

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO DE 30
HECTÁREAS DE CULTIVO DE MAÍZ EN LUNAHUANÁ**

INFORME DE SUFICIENCIA

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

CARLOS ALBERTO RIVAS LÉVANO

PROMOCIÓN 83-I

LIMA - PERU

2 013

Dedicado a mis Padres Pedro y María; Mis hermanos Clotilde, Roberto, César y Pedro. A mi Esposa Vilma e Hijas Stefany, Katherine y Annie que con su amor me inspiraron para culminar mi informe y sobre todo a Dios por iluminar mi camino en todo momento.

ÍNDICE

PRÓLOGO.....	1
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Objetivos	6
1.3 Alcance	6
1.4 Justificación	7
1.5 Descripción del trabajo	7
CAPÍTULO II: TRANSPORTE DE AGUA A TRAVÉS DE TUBERÍAS.....	9
2.1 Análisis del agua de río	9
2.1.1 Calidad del agua	9
2.1.2 Contaminación del agua	9
2.1.3 La calidad de un curso de agua	10
2.1.4 Evaluación de la calidad del agua	11
2.1.4.1 Selección de puntos para la toma de muestra.....	11
2.1.4.2 Aspectos ambientales.....	11
2.1.4.3 Aspectos del agua	12
2.1.4.4 Oxígeno disuelto	12
2.1.4.5 Nitrógeno amoniacal.....	13

2.1.4.6	El pH.....	13
2.1.4.7	Conductividad eléctrica.....	14
2.1.4.8	Temperatura del agua.....	14
2.1.4.9	Bacterias coliformes.....	15
2.2	Tuberías a utilizar.....	16
2.2.1	Tuberías de acero.....	16
2.2.2	Tuberías de PVC.....	17
2.2.3	Tuberías de polietileno.....	18
2.2.4	Tuberías de polietileno de alta densidad.....	19
2.3	Tipos de válvula.....	20
2.3.1	Válvula de compuerta.....	20
2.3.2	Válvula de globo.....	20
2.3.3	Válvula de retención.....	21
2.4	Accesorios.....	26
2.5	Tipos de bombas.....	26
2.5.1	Bombas centrífugas horizontales.....	26
2.5.1.1	Bombas monoblock.....	27
2.5.1.2	Bombas de silla.....	27
2.5.1.3	Bombas de caja partida horizontal.....	27
2.5.2	Bombas centrífugas verticales.....	28
2.5.3	Bombas sumergibles.....	28
2.6	Tipos de motores.....	29
2.6.1	Motores eléctricos.....	29
2.6.1.1	Motores Síncronos.....	29

2.6.1.2	Motores Asíncronos o de inducción.....	29
2.6.2	Motores de Combustión Interna.....	30
CAPITULO III: DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO.....		31
3.1	Estudio del suelo.....	31
3.2	Resultados del análisis de agua.....	31
3.3	Trazado de la línea de abastecimiento de agua.....	34
3.4	Cálculo del diámetro económico.....	35
3.5	Selección de tuberías, válvulas y accesorios	36
3.5.1	Tuberías.....	37
3.5.2	Válvulas y accesorios.....	37
3.5.3	Esquema de instalación: bomba, válvula y accesorios.....	38
3.5.4	Pérdida de carga en las líneas.....	38
3.5.4.1	Pérdidas en la línea de succión.....	39
3.5.4.2	Pérdidas en la línea de impulsión.....	41
3.5.4.3	Resistencia al golpe de ariete.....	42
3.5.4.4	Velocidad de propagación de la onda.....	43
3.5.4.5	Cálculo del tiempo de cierre.....	43
3.5.4.6	Cálculo de la carga por sobrepresión.....	44
3.6	Selección de bombas y motores.....	45
3.6.1	Potencia de consumo de la bomba.....	47
3.6.2	Potencia instalada del motor	47
3.6.3	Características técnicas del equipo de bombeo.....	48
3.6.4	Cavitación.....	48
3.6.4.1	Carga de Succión Neta Positiva Disponible.....	49
3.6.4.2	Carga de Succión Neta Positiva Requerida.....	49
3.6.5	Curvas del sistema y de la bomba.....	50

CAPITULO IV: SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES.....	54
4.1 Localización de las obras civiles.....	54
4.2 Características técnicas de los Reservorios.....	55
4.2.1 Bocatoma.....	55
4.2.1.1 Criterio para su ubicación.....	55
4.2.2. Reservorio de Captación y de Almacenamiento.....	58
CAPÍTULO V: DIMENSIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	59
5.1 Grados de protección de un Tablero Eléctrico.....	59
5.2. Funciones de un tablero.....	60
5.2.1 Seccionamiento.....	60
5.2.2 Interrupción.....	60
5.2.3 Protección contra cortocircuito.....	60
5.2.4 Protección contra sobrecargas.....	60
5.2.5 Conmutación.....	60
5.3 Dispositivos de protección en un Tablero Eléctrico.....	60
5.3.1 El Contactor.....	60
5.3.2 El Relé Térmico.....	63
5.3.3 Relé temporizador.....	66
5.3.4 Relé de electrodos.....	67
5.4 Tipo de arranque en los sistemas de bombeo.....	68
5.4.1 El arranque en estrella triángulo.....	70
5.5 Diseño del Tablero Eléctrico.....	72
CAPITULO VI: COSTOS.....	77
6.1 Resumen de Costos.....	77

6.2	Costos de Tuberías.....	78
6.3	Costos de las Válvulas y Accesorios.....	78
6.4	Costos de los equipos.....	78
6.5	Costos de las Obras Civiles.....	79
6.6	Costos del Tablero Eléctrico.....	79
6.7	Punto de Equilibrio.....	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		83
BIBLIOGRAFÍA.....		85
PLANOS		
APÉNDICE		

PROLOGO

El presente informe ha sido desarrollado con un conocimiento básico para realizar una Propuesta Técnica Económica que permita evaluar la factibilidad de construir un Sistema de Bombeo que pueda abastecer por lo menos de 50 l/s de agua procedente del río Cañete, a un terreno de cultivo de maíz de 30 hectáreas, por medio de la construcción de una Bocatoma, Reservorios de Captación y Almacenamiento, Canal de Conducción.

En este tema se informa acerca de las etapas que se siguen para realizar un proyecto con estas características y sobre todo sirve de guía para aquellas personas que tienen interés de optimizar su sistema de riego así como de implementar el cultivo de sus tierras hacia otros productos.

El Capítulo I describe los antecedentes generales que tiene dicho terreno, el objetivo que se persigue al regarlo con mayor caudal, el alcance y la justificación de realizar el presente informe.

En el Capítulo II se hace el estudio del agua del río, las características de su calidad, aspecto, cantidad de oxígeno presente, el pH, tipos de bacterias, etc. Así mismo, en este Capítulo se trata sobre los diferentes tipos de tuberías, válvulas, accesorios, bombas y motores eléctricos existentes en el mercado, que permiten al profesional elegir el equipo más eficiente y económico que cumplan con las normas y requerimientos del sistema propuesto.

En el Capítulo III se muestra el análisis del agua y del suelo, determinación de la línea de abastecimiento, cálculo del diámetro económico, selección del tipo de tubería, válvulas y accesorios con sus correspondientes pérdidas originadas por la presencia de la fricción, aplicación de cálculos mediante fórmulas para determinar

la cavitación, sobrepresión y tiempo de cierre de la válvula en la tubería de conducción, que permita que el sistema no falle en pleno funcionamiento y cumpla con el tiempo de vida útil para el cual fue diseñado. Al final del Capítulo concluimos con la selección de la bomba y del motor el cual trabajará el sistema en forma óptima y eficiente.

El Capítulo IV indica en forma breve acerca de las obras civiles que será ejecutada por la empresa constructora. Se indica la ubicación, características generales de la Bocatoma, Canal de Conducción y volumen de los Reservorios que sirven para la captación y almacenamiento del agua a transportar.

En el Capítulo V se detallan las características, diseño y desarrollo del control automatizado del sistema de bombeo mediante un Tablero Eléctrico y sus dispositivos, determinación del Tipo de Arranque del Motor Eléctrico, de manera que se evite el exceso de sobrecarga del motor que accionará la bomba y así se proteja al sistema en general tanto física y económicamente.

El Capítulo VI presenta los costos de los componentes involucrados en la Propuesta con sus correspondientes cotizaciones que la avalan mostrando gráficamente los porcentajes que representan cada componente al Costo Total, el cual permitirá tomar una adecuada decisión económico financiero en el momento de llevar a efecto el Proyecto, minimizando y optimizando los costos, sin alterar la calidad de los productos y que cumplan con las Normas y Especificaciones Técnicas. Además los cuadros y gráficos finales dan una información valiosa del costo beneficio del desarrollo del proyecto.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Ministerio de Agricultura – MINAG, los representantes regionales y los productores han coincidido en trabajar articuladamente para ampliar los cultivos de maíz, en mérito a su cada vez mejores cotizaciones de este grano en el mercado internacional, que está trayendo beneficios a los agricultores y al país.

Durante la campaña 2010 – 2011 el Ministerio de Agricultura (MINAG) informó que la proyección de siembra de maíz amarillo duro (MAD) fue de 319,264 hectáreas y cuya producción cubrió el 40 por ciento del mercado nacional; el resto fue cubierto por granos procedentes de Estados Unidos y Argentina (importación).

De acuerdo a las estadísticas de la Dirección General de Competitividad Agraria del MINAG, la producción nacional de MAD superó los 1.27 millones de toneladas métricas (TM), y las importaciones alcanzaron los 1.90 millones de toneladas.

