percibir la presión en la línea, la válvula modelo 735--55-M se cierra con suavidad y herméticamente en cuanto lo permite la función de alivio, evitando la onda de cierre. Esta válvula sirve también para aliviar la presión excesiva en el sistema.



### Controlador BR-735-UPS

Puesto que la válvula anticipadora de onda con control de solenoide Modelo 735-55-M permanece cerrada, salvo que se interrumpa el suministro eléctrico, se requeriría un solenoide normalmente abierto (N.A.) constantemente energizado; esto podría ser causa de problemas (recalentamiento, adherencia, acumulación de sales, etc.).

La solución alternativa que se recomienda es combinar un solenoide normalmente cerrado y desenergizado (NC), con una fuente de energía ininterrumpida (UPS).

El Controlador BR-735-UPS viene equipado con dos baterías recargables de litio y un temporizador calibrable para definir por cuánto tiempo la válvula permanecerá abierta. Como parte del panel de control de la bomba, el controlador energiza inmediatamente el solenoide N.C. para que la válvula se abra por el período predefinido, y luego lo desenergiza para que la válvula Modelo 735-55-M empiece a cerrarse.



## Especificaciones del sistema del piloto

### Materiales estándar:

#### Pilotos

Cuerpo: Acero inoxidable 316 o bronce

Elastómeros: Caucho sintético

Resortes (muelles): Acero galvanizado o acero inoxidable

#### Tubería y conectores:

Acero inoxidable 316 o cobre y latón

#### Accesorios:

Acero inoxidable 316, latón y elastómeros de caucho sintético

#### Rango de ajuste de los pilotos:

1 a 16 bar (15 a 230 psi) - estándar

2 a 30 bar (30 a 430 psi) - opcional

#### Notes:

- Velocidad máxima de flujo durante el alivio: 15 m/seg (50 pies/seg)
- Presión mín. de trabajo: 0,7 bar (10 psi)  
Si la presión es menor, consulte a la fábrica.