Estas cifras indicaron que la necesidad del mercado interno durante ese periodo fue de 3.17 millones de TM y las principales regiones productoras de MAD en Perú fueron San Martín, Lambayeque, Lima, Ica, Piura, La Libertad y Ucayali.

En febrero 2012, la producción de MAD llegó a 117 mil 701 toneladas, volumen que significó un aumento de 10.9 % en relación al mismo mes del año 2011 en el que se alcanzaron 106 mil 166 toneladas.

El aumento se basó en mayores áreas cosechadas y mejores rendimientos, según fuente del (INEI).

En los últimos cuatro meses del año 2012 la Producción Agropecuaria refleja una recuperación. La producción agropecuaria acumulada a octubre registró un incremento de 4,4% con relación a similar periodo del año pasado, debido al crecimiento sostenido del subsector pecuario en 4,9% y al aumento de la producción del subsector agrícola en 4,0%

Cuadro 1.1. Productos Agropecuarios

Producción Agropecuaria Periodo Enero-Octubre (Miles de Toneladas)				
Principales Productos	2011	2012	(Var. Miles T)	Var (%)
Subsector Agrícola				
Papa	3 560	3 909	349	9.8
Arroz Cáscara	2 330	2 622	292	12.5
Aceituna	73	93	20	27.5
Uva	203	244	41	20.2
Plátano	1 630	1 762	132	8.1
Maíz Duro	1 010	1 103	93	9.2
Alfalfa	5 368	5 577	208	3.9
Caña de Azúcar	7 951	8 336	385	4.8
Palta	188	224	36	19.0
Mandarina	220	255	35	16.0
Maíz Amiláceo	254	277	23	8.9
Palma Aceitera	282	381	98	34.9
Ajo	45	43	-2	-4.2
Camote	238	218	-21	-8.6
Algodón Rama	120	113	-7	-5.7
Mango	322	137	-186	-57.6
Café	330	293	-38	-11.4
Subsector Pecuario				
Ave	1 087	1 182	94	8.7
Vacuno	294	299	5	1.7
Leche	1 475	1 1516	41	2.8
Porcino	128	131	3	2.1
Llama	8	8	0	-1.7
Huevo	265	260	-5	-1.9

Fuente: MINAG – OEEE 2 011 – 2 012

Cuadro 1.2. Producción Agropecuaria

Producción Agropecuario Periodo Enero - Octubre (Mil de toneladas)			
Principales Productos	2 011	2 012	Var.%
Agropecuario	17 998	18 791	4,4
Agrícola	10 761	11 196	4,0
Pecuario	7 238	7 595	4,9

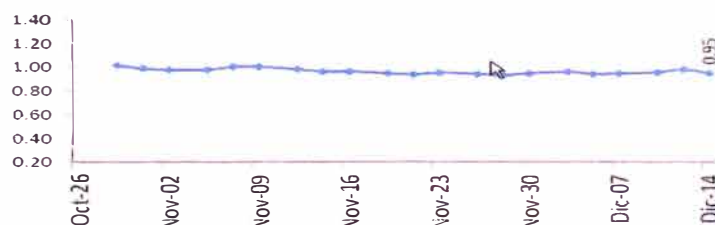
Fuente: MINAG-OEEE 2011 - 2012

Cuadro 1.3. Comportamiento de Precios del Maíz Duro

Viernes 14 de Diciembre del 2012

Precios (\$/ x Kg)	Descartes Lun-03	Descartes Mie-05	Descartes Vie-07	Descartes Lun-10	Descartes Mie-12	Descartes Vie-14
Lambayeque						
(f. Jishoquequi) f						
Precio Máximo	0.98	0.96	0.96	0.97	1.00	0.96
Precio Mínimo	0.94	0.92	0.93	0.94	0.96	0.93
 Mercados de Lima metropolitana						
Modo: Santa Anita (APAMSA) 2	1.15	1.14	1.11	1.11	1.10	1.10

Fuente: MINAG – OEEE 2012

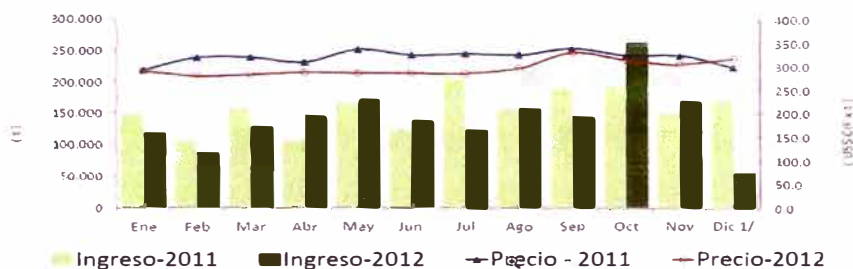
Cuadro 1.4. Comportamiento de Precios del Maíz S/. x Kg

Fuente: MINAG – OEEE 2012

Cuadro 1.5. Importaciones

	2 010		importaciones (t)			Precios CIF (US\$ x t) 2/		
	Import (t)	Precio CIF US\$/t	2 011	2 012	Var (%)	2 011	2 012	Var (%)
Ene	146.592	215.4	149.592	120.305	-19.6	290.9	288.6	-0.8
Feb	63.148	215.9	106.396	88.137	-17.2	317.1	278.0	-12.3
Mar	183.696	210.1	159.339	130.190	-18.3	318.3	281.6	-11.5
Abr	129.241	200.5	108.415	147.652	36.2	308.4	286.8	-7.0
May	172.022	198.6	168.166	174.548	3.8	335.6	285.4	-15.0
Jun	184.262	202.6	125.129	139.255	11.3	324.3	285.6	-11.9
Jul	142.515	207.1	206.785	126.892	-38.6	326.7	285.0	-12.8
Ago	99.059	217.6	159.825	160.115	0.2	325.3	297.0	-8.7
Set	225.655	225.8	190.568	147.080	-22.8	340.0	331.1	-2.6
Oct	162.028	249.5	193.518	264.058	36.5	325.8	316.0	-3.0
Nov 1/	280.541	279.6	152.335	171.793	12.77	324.5	305.9	-5.7
Dic	107.282	281.7	173.399	57.964	-66.57	298.3	316.6	6.1

Fuente: MINAG – OEEE 2011 – 2 012

Cuadro 1.6. Comportamiento Mensual de las importaciones

Fuente: MINAG – OEEE 2 011 – 2 012

1.2 Objetivo

El presente Informe de Suficiencia Profesional tiene como objetivo **Proponer el Abastecimiento de por lo menos 50 l/s de agua proveniente del río Cañete**, para el riego de 30 hectáreas de cultivo de maíz, mediante un sistema de bombeo.

1.3 Alcance

El terreno de 30 hectáreas, está localizado en el valle de Lunahuaná. La toma principal de agua, del canal que riega el terreno se encuentra muy distante y como consecuencia al terreno está llegando un caudal aproximado de 15 l/s, el cual es insuficiente para regar un cultivo de maíz de 30 hectáreas.

Para eliminar esta deficiencia de agua para el cultivo, en el presente Informe se presenta una Propuesta en la que se desarrolla un sistema de bombeo que permite la toma directa de agua del río Cañete a través de una Bocatoma para luego almacenarla en un Reservorio de Captación del cual se impulsará el agua mediante una bomba, que será llevada a través de un sistema de tuberías hacia un Reservorio de Almacenamiento situado a un cierto nivel de altura. Posteriormente el agua almacenada será distribuida al terreno de cultivo utilizando un método apropiado de riego que asegure el normal desarrollo y crecimiento del maíz.

La ejecución de las Obras civiles estará a cargo de la empresa MACHE CONSTRUCTORES S.A.C. y la supervisión a cargo del cliente.

1.4 Justificación

Se sabe que en los primeros meses, el maíz es muy sensible a la falta de agua en el sistema suelo y su desarrollo en las primeras etapas dependen de esto. Una deficiente preparación de suelo hace que las semillas (granos) queden sobre la superficie y no germinen, por eso es de suma importancia que al momento de la siembra el suelo donde se establezca el cultivo debe estar bien removido y con una buena micro nivelación para evitar problemas de drenaje debido a la necesidad de agua que se tiene, además que la máquina sembradora distribuya la semilla a una profundidad uniforme asegurando así un crecimiento parejo y una densidad uniforme sobre el área sembrada.

Los dueños del terreno conformados por la Sucesión Pedro E. Rivas Rodríguez, representados por el Dr. Roberto Rivas Lévano, concedores de la limitación y deficiencia de agua, que por mucho tiempo no ha permitido el cultivo del maíz en gran escala, me ha dado la facultad para que elabore una Propuesta Técnica Económica que permita obtener el Costo que representará el desarrollo y ejecución del Sistema de Bombeo.

1.1 Descripción del Trabajo

El presente informe está orientado a proponer un sistema de bombeo que permita abastecer de agua proveniente del río Cañete, a un terreno de 30 hectáreas para el cultivo de maíz.

Se ha establecido un plan que permite el desarrollo de la obra en forma técnica, eficiente, en un tiempo óptimo y que cuente con equipos y componentes de calidad que cumplan con las normas técnicas a un mínimo costo.

El plan establecido comprenderá lo siguiente:

1. Realizar previamente un análisis de agua del río y de suelo.
2. Determinar la localización de: la Bocatoma, los Reservorios de Captación y de Almacenamiento de agua, Canal de Conducción, Sistema de Tuberías, Electrobomba y del Tablero Eléctrico.

3. Desarrollar un Estudio Técnico Económico para determinar la factibilidad ejecución del Sistema de Bombeo. El estudio de las obras civiles será desarrollado por la empresa MACHE CONSTRUCTORES S.A.C.

4. Determinar los costos de los componentes del Sistema de Bombeo y estudio desarrollado.

5. Elaborar los planos.

CAPITULO II

TRANSPORTE DE AGUA A TRAVÉS DE TUBERÍAS

2.1 Análisis del agua de río

2.1.1 Calidad del agua

Cuando hablamos de calidad del agua, la idea que nos viene a la cabeza es que debe ser libre de impurezas al igual que el oro, la plata y el cobre. La palabra “**calidad**” cuando la aplicamos al agua, no **se refiere** a un estado de pureza química, si no a las características con que es encontrada en la naturaleza.

2.1.2 Contaminación del agua

Cuando nos encontramos ante un problema de contaminación, es fundamental definir los aspectos que estamos considerando. Existe entre las personas que trabajan con la sanidad el concepto de contaminación íntimamente ligado a la transmisión de enfermedades cuando los índice de coliformes, microorganismos, elementos químicos tóxicos, o potencialmente tóxicos, son contaminantes. Los elementos que perjudican la calidad estética del agua potable (los caracteres organolépticos: sabor, color, olor, aspecto) son considerados en un segundo plano.

Para un piscicultor, el sabor, el olor y los coliformes no constituyen factores negativos en lo que se refiere a la calidad del agua. De esa forma, ellos no son tomados en cuenta al considerar el índice de contaminación. Una coloración verde

intensa, que puede ser repugnante para quien bebe el agua, está casi siempre relacionado a un sabor fuerte que es producto de la existencia de plancton, que es deseable como alimento básico para los peces. El agua contaminada es, para ellos, la que posee poco oxígeno o sustancias tóxicas para los peces. La materia orgánica sólo es considerada nociva cuando disminuye el nivel de oxígeno disuelto.

Para el ecólogo, la contaminación es cualquier **alteración en la naturaleza física, química y biológica** que pueda producir la ruptura del ciclo biológico normal. Esta es la definición que se utiliza en los análisis ambientales y en los estudios de educación ambiental.

2.1.3 La calidad de un curso de agua

Todo curso de agua nace por medio del afloramiento del agua almacenada en depósitos subterráneos de regiones más altas. Las aguas de varios afloramientos se reúnen en un pequeño lecho, que después se reúnen en otros, corriendo sobre el sustrato en dirección a los terrenos más bajos. Los márgenes de los cursos de agua, generalmente, presentan una vegetación que encuentra allí acumulación de suelos y minerales de acarreo (nutrientes) que, junto con la abundancia de agua, facilitan el desenvolvimiento, desarrollo y dispersión de ellas.

Esta vegetación es de gran importancia ecológica para los cursos de agua en lo que se refiere a la protección de los lechos contra la erosión, el mantenimiento del microclima estable, la producción de alimentos y el amparo a los organismos acuáticos y terrestres. En esa condición natural el agua es normalmente limpia y no tiene muchos sedimentos, que son resultado de la erosión durante las lluvias. El agua presenta un color ligeramente amarillo por recibir hojas, gajos y otros residuos forestales en abundancia. Además de las propias algas que se desarrollan en el lugar, hay frutos, hojas y una gran cantidad de animales minúsculos (gusanos, crustáceos y larvas de insectos), que sirven de alimento para los peces.

Como se puede notar por esos indicios, la caracterización de la calidad del agua de un río puede, en su mayor parte, ser hecha por simple observación y el empleo de los sentidos del olfato y tacto (sensación térmica). Es claro que, para el reconocimiento de la ausencia de patógenos o de sustancias tóxicas, son necesarios algunos análisis de laboratorio.

2.1.4 Evaluación de la calidad del agua

2.1.4.1 Selección de puntos para la toma de muestra

Los puntos estratégicos para la toma de muestras, que tienen importancia en los proyectos de estudios son los siguientes:

- Naciente - curso medio - desembocadura.
- Antes y después de los afluentes.
- Antes y después de lugares de desagüe de residuos domésticos o industriales.
- Lugares donde no existe turbulencia.
- Lugares de afluencia y efluvio (emanación) de una planta de tratamientos de desperdicios.
- Locales de captación de un depósito de suministro.

2.1.4.2 Aspectos ambientales

- Cobertura vegetal: rastrera, arbórea, arbustiva, inexistente.
- Suelo: arenoso, arcilloso, márgenes sin barrancos, erosión.
- Fauna terrestre: existencia o vestigios de animales (huellas y excrementos).
- Uso del suelo: Agricultura, ganadería, casas, industrias.
- Residuos domésticos o industriales: acumulación de basura, tuberías de agua fecales.
- Clima: Verificar si cayó lluvia en las últimas 24 horas.

2.1.4.3 Aspectos del agua

Turbidez: el agua puede ser turbia cuando recibe una determinada cantidad de **partículas** que **permanecen** algún tiempo en **suspensión**. Esto puede ocurrir como consecuencia de la lluvia que arrastra partículas de tierra hacia el río o como resultado de actividades del hombre tales como, minería (extracción de arena) y desagüe de residuos industriales. La turbidez de un río o depósito de agua puede ser confirmado recogiendo muestras de agua en un vidrio transparente que, después de permanecer en reposo por algunos minutos, podrá presentar una determinada cantidad de material depositado en el fondo.

Color: un río puede tener una coloración amarillenta cuando atraviesa regiones de bosques, como ocurre con el río Negro en el Amazonas, o en virtud de residuos de curtiembres y fábricas de tejido.

Olor: Las aguas de los ríos normalmente no tienen olor. Cuando eso ocurre puede ser debido a la **presencia de ácido sulfhídrico** producto de la descomposición (olor a huevo podrido), o por la presencia de gran cantidad de algas (olor a insecticida o pasto).

Fauna y flora acuáticas: presencia de peces, plantas acuáticas, larvas de insectos (apuntar características tales como tamaño, abundancia, etc.). **Algas:** aspecto verdoso del agua.

Hidrología: corrientes, profundidad aparente.

Materiales flotantes: espuma, hojas y deposiciones.

2.1.4.4 Oxígeno disuelto

El oxígeno es una sustancia indispensable para supervivencia de los animales y de otros seres vivos tanto acuáticos como terrestres. Pero existe el problema de la baja solubilidad del oxígeno en el agua, que en el aire. **Un litro de agua**, a 20 °C expuesto al aire a presión normal y al nivel del mar, contendrá en solución **9,8 partes de oxígeno en un millón de partes del agua** (el aire tiene

cerca de 22 partes de oxígeno para 100 partes de aire). Esa cantidad aumenta cuando la temperatura es más baja o cuando la presión es más alta.

Los desperdicios orgánicos arrojados en los cuerpos de agua, son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno en la respiración. Así, cuanto mayor sea la carga de materia orgánica, mayor será el número de microorganismos que descomponen y consecuentemente, mayor el consumo de oxígeno. La muerte de los peces en los ríos contaminados, en muchos casos, se debe a la ausencia de oxígeno y no a la presencia de sustancias tóxicas.

2.1.4.5 Nitrógeno Amoniacal

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para la vida, pero es muy escaso en el agua. Sus fuentes principales son el aire (asimilado por algunas algas), y materia orgánica en descomposición (hojas y aguas fecales). El nitrógeno que proviene de la descomposición de vegetales, animales y excrementos pasa por una serie de transformaciones. En el caso de los vegetales y animales, el nitrógeno se encuentra en forma orgánica. Al llegar al agua, es rápidamente transformado en nitrógeno amoniacal, pasando después a nitritos y finalmente a nitratos que es la forma más oxidada que se encuentra el nitrógeno en el agua. Los nitritos pasan rápidamente a la sangre y se fijan a la hemoglobina impidiendo la oxigenación de los tejidos. Esta enfermedad, metahemoglobinemia perjudica principalmente a niños. Los iones nitrito pueden formar compuestos nitrogenados en el organismo, que, en un porcentaje elevado, hay indicios de que sean cancerígenos. Esas dos últimas transformaciones solamente ocurren en las aguas que contenga bastante oxígeno disuelto, pues son efectuadas por bacterias de naturaleza aerobia llamadas nitro bacterias. De esa forma, cuando encontramos mucho nitrógeno amoniacal en el agua, estamos en presencia de materiales orgánicos en descomposición y por lo tanto en un medio pobre en oxígeno.

2.1.4.6 El pH

El término pH (Índice de Ion Hidrógeno) es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica. Es la forma de medir la concentración de iones de hidrógeno en la solución. La escala de pH contiene una serie de números que varían de 0 a 14, esos valores **miden el grado de acidez o**

basicidad de una solución. Los valores **inferiores a 7** y próximos a cero indican **aumento de acidez**, los que son **mayores de 7** y próximos a 14 indican **aumento de la basicidad**, mientras que cuando el valor es **7 indica neutralidad**.

Las medidas de pH son de extrema utilidad, porque nos provee mucha información con respecto a la calidad de agua. Las aguas superficiales tienen pH entre 4 y 9. Algunas veces son ligeramente alcalinas por causa de la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Es claro que, en estos casos, el pH refleja el tipo de suelo por donde el agua corre. En lagunas con muchas algas, en los días de sol, el pH puede aumentar mucho, llegando a 9 o más. Eso se debe a las algas, que al realizar la fotosíntesis, sacan mucho dióxido de carbono, que es la principal fuente natural de acidez del agua. Generalmente **un pH muy ácido o muy alcalino** está relacionado a la **presencia de desechos industriales**.