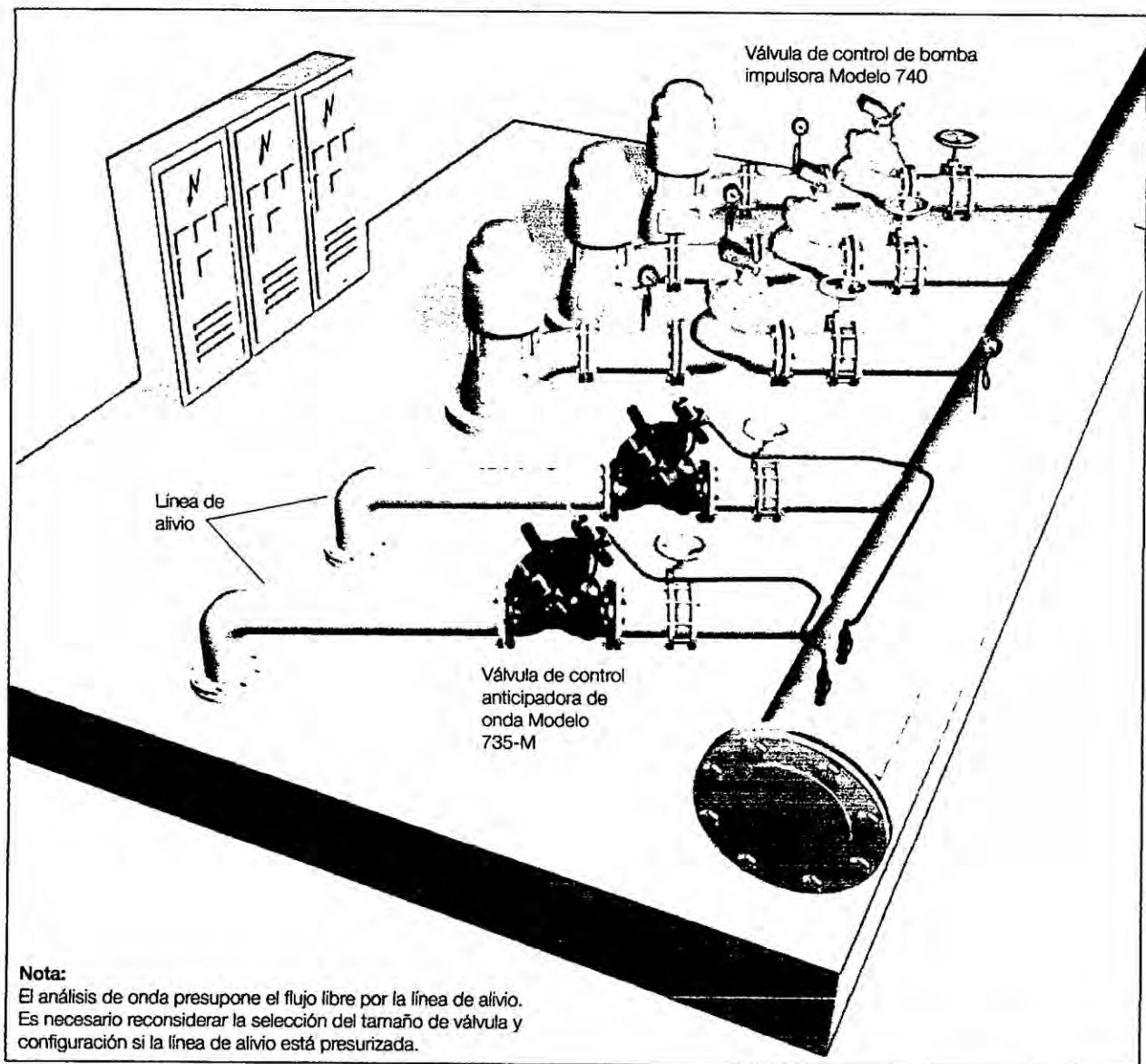


## Aplicaciones típicas

En este sistema, una batería de bombas abastece a la línea principal a través de un distribuidor.

La válvula Modelo 735-M:

- Elimina la onda de presión al interrumpirse el suministro eléctrico
- Permite conmutar entre bombas en funcionamiento sin ondas de presión
- Se cierra suavemente en función del ajuste del piloto



**Nota:**

El análisis de onda presupone el flujo libre por la línea de alivio.  
Es necesario reconsiderar la selección del tamaño de válvula y configuración si la línea de alivio está presurizada.



### Datos técnicos

**Diámetros:** DN40-900 ; 1 1/2-36"  
**Conexiones terminales (Presiones nominales):**  
**Norma:** ISO PN16, PN25 (ANSI Clase 150, 300)  
**Conexión:** BSP o NPT  
**Acabado:** Disponibles a pedido  
**Materiales de válvulas:** "Y" (globo) y angular, globo (DN600-900 ; 24"-36")  
**Temperatura de trabajo:** Agua hasta 80°C ; 180°F  
**Materiales estándar:**  
**Cuerpo y actuador:** Hierro dúctil  
**Acabados internos:** Acero inoxidable, bronce y acero revestido  
**Manija:** Caucho sintético Nylon reforzado  
**Manijas (selladuras):** Caucho sintético  
**Revestimiento:** Epoxy adherido por fusión (FBE) , aprobado por RAL 5005 (Azul) para agua potable o polvo electrostático de poliéster

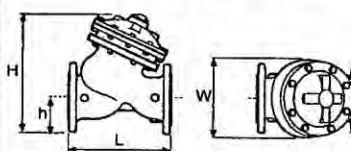
### Cálculo de presión diferencial

$$\Delta P = \left( \frac{Q}{Kv; Cv} \right)^2$$

**ΔP** = Presión diferencial para válvula completamente abierta (bar, psi)  
**Q** = Caudal (m³/h ; gpm)  
**Kv** = Sistema métrico decimal - coeficiente de caudal de la válvula (caudal en m³/h a 1 bar de presión diferencial con agua a 15°C)  
**Cv** = Sistema estadounidense - Coeficiente de caudal de la válvula (caudal en gpm a 1 psi de presión diferencial con agua a 60°F)  
**Cv = 1.155 Kv**