2.1.4.7 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es **la capacidad que tiene el agua de conducir la corriente eléctrica**. Este parámetro tiene relación con la existencia de iones disueltos en el agua, que son partículas con cargas eléctricas. Cuanto mayor sea la concentración de iones disueltos, mayor será la conductividad eléctrica del agua. En las aguas continentales, los iones que son directamente responsables de los valores de la conductividad son, entre otros, el calcio, el magnesio, el potasio, el sodio, los carbonatos, los sulfatos y los Cloratos.

El parámetro de conductividad eléctrica no indica, específicamente, cuales son los iones presentes en una determinada muestra de agua, pero puede ayudar a detectar posibles impactos ambientales que ocurran en la cuenca de desagüe debido a la descarga de desperdicios industriales, minería, aguas fecales, etc.

2.1.4.8 Temperatura del agua

La temperatura es una variable muy importante en el medio acuático, pues **influye en el metabolismo de las especies**, como productividad primaria, respiración de los organismos y descomposición de la materia orgánica. Cuando tenemos altas temperaturas se produce una proliferación de fitoplancton y por

consiguiente, intensa absorción de nutrientes disueltos. En caso de disminución de la temperatura se produce el efecto contrario.

Los organismos tienen comportamiento diferente con relación a la temperatura. De esa forma, pueden ser perjudicados por la contaminación térmica, causada por los residuos volcados en el agua a temperaturas elevadas. Sus efectos son directos, coagulando las proteínas que constituyen la materia prima, o indirectamente, aumentando la toxicidad de algunas sustancias y disminuyendo la tasa de oxígeno disuelto.

Los valores de la temperatura deben ser medidos en el propio lugar de obtención de las muestras. **Nunca mida** la temperatura en la **propia fuente de agua** (río, laguna, etc.), pues si el termómetro **se rompe** liberará mercurio, que es un elemento tóxico y puede ocasionar problemas graves.

2.1.4.9 Bacterias coliformes

En los cuerpos de agua habitan, normalmente, muchos tipos de bacterias, las cuales son importantes, porque se alimentan de materia orgánica, y por consiguiente son las principales responsables por el proceso de autodepuración.

Cuando los cuerpos de agua reciben aguas fecales, pasan a poseer otros tipos de bacterias que pueden ser causantes de enfermedades en las personas. Un grupo importante son las bacterias coliformes.

Las bacterias del grupo coliformes no son, normalmente, patógenas, pero están presentes en grandes cantidades en el intestino de los seres humanos y en consecuencia en la materia fecal. Se calcula que un ser humano adulto elimina de 50 a 400 billones de esas bacterias en cada evacuación. Su existencia permite detectar heces en el agua en concentraciones extremadamente diluidas, que son difíciles de detectar por los métodos químicos normales. La existencia de estas bacterias en el agua nos indica que recibió excrementos o aguas fecales.

Los excrementos de las personas enfermas llevan al agua o al suelo, los microbios que causan enfermedades. Luego, si el agua recibe excrementos, ella puede, también, estar recibiendo microbios patógenos. Por esa razón la existencia

de coliformes en el agua nos indica la existencia de excrementos y por lo tanto es posible que contenga microbios patógenos.

2.2 Tuberías a utilizar

2.2.1 Tuberías de acero

Los aceros son aleaciones de hierro - carbono, aptas para ser deformadas en frío y en caliente. Generalmente, el porcentaje de carbono no excede del 1.76%. Las tuberías de acero tienen un gran uso industrial debido a su alta resistencia en la contención de fluidos, presión y dureza.

En este grupo de tuberías se incluye:

A. Tuberías de acero al carbono

La Tubería de acero al carbón se usa en muchas aplicaciones industriales manejando fluidos abrasivos y corrosivos. También es utilizada en la construcción, en los ductos de agua dentro de las viviendas para conducción de agua y gas.

Se suministra dos tipos básicos de tubería de acero al carbón, con diferentes características:

A.1 Tuberías de acero al carbono con costura

- Terminado: Negra o Galvanizada.
Extremos: Biselados o Roscados.
Diámetros: Desde ¼" hasta 54"
Tipo de costura: Recta o Longitudinal y Helicoidal o espiral.
(La helicoidal usualmente se maneja en diámetros arriba de 24").
- Espesores: Cedula 40, estándar, 80 y XS. Usualmente el cedula estándar es equivalente a 3/8" de espesor, así como el XS es a ½".
Cedula: para un mismo diámetro el calibre o espesor varía
- La costura: La costura se refiere al soldado que recibe la placa al ser rolada para dar forma a la tubería. Es una especie de cicatriz que el tubo tiene debido al proceso de Soldadura por Resistencia Eléctrica - ERW.
Normas: ASTM A36, A53, API-5L (ASTM: American Society for Testing and Materials: A36: Acero con una resistencia de 36 000 psi)

A.2 Tuberías de acero al carbono sin costura

- Terminado: Negra.
- Extremos: Biselados o Lisos.

Diámetros: 1/4"- 24"

Longitud: Irregular en todas sus medidas. Siempre habrá diferencias entre lo que se solicita contra lo que se entrega.

Espesores: Cedula 40, estándar, 80 y XS los más comunes.

Sin Costura: Esta tubería no tiene un proceso de soldado. Por sus características se considera que tiene mayor resistencia que la tubería con costura, sin embargo esto es solo en algunas aplicaciones.

Normas: ASTM-A-53, A-106, API-5L, A333, A335.

B. Tuberías de acero inoxidable

La Tubería de acero inoxidable es utilizada en procesos donde los fluidos corrosivos tienen condiciones que la tubería de acero al carbón no soporta. También se utiliza en **procesos alimenticios o farmacéuticos**. Se suministra diámetros desde 1/4" hasta 72" en sus diferentes tipos y cedulas.

Para este tipo de tubería se tiene 2 tipos básicos de tubería de acero inoxidable de uso industrial:

B.1 Tuberías de acero inoxidable con costura

Aleación o tipo de inoxidable más comunes: 304 y 316. Cada uno puede manejar su grado adicional L.

Extremos: Lisos.

Longitud: 6.10 metros de largo por tramo.

Espesores: Los espesores más comunes son el cedula 10 y 40.

Normas: ASTM A312 (Especificación para tuberías de acero inoxidable sin costura soldada y acabada en frío).

B.2 Tuberías de acero inoxidable sin costura

Aleaciones o tipos de inoxidable más comunes: 304 y 316. Cada uno puede manejar su grado adicional L.

Extremos: Lisos.

Longitud: Irregular en todas sus medidas.

2.2.2 Tuberías de PVC

Dentro de los sistemas de conducción, en el mercado existen tuberías fabricadas con gran diversidad de materiales, que dependiendo de las condiciones

de operación se comportan de manera satisfactoria. La tubería de Poli Cloruro de Vinilo (PVC) ofrece, entre otras características, las siguientes ventajas:

- Ligereza.- **El peso de un tubo de PVC es aproximadamente la 5^{ta} parte de un tubo de asbesto cemento o uno de acero**, de iguales dimensiones.
- Hermeticidad.- Los diferentes tipos de unión que se usan en la tubería hidráulica garantizan una completa hermeticidad del sistema.
- A toxicidad.- El PVC no aporta ningún elemento al agua.
- Facilidad de instalación.- Por su ligereza y facilidad de unión no se requiere maquinaria sofisticada para su instalación, además se tiene un avance de obra mayor por los tramos de 6 metros en que se fabrica el tubo.
- Menor rugosidad.- Para las mismas condiciones de diámetro, longitud y caudal, el PVC tiene menores pérdidas de carga ya que su coeficiente de Manning es de 0.09, de Hazen Williams de 150 y su rugosidad absoluta es de 0.0015 mm.
- Flexibilidad de la tubería.- La tubería de PVC presenta flexibilidad tanto longitudinalmente como de forma vertical transversalmente.

2.2.3 Tuberías de polietileno

En el ámbito actual de la ingeniería, el manejo de las aguas pluviales es una cuestión que siempre estará presente. **Primero:** las normas ambientales permiten solamente un cierto nivel de contaminantes presentes en las descargas pluviales. **Segundo:** la continua urbanización de la tierra incrementa dramáticamente el escurrimiento superficial. Este incremento en el escurrimiento puede causar problemas en áreas donde se requiere que los mantos acuíferos se estén recargando continuamente para mantener un suministro estable de agua.

En este caso, los sistemas de retención de agua pluvial, retienen el agua en una determinada área hasta que el suelo pueda absorberla.

Los niveles de escurrimiento durante una tormenta, que excedan lo máximo permitido deben ser retenidos y liberados a través de una tubería de descarga a un flujo controlado hasta que la tormenta termine. Estos sistemas de retención de agua pluvial son comunes en la práctica del manejo de aguas pluviales.

Los sistemas de retención y detención de agua pluvial están presentes en la industria ya sea como estanques o como tubería subterránea.

Un sistema desarrollado en material de polietileno ofrece una cantidad importante de ventajas sobre los sistemas convencionales:

- * Pérdidas de carga por fricción son mínimas.
- * No es atacada en ninguna forma por la corrosión.
- * Ausencia de sedimentos e incrustaciones en su interior.
- * Flexibilidad.
- * Elasticidad.
- * No mantiene deformaciones permanentes.
- * Peso reducido.
- * Longitudes mayores, lo cual reduce el número de uniones (menor costo) y reduce las posibilidades de fallas humanas en la instalación.
- * Fácil de transportar.
- * Larga vida útil.
- * Menor costo de adquisición e instalación.
- * Resistente a movimientos sísmicos.
- * Resistencia mecánica y ductilidad o deformación.
- * Resistente a bacterias y químicos.
- * El polietileno tiene también entre sus ventajas de ser un producto reciclable, esto significa que puede ser utilizado para fabricar estibas plásticas, sillas ornamentales, macetas plásticas, etc.

2.2.4 Tuberías de polietileno de alta densidad

Al considerar el diseño de tuberías, generalmente los tubos se dividen en dos categorías, rígidos y flexibles. Los tubos rígidos se definen como aquellos que no aceptan deflexión sin que se presente una falla estructural. Los tubos flexibles son definidos como aquellos que se **deflectan por lo menos un 2%** sin que se presente una falla estructural. Tubos de concreto, barro y de hierro son ejemplos de tubos rígidos. Tubos de acero, aluminio y de plástico son considerados flexibles. Dentro de los tubos flexibles, los de metal y PVC se consideran elásticos, mientras que los tubos de Polietileno se consideran visco elástico o visco plástico en la que la deformación depende del tiempo..

2.3 Tipos de válvula

2.3.1 Válvulas de compuerta

Sirve para abrir o levantar una compuerta o cuchilla, para permitir el libre paso de un fluido. Si giramos la llave de la válvula, la compuerta se eleva o baja en forma vertical y se aparta de la trayectoria del flujo. Cuando está abierta por completo, hay muy poca obstrucción en el camino del flujo que ocasione turbulencia en la corriente.

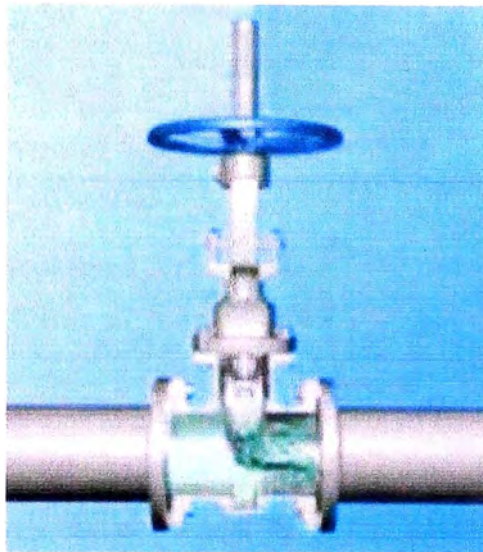


Figura 2.1. Válvula de Compuerta

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=d3O7zgLEHE4>

Este tipo de válvula es uno de los mejores para limitar la pérdida de energía.

Sea K el factor de Resistencia y su fórmula es:

$$K = f_T (L_e/D) = 8l_r \dots\dots\dots (2.1)$$

En una instalación dada, la válvula de Compuerta abierta por completo sólo pierde el 2.4% ($8/340 \times 100\%$) de la energía que pierde una válvula de globo. El costo más alto de la válvula por lo general se justifica con el ahorro de energía durante el ciclo de vida del sistema. Si se cierra en forma parcial, al llevar la válvula de compuerta hasta cierto punto de la corriente, la compuerta estrangularía el flujo.

2.3.2 Válvula de globo

Al girar la llave en la válvula de Globo, se logra hacer que el dispositivo sellador se eleve o se aleje del fondo en forma vertical. Esta es una de las válvulas

más comunes, es relativamente barata y es una de las de peor rendimiento en relación a la energía que se pierde.

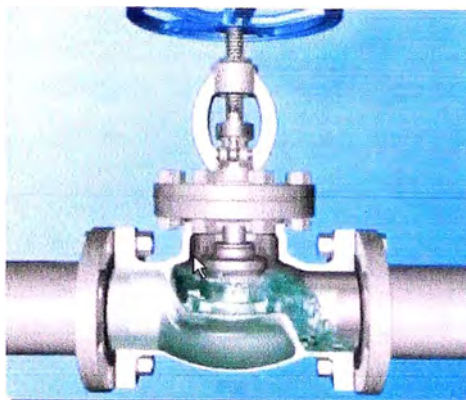


Figura 2.2. Válvula de Globo

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=bOGY8hDJfKA>

Sea ***K*** el factor e ***Resistencia*** cuya fórmula es:

$$K = f_T(L_e/D) = 340/r \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Se encuentra entre los más elevados de los que aparecen en la lista de valores. Debe emplearse donde no exista un problema real que provoque la pérdida de energía. Dicha pérdida ocurre porque el fluido debe seguir una trayectoria compleja desde la entrada a la salida, pues primero se mueve hacia arriba, luego hacia abajo alrededor del fondo de la válvula y después gira de nuevo hacia la salida. Se crea mucha turbulencia.

Si se emplea una válvula de globo en un sistema comercial de tubería en la que no fuera necesaria la estrangulación, habría un desperdicio grande de energía. En este caso debemos considerar válvulas más eficientes con valores menores de L_e/D .

2.3.3 Válvulas de retención

Las válvulas de retención son también conocidas como válvulas Check, válvulas de contra flujo, válvulas de no retorno, entre otros nombres.

Funcionamiento

Las válvulas de retención tienen la función de permitir el flujo en un solo sentido y su aplicación principal es en la línea de descarga de bombas. Su función es

prevenir que el flujo bombeado regrese una vez que la bomba se detiene. También evitan que el flujo de retorno provoque un giro inverso de las bombas, lo cual puede en algunos casos dañar los equipos de bombeo.

Las válvulas que contienen resortes o mecanismos internos susceptibles a interceptar sólidos no pueden utilizarse en aplicaciones de aguas residuales y su uso se limita a proyectos de agua potable o aguas crudas (pozos).

Clases de válvulas de retención

A. Válvula de Retención de Columpio, VRC (Swing Check Valve)

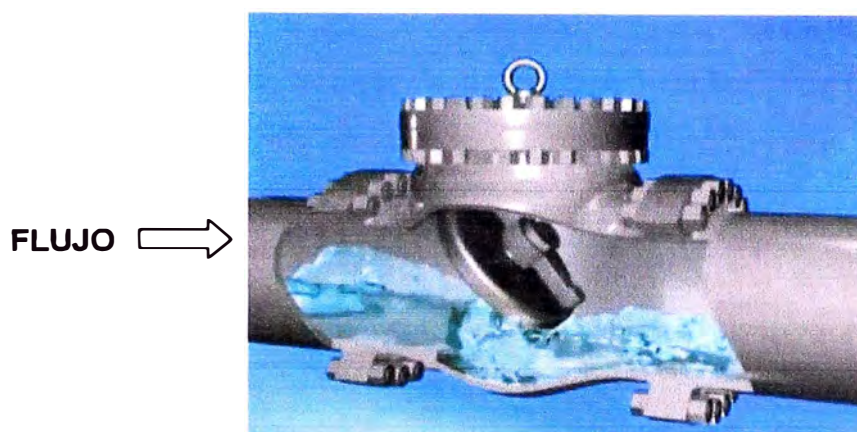


Figura 2.3. Válvula de Retención (Swing Check Valve)

Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=aOOdWRg98n4>

Características Principales

- Es la válvula de retención básica y primera la que existió.
- El disco abre 90° en su posición totalmente abierta por lo tanto tiene un desplazamiento muy largo (principalmente en diámetros grandes).
- Para disminuir la caída de presión y compensar la obstrucción que causa el disco, el cuerpo de la válvula es ensanchado (aspecto de bola) para proporcionar al menos la misma área libre de flujo de la tubería.
- Debido a su cierre lento, algunos fabricantes le han adicionado accesorios que aceleran su cierre como es el caso de palancas, contrapesos y resortes.
- No es recomendable para aplicaciones de diámetros grandes (digamos mayores de 12" o mayores),

- Potencialmente es la válvula Check con mayor potencial de presentar problemas de golpe de ariete.

B. Válvula de Retención de Columpio de Hule Inclinado, VRCH (Rubber Flapper Swing Check)

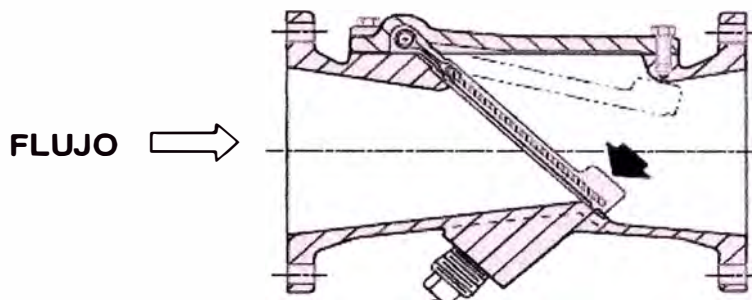


Figura 2.4. Válvula de retención de hule inclinado VRCH

Fuente: <http://procesosbio.wikispaces.com/Válvulas>

Características Principales

- El disco descansa a 45° y abre solo 35° hasta su posición totalmente abierta. El desplazamiento del disco es más corto que el de la válvula de columpio tradicional y por lo tanto su cierre es más rápido.
- Esta válvula presenta una buena combinación entre caída de presión moderada y bajo potencial de presentar problemas de golpe de ariete.
- Es especial para aplicaciones de aguas residuales o con sólidos.
- Esta válvula es prácticamente libre de mantenimiento.