### Tabla de datos de caudales y dimensiones

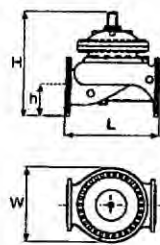
DN / Tamaño	40	1.5"	50	2"	65	2.5"	80	3"	100	4"	150	6"	200	8"	250	10"	300	12"	350	14"	400	16"	450	18"	500	20"	
<b>Clase 700ES</b>	Kv / Cv - Plano	54	62	57	66	60	69	65	75	145	167	395	456	610	705	905	1,045	1,520	1,756	-	-	2,250	2,599	-	-	4,070	4,701
	Kv / Cv - V-Port	48	53	48	56	51	59	55	64	123	142	338	388	519	599	769	888	1,292	1,492	-	-	1,913	2,209	-	-	3,460	3,996
<b>Clase 700EN</b>	Kv / Cv - "Y" Plano	42	49	50	58	55	64	115	133	200	230	460	530	815	940	1,250	1,440	1,850	2,140	1,990	2,300	3,310	3,820	3,430	3,960	3,550	4,100
	Kv / Cv - "Y" V-Port	36	41	43	49	47	54	98	113	170	200	391	450	693	800	1,063	1,230	1,573	1,820	1,692	1,950	2,814	3,250	2,916	3,370	3,018	3,490
<b>Clase 25</b>	L (mm / pulg.)	230	9.1	230	9.1	290	11.4	310	12.2	350	13.8	480	18.9	600	23.6	730	28.7	850	33.5	-	-	1,100	43.3	-	-	1,250	49.2
	W (mm / pulg.)	150	5.9	165	6.5	185	7.3	200	7.9	235	9.3	300	11.8	360	14.2	425	16.7	530	20.9	-	-	628	24.6	-	-	838	33
	h (mm / pulg.)	80	3.1	90	3.5	100	3.9	105	4.1	125	4.9	155	6.1	190	7.5	220	8.7	250	9.8	-	-	320	12.6	-	-	385	15.2
	H (mm / pulg.)	240	9.4	250	9.8	250	9.8	260	10.2	320	12.6	420	16.5	510	20.1	605	23.8	725	28.5	-	-	895	35.2	-	-	1,185	46.7
	Peso (Kg/lb)	10	22	10.8	23.8	13.2	29	15	33	26	57.2	55	121	95	209	148	326	255	561	-	-	437	960	-	-	1,061	2,334
<b>Clase 25</b>	L (mm / pulg.)	-	-	-	-	-	-	310	12.2	350	13.8	480	18.9	600	23.6	730	28.7	850	33.5	-	-	-	-	-	-	-	-
	W (mm / pulg.)	-	-	-	-	-	-	200	7.9	235	9.3	320	12.6	390	15.4	480	18.9	550	21.7	-	-	-	-	-	-	-	-
	h (mm / pulg.)	-	-	-	-	-	-	100	3.9	118	4.6	150	5.9	180	7.1	213	8.4	243	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	H (mm / pulg.)	-	-	-	-	-	-	305	12	369	14.5	500	19.7	592	23.3	733	28.9	841	33.1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Peso (Kg/lb)	-	-	-	-	-	-	21	46.2	31	68.2	70	154	115	253	198	436	337	741	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Clase 150</b>	L (mm / pulg.)	205	8.1	210	8.3	222	8.7	250	9.8	320	12.6	415	16.3	500	19.7	605	23.8	725	28.5	733	28.9	990	39	1,000	39.4	1,100	43.3
	W (mm / pulg.)	155	6.1	165	6.5	178	7	200	7.9	223	8.8	320	12.6	390	15.4	480	18.9	550	21.7	550	21.7	740	29.1	740	29.1	740	29.1
	h (mm / pulg.)	78	3.1	83	3.3	95	3.7	100	3.9	115	4.5	143	5.6	172	6.8	204	8	242	9.5	268	10.6	300	11.8	319	12.6	358	14.1
	H (mm / pulg.)	239	9.4	244	9.6	257	10.1	305	12	366	14.4	492	19.4	584	23	724	28.5	840	33.1	866	34.1	1,108	43.6	1,127	44.4	1,167	45.9
	Peso (Kg/lb)	9.1	20	10.6	23	13	29	22	49	37	82	75	165	125	276	217	478	370	816	381	840	846	1,865	945	2,083	962	2,121
<b>Clase 300</b>	L (mm / pulg.)	205	8.1	210	8.3	222	8.7	264	10.4	335	13.2	433	17	524	20.6	637	25.1	762	30	767	30.2	1,024	40.3	1,030	40.6	1,136	44.7
	W (mm / pulg.)	155	6.1	165	6.5	185	7.3	207	8.1	250	9.8	320	12.6	390	15.4	480	18.9	550	21.7	570	22.4	740	29.1	740	29.1	750	29.5
	h (mm / pulg.)	78	3.1	83	3.3	95	3.7	105	4.1	127	5	159	6.3	191	7.5	223	8.8	261	10.3	295	11.6	325	12.8	357	14.1	389	15.3
	H (mm / pulg.)	239	9.4	244	9.6	257	10.1	314	12.4	378	14.9	508	20	602	23.7	742	29.2	859	33.8	893	35.2	1,133	44.6	1,165	45.9	1,197	47.1
	Peso (Kg/lb)	10	22	12.2	27	15	33	25	55	43	95	85	187	146	322	245	540	410	904	434	957	900	1984	967	2,132	986	2,174
<b>Clase 150-300</b>	L (mm / pulg.)	155	6.1	155	6.1	212	8.3	250	9.8																		
	W (mm / pulg.)	122	4.8	122	4.8	122	4.8	163	6.4																		
	h (mm / pulg.)	40	1.6	40	1.6	48	1.9	56	2.2																		
	H (mm / pulg.)	201	7.9	202	8	209	8.2	264	10.4																		
	Peso (Kg/lb)	5.5	12	5.5	12	8	18	17	37																		
<b>Clase 300</b>	L (mm / pulg.)	-	-	121	4.8	140	5.5	159	6.3																		
	W (mm / pulg.)	-	-	122	4.8	122	4.8	163	6.4																		
	R (mm / pulg.)	-	-	40	1.6	48	1.9	55	2.2																		
	h (mm / pulg.)	-	-	83	3.3	102	4	115	4.5																		
	H (mm / pulg.)	-	-	225	8.9	242	9.5	294	11.6																		
	Peso (Kg/lb)	-	-	5.5	12	7	15	15	33																		