C. Válvula de Retención de Doble Disco o Doble Puerta, VRDD (Dual Disc Check Valve)

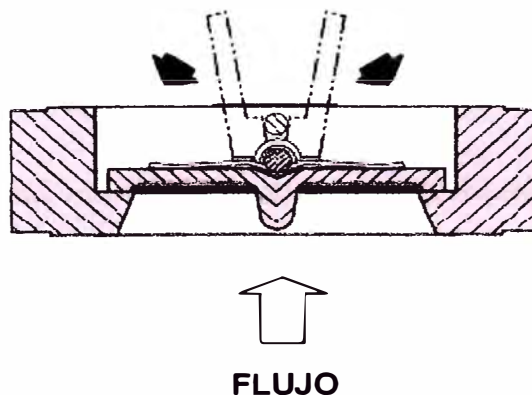


Figura 2.5. Válvula de retención de doble disco VRDD

Fuente: <http://procesosbio.wikispaces.com/Válvulas>

Características Principales

- El disco esta partido en dos mitades y sujetas a un poste intermedio mediante un resorte de torsión. Al dividir el disco en dos partes, se reduce el peso del disco y la distancia de desplazamiento para cerrar.
- Estas válvulas son más susceptibles de requerir mantenimiento debido principalmente al desgaste o vencimiento del resorte de torsión.
- Sólo puede utilizarse en aplicaciones de agua potable o agua cruda.

D. Válvula de Retención de Disco Oblicuo, VRDO (Tilted Disc Check Valve)

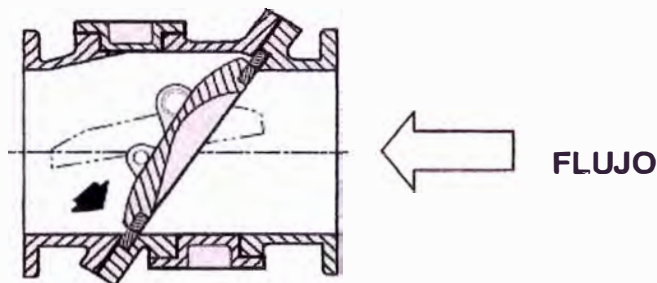


Figura 2.6. Válvula de Retención de Disco Oblicuo VRDO

Fuente: <http://procesosbio.wikispaces.com/Válvulas>

Características Principales

- Es una válvula de columpio pero con pivote excéntrico. El 30% del disco está por arriba del pivote y el 70% por debajo. Cuando el disco abre, el 30% del disco por arriba del pivote auxilia en la apertura del disco (efecto sube y baja), lo cual disminuye la caída de presión.
- El disco cierra en un ángulo de 55° y su posición 100% abierta es de 15° , por lo que su desplazamiento es de solo 40° , lo cual disminuye el tiempo de cerrado.
- Esta válvula solo puede utilizarse en aplicaciones de agua potable o agua cruda.
- Esta válvula presenta una muy baja caída de presión y bajo potencial de generar golpe de ariete.

E. Válvula de Retención Tipo Silenciosa, VRS (Silent Check Valve)

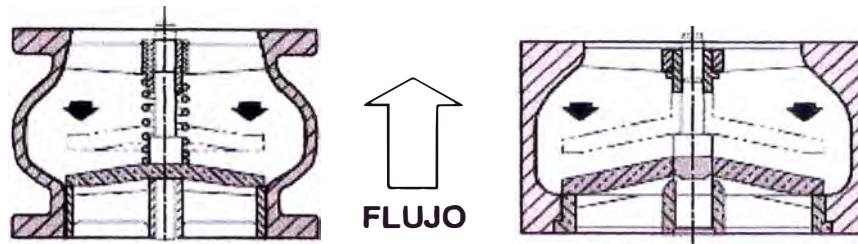


Figura 2.7. Válvula de Retención Tipo Silenciosa VRS

Fuente: <http://procesosbio.wikispaces.com/Válvulas>

Características Principales

- Se le conoce como silenciosa debido a que no produce golpe de ariete por su alta velocidad de cierre entre $1/20$ y $1/10$ de segundo.
- Disponible en cuerpo compacto tipo oblea o globo (bridado). La válvula de cuerpo compacto es más ligera y económica pero no puede ser ensanchada, lo cual disminuye el área libre de flujo y aumenta la caída de presión.
- Esta válvula se utiliza en aplicaciones de agua potable o agua cruda.

F. Válvula de Retención Tipo Tobera, VRT (Nozzle Check Valve)



Figura 2.8. Válvula de Retención Tipo Tobera VRT

Fuente: <http://procesosbio.wikispaces.com/Válvulas>

Características Principales

- Es un diseño de válvula similar a la silenciosa pero con un cono difusor hidrodinámico que disminuye la turbulencia del flujo y la caída de presión. Los conos difusores obligan a un cuerpo más alargado y costoso.

- En diámetros mayores el disco es reemplazado por un anillo, lo cual disminuye el peso del disco y acelera el tiempo de cierre. El tiempo de cierre es igual o superior al de la válvula silenciosa.
- Esta válvula solo puede utilizarse en aplicaciones de agua potable o agua cruda.
- Esta válvula presenta una muy baja caída de presión y el más bajo potencial de generar golpe de ariete. Su costo es el mayor de todas las válvulas de retención.

2.4 Accesorios

Son accesorios mecánicos que permiten la conexión entre tuberías con bombas, válvulas. Tenemos los codos, bridas, tees, coples, conectores, etc. Estos son fabricados en materiales de acero, hierro fundido, plástico. Se conectan por soldadura, conexión bridada, conexión roscada a presión (en caso de plásticos).

2.5 Tipos de bombas

Las bombas más frecuentemente usadas en el abastecimiento de agua son las bombas centrífugas horizontales, verticales, y las bombas sumergibles. El proyectista de acuerdo a las características del proyecto, tendrá que seleccionar el tipo de bomba más adecuada a las necesidades del mismo.

2.5.1 Bombas centrífugas horizontales

Son equipos que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Tienen la ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo que permite ubicarlas en lugares ventilados, secos, protegidos de inundaciones y de fácil acceso, etc. Este tipo de bomba se debe emplear en cisternas, fuentes superficiales y embalses.

Por su facilidad de operación y mantenimiento es apropiado para el medio rural. Su bajo costo de operación y mantenimiento es una ventaja adicional. De acuerdo a la posición del eje de la bomba con respecto al nivel del agua en la cisterna de bombeo, se puede clasificar en bombas de succión positiva y bombas de succión negativa. ***Si el nivel o superficie del líquido está sobre el eje de la Bomba, la Succión es Positiva;*** y si el ***nivel del líquido está por debajo del eje central de la Bomba, la Succión es Negativa.*** La mayor desventaja que presentan estas bombas es la limitación en la carga de succión, ya que el valor

máximo teórico que alcanza es la presión atmosférica del lugar (10,33 m. a la altura del mar); sin embargo, cuando la altura de succión es de 7 metros la bomba ya empieza a mostrar deficiencias de funcionamiento. De acuerdo a las variantes constructivas, estos equipos se pueden clasificar en los siguientes:

2.5.1.1 Bombas monobloc

Son equipos sencillos que forman un **conjunto compacto con su electromotor**. Tienen una caja compacta integral, en tamaños pequeños, y/o partida verticalmente en gran tamaño. La succión es axial y la descarga tangencial. Los modelos pequeños tienen conexión de succión y descarga roscada y los modelos más grandes, a bridas. Tienen dos impulsores cerrados que pueden trabajar en serie o en paralelo. Estas bombas son adecuadas para pequeñas instalaciones, cuya potencia no sea mayor a 10 HP.

2.5.1.2 Bombas de silla

Son equipos algo más complicados por que tienen cuatro partes distintas:

- a. La carcasa de la bomba, sujeta en voladizo a un soporte especial o silla, que a su vez sirve de soporte al eje de la bomba.
- b. Un motor eléctrico.
- c. Una base metálica común.
- d. Un acoplamiento elástico para los ejes.

Estas bombas también tienen dos impulsores, que pueden ser iguales o diferentes y trabajar en serie o en paralelo.

2.5.1.3 Bombas de caja partida horizontal

En estos equipos la caja de la bomba está dividida en dos partes según un plano horizontal que pasa por el eje de la misma. Generalmente son construidas de tamaño grande. Pueden tener dos o más impulsores, pero por lo general tienen solo uno de gran tamaño y de doble entrada, lo que obliga a bifurcar tanto la conexión de la succión como la descarga. Este tipo de bombas es adecuado para emplearlas en medias y grandes casetas de bombeo.

2.5.2 Bombas centrífugas verticales

Son equipos que tienen el eje transmisión de la bomba en forma vertical sobre el cual se apoya un determinado número de impulsores que elevan el agua por etapas. Deben ubicarse directamente sobre el punto de captación, por lo cual su uso se limita a pozos profundos.

Estas bombas se construyen de **diámetros pequeños**, a fin de poder introducirlas en las perforaciones de los pozos, los cuales exigen diámetros pequeños por razones de costo.

Los motores eléctricos para montaje vertical y, sobretodo, los especiales llamados de eje hueco, son los más utilizados para accionar este tipo de bombas.

La ventaja principal de estos equipos es su versatilidad y su capacidad para trabajar **en un amplio rango de velocidades**. Entre sus desventajas están lo ruidosas que son y la estricta verticalidad que exige a los pozos para su instalación.

Los **costos de instalación** de este tipo de bombas **son menores** a los demandados por la instalación **de una bomba de eje horizontal**; sin embargo, la operación y mantenimiento exigen cuidado especial y mayores costos.

2.5.3 Bombas sumergibles

Son equipos que tienen la bomba y motor acoplados en forma compacta, de modo que ambos funcionan sumergidos en el punto de captación. Se emplean casi exclusivamente en pozos muy profundos, donde tienen ventajas frente al uso de bombas de eje vertical.

Estas bombas tienen la **desventaja** de poseer **eficiencia relativamente bajas**, por lo cual, aún cuando su costo puede ser relativamente bajo, el **costo de operación es elevado** por su alto consumo de energía.

Otra desventaja es que al estar el motor y la bomba sumergidos, no existe forma de llegar a ellos cuando están instalados, en otras palabras la unidad no es susceptible de recibir mantenimiento sin paralizar el bombeo.

2.6 Tipo de motores

Estos motores utilizan la corriente eléctrica como fuente exterior de energía. Los más empleados en abastecimiento de agua son los de velocidad constante o los que tienen velocidad prácticamente constante. Es decir, se puede considerar únicamente los dos tipos siguientes:

2.6.1 Motores eléctricos

Los motores eléctricos por su principio sencillo y construcción robusta, no exigen grandes requisitos de mantenimiento, evitando costosas interrupciones en el servicio que prestan y los gastos consiguientes de reparación, si se tiene el cuidado de emplearlas correctamente, sobre todo en lo que se refiere las siguientes características de placa: potencia, corriente, tensión, frecuencia, velocidad, número de fases, temperatura, lubricación y condición del medio ambiente donde opera.

Estos tipos de motores son de menor costo comparado con los motores de combustión. Son de sencilla construcción, fáciles de utilizar para mover las bombas centrífugas, y su **costo de mantenimiento es prácticamente despreciable**.

2.6.1.1 Motores síncronos

Motor síncrono de velocidad rigurosamente constante, dependiente del número de polos y del ciclaje o frecuencia de la línea de alimentación.

Los motores sincrónicos pueden resultar más económicos para accionamientos de **gran potencia y baja velocidad**. En todo caso, la eficiencia del motor sincrónico es ligeramente mayor que el motor de inducción. Las desventajas de estos motores están en que requieren una operación más cuidadosa y **no soportan bien las caídas de tensión**.

2.6.1.2 Motores asíncronos o de inducción

Motor de inducción, es decir, asíncrono con velocidad dependiente del valor de la carga.

Los motores de inducción con rotor bobinado, particularmente los de tipo de rotor en jaula o cortocircuito, ya sea común o de alto par de arranque,

constituyen en la actualidad las máquinas motrices más empleadas en la industria. Las ventajas de estos motores están en su simplicidad, fiabilidad y economía.

El fenómeno de deslizamiento disminuye la velocidad de giro aproximadamente en 2 - 6%. Los valores más de la velocidad de giro de los motores eléctricos de inducción.

2.6.2 Motores de combustión interna

La potencia se desarrolla al quemar el combustible dentro de los cilindros del motor. Se pueden emplear los motores diesel o de encendido por bujías, alimentados por gas natural o propano. En algunos casos se han instalado motores a gasolina, pero su uso no es recomendable por los problemas derivados del almacenamiento del combustible.

Estos equipos tienen una **velocidad de giro menor que los motores eléctricos**, generalmente se encuentran entre 1700 a 2400 rpm.

El empleo de estos motores es recomendable para el accionamiento de bombas en lugares muy apartados en donde no se dispone de suministro eléctrico o este es muy poco fiable.

CAPITULO III

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO

3.1 Estudio del suelo

Se han realizado las pruebas del suelo correspondiente a la toma de muestra de tierra obtenida en el área seleccionada para la construcción del Reservorio de Captación, cuyos resultados se encuentran en el Apéndice II.

3.2 Resultados del análisis de agua

El análisis de agua fue tomado del río Cañete por la Autoridad Sanitaria DIGESA. El río Cañete nace en el nevado de Azulcocha, hasta descender a las estribaciones andinas de Zúñiga, Pacarán y Lunahuaná, donde el valle se amplía hasta la ciudad de Cañete. La Ley General de Aguas faculta a la Autoridad Sanitaria, DIGESA, la vigilancia de los recursos hídricos. En este sentido, se han establecido 15 estaciones (Ver cuadro 3.1) a lo largo del río Cañete y sus tributarios desde el río Tinco hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. La Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Lima y la Red de Salud Cañete - Yauyos son las entidades encargadas de las tomas de muestras y DIGESA de los análisis en sus laboratorios.

En la cuenca alta existe explotación de plomo, cobre y zinc. En esta zona se ubican las empresas mineras: Los Quenuales S.A. – Unidad, Minera Yauricocha y Compañía Minera San Valentín S.A. En las cuencas media y baja las aguas

residuales domésticas generadas por las poblaciones son lanzadas sin tratamiento al cuerpo receptor.

Cuadro 3.1. Estaciones de monitoreo

Estación	Descripción
E-01	Río Tinco, 100 m antes de unión con la quebrada Chumpe.
E-1A	Quebrada Chumpe, 100 m antes de unión con río Tinco.
E-02	Río Tinco, 100 m después de unión con la quebrada Chumpe.
E-03	Río Siria, a la altura del poblado Huancachi.
E-04	Río Tomas, 80 m antes de unión con el río Siria.
E-05	Río Cañete, altura del estadio Alis.
E-06	Río Cañete, puente Acomachay, cruce Tinco - Alis.
E-07	Río Cañete, 100 m después de la unión con el río Alis.
E-08	Río Laraos, altura de Km 160.
E-09	Río Cañete, Km 130 - localidad Magdalena.
E-10	Río Cañete, altura Puesto de Salud Catahuasi.
E-11	Río Cañete, puente San Jerónimo.
E-12	Río Cañete, altura del puente Pacarán.
E-13	Río Cañete, altura del puente Socsy.
E-14	Río Cañete, desembocadura al mar, puente Clarita.

Fuente: DIGESA - 2011

Clasificación:

De la evaluación de actividades desarrolladas en la cuenca, de sus características ambientales y según mandato de la Resolución Directoral N° 1152/2005/DIGESA/SA del 03 de agosto de 2005 que aprueba la clasificación de los recursos hídricos ubicados en el territorio de la República del Perú, las aguas del río Cañete y sus afluentes se definen de:

Clase III: Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales.

Monitoreo Mensual

No se evalúa E-1A (quebrada Chumpe) por no ser cuerpo receptor. Los resultados de los monitoreos del río Cañete nos indican que la demanda bioquímica de oxígeno, cadmio, cobre, cromo, plomo, zinc, coliformes totales y coliformes termotolerantes. En todas las estaciones de monitoreo las concentraciones de DBO5, Cd, Cu, Cr, Pb, Zn, C. tot.(Coliformes totales y C. term. (Coliformes

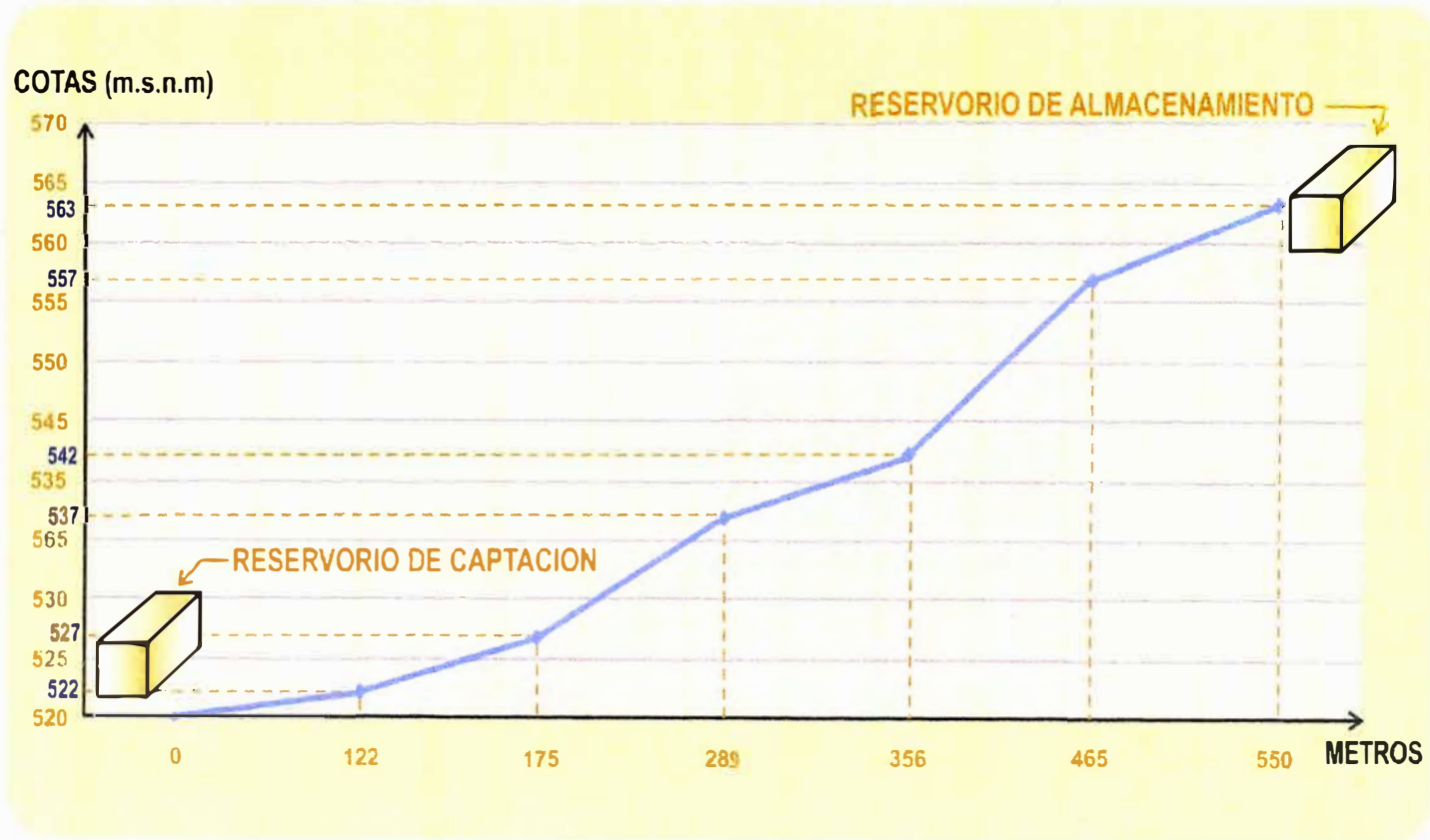
termotolerantes) están por debajo de los valores límite de la Ley General de Aguas - Clase III, cumpliendo con esta norma sanitaria (Ver Apéndice V).