### Al hacer su pedido, tenga a bien indicar:

- Tamaño
  - Modelo principal
  - Características adicionales
  - Forma
  - Material del cuerpo
  - Conexión
  - Revestimiento
  - Voltaje y posición de válvula principal
  - Materiales de tuberías y conectores
  - Datos de funcionamiento (según el modelo)
  - Datos de presiones
  - Datos de caudales
  - Nivel del depósito (reservorio)
  - Parámetros de ajuste
- \* Utilice la Guía de pedidos para abastecimiento de agua de Bermad

DN / Tamaño	600	24"	700	28"	750	30"	800	32"	900	36"	
<b>Clase 150</b>	L (mm / pulg.)	1,450	57.1	1,650	65	1,750	68.9	1,850	72.8	1,850	72.8
	W (mm / pulg.)	1,250	49.2	1,250	49.2	1,250	49.2	1,250	49.2	1,250	49.2
	h (mm / pulg.)	470	18.5	490	19.3	520	20.5	553	21.8	600	23.6
	H (mm / pulg.)	1,965	77.4	1,985	78.1	2,015	79.3	2,048	80.6	2,095	82.5
	Peso (Kg/lb)	3,250	7,150	3,700	8,140	3,900	8,580	4,100	9,020	4,250	9,350
<b>Clase 300</b>	L (mm / pulg.)	1,500	59.1	1,650	65	1,750	68.9	1,850	72.8	1,850	72.8
	W (mm / pulg.)	1,250	49.2	1,250	49.2	1,250	49.2	1,250	49.2	1,250	49.2
	h (mm / pulg.)	470	18.5	490	19.3	520	20.5	553	21.8	600	23.6
	H (mm / pulg.)	1,965	77.4	1,985	78.1	2,015	79.3	2,048	80.6	2,095	82.5
	Peso (Kg/lb)	3,500	7,700	3,700	8,140	3,900	8,580	4,100	9,020	4,250	9,370



**Anexo 10**  
Planos 01 -15