Las aguas del río Cañete tienen contenidos de calcio y magnesio altos, por lo que se puede tipificar a estas aguas como duras; además, según el índice de Ryznar estas aguas son de tipo incrustante y esto es precisamente porque tienen dureza carbonatada y de cloruros, preferentemente.

En general, la calidad de las aguas del río Cañete, según se muestra los resultados en las Tablas presentes en el Apéndice V, es mejor en la cuenca baja (zona de valle) que en la cuenca alta, debido a que la actividad minera está incidiendo en desmedro de la calidad estableciendo serias limitaciones para su uso en la actividad piscícola y poblacional.

Con excepción de las sustancias tóxicas presentes en el agua, las aguas del río Cañete son en general de buena calidad y sirven para todos los usos.

Gráfico 3.1. LINEA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA



Fuente: Elaboración Propia

3.4 Cálculo del diámetro económico

En el cálculo de las dimensiones del Reservoirio de Captación hay que conocer la cantidad de agua que necesita el maíz para su desarrollo, por hectárea.

Según estudios realizados por la Universidad San Luis Gonzaga de Ica e INDECI, el terreno agrícola de Lunahuaná se encuentra localizado en depósitos aluviales que están constituidos por **gravas, arenas, limo arcilloso y cantos**. El conocimiento de los componentes del terreno es importante para la determinación de la película de agua que necesita el cultivo de maíz, por hectárea.

En el apéndice II se indica los valores de la película de agua para el maíz de acuerdo a su evolución, el número de riego, aplicados en el valle de Ica.

En el presente Informe se ha tomado promediando un tamaño de película de 18 cm. que equivale a 180 m³ de agua por hectárea que necesita el maíz; además se considera un intervalo de riego cada 3 días o 2 veces por semana, según la evolución y desarrollo de la planta (Ver Apéndice II).

Para optimizar el tiempo de riego y para poder regar las 30 hectáreas cada 3 días, diseñamos el Reservoirio a 360 m³, (al doble de la capacidad) para que en 1 hora se riegue 2 hectáreas a la vez, consiguiendo regar 10 Hectáreas en 10 horas y a 2 horas/hectárea, empleando 2 horas adicionales para el llenado del Reservoirio.

Se puede ver en el Plano 4 el sistema de distribución de riego para las 30 hectáreas.

Por lo tanto en Volumen del Reservoirio a diseñar será de:

Total: 360m³ de agua

Las medidas interiores del Reservoirio podrán ser:

Longitud L = 12.50m Ancho A = 10m Altura H = 2.88m

$$Volumen V = 12.50 \times 10 \times 2.88 = 360m^3$$

El Reservorio de Captación tendrá todo el tiempo agua porque se tomará agua directamente del río mediante la Bocatoma y el Canal de Conducción.

Las medidas interiores del Reservorio de Almacenamiento será de iguales dimensiones que el Reservorio de Captación:

Longitud $L = 12.50\text{m}$ Ancho $A = 10.00\text{m}$ Altura $H = 2.88\text{m}$

$$\text{Volumen } V = 12.50 \times 10 \times 2.88 = 360\text{m}^3$$

El cálculo del Diámetro Económico en la tubería de impulsión lo efectuamos mediante la ecuación de Bresse:

$$D = 0.587 N^{0.25} \sqrt{Q_b} \dots\dots\dots (3.1)$$

D = Diámetro Económico en metros

N = Número de horas de bombeo: 12 H/día

Q_b = Caudal de bombeo: $50 \frac{\text{Lt}}{\text{seg}} = 0.050 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$

$$D = 0.587 \times 12^{0.25} \sqrt{0.050}$$

$$D = 0.244\text{m}$$

Elegimos un diámetro comercial de 250mm.

Diámetro Nominal: $D = 250 \text{ mm}$ (10")

Espesor: $e = 11.9 \text{ mm}$

Diámetro Interior: $D_i = 226.2 \text{ mm}$

3.5 Selección de tuberías, válvulas y accesorios

En la selección de las tuberías, válvulas, accesorios y equipo de bombeo, vamos a tomar en consideración su vida útil aproximada:

Cuadro 3.2. Vida Útil de los materiales

MATERIAL	VIDA ÚTIL (APROXIMADA)
Tubería PVC	Más de 30 años
Válvulas	Depende del uso y del mantenimiento
Equipos de bombeo	10 años o menos

Fuente: Manual de Tuberías Tuboplast

3.5.1 Tuberías

La tubería para el diámetro hallado es de cloruro de polivinilo (PVC). Se ha seleccionado esta clase de tubería porque es más económico, más liviano, fácil de instalar, durable y no se corroe. Este tipo de tubería tiene ciertas desventajas como la de ser muy frágil y no poder dejarlo a la intemperie, porque se vuelve quebradizo. La tubería **PVC** se fabrica **según la Norma Técnica Peruana NTP ISO 1452-2-2011 Tipo 100 P.V.C. rígido CL.10 UF-KM (150 Lbs.)**. La longitud de la Tubería es de **6 metros** y se emplea para abastecimiento de agua, drenaje y alcantarillado, enterrado o aéreo con presión. La tubería de PVC tendrá una Unión Flexible con Sello Elastomérico.

3.5.2 Válvulas y accesorios

Las válvulas y accesorios seleccionados para el sistema de bombeo:

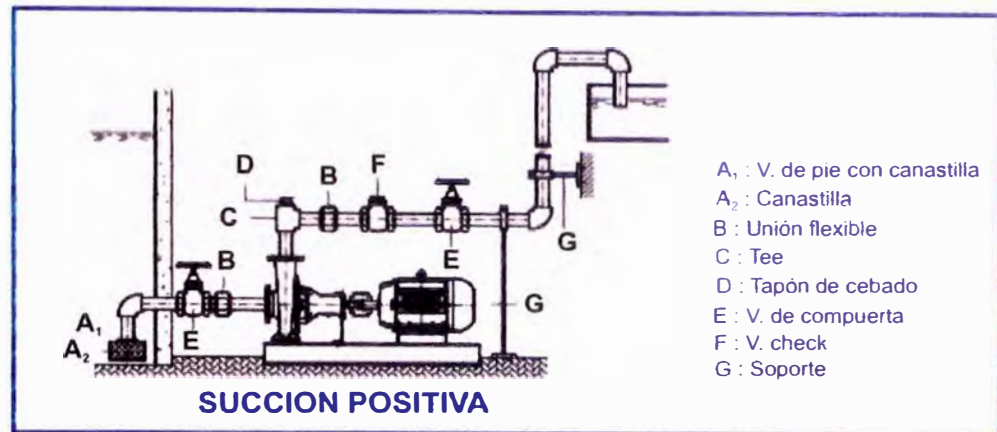
Cuadro 3.3 Válvulas y Accesorios - Línea de Succión e Impulsión

VÁLVULAS/ACCESORIOS	SUCCIÓN	IMPULSIÓN
1 Válvula de compuerta	X	X
1 Válvula de pie	X	
1 Válvula Check		x
1 Codos de 90°	X	X
1 Canastilla	X	
1 Unión Flexible	X	X
1 Canastilla	X	
1 Tapón de Cebado		X
1 Tee		X

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3 Esquema de instalación de la bomba, válvula y accesorios

Figura 3.2. Esquema de Instalación del Sistema de Bombeo



Fuente: Manual Hidrostat

3.5.4 Pérdida de carga en las líneas

Para determinar la altura de pérdidas en la succión como en la impulsión se halla la velocidad media del agua sobre la sección transversal de la tubería:

De la fórmula del caudal: $Q = V \times A$ (3.2)

Se despeja la velocidad media: $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$

V = Velocidad media del agua sobre la sección transversal del tubo (m/s)

Di = Diámetro interior del tubo de PVC de Tablas de Tuboplast.

Longitud de cada tubo: 6.00 m

Longitud total del tramo: 550 m

Diámetro interior: Di = 226mm

Diámetro exterior: De = 250mm

Caudal: Q = 0.050 m³/s

$$V = \frac{4 \times 0.050}{\pi \times 0.226^2}$$

Velocidad media: $V = 1.25m/s$

3.5.4.1 Pérdidas en la línea de succión

A. Pérdidas Locales

Longitud del Tramo (L): 2 m.

Diámetro de la tubería (Di): 226 mm

Tabla 3.1. Valores del coeficiente K - Línea de Succión

Válvulas – Accesorios	Cantidad	K	Total
Válvula de pie	01	0.15	0.15
Codo 90°	01	0.80	0.80
Entrada con bordes cuadrados	01	0.50	0.50
Sumatoria de K:			1.45
Velocidad en el tramo:			1.25

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando la ecuación de **Borde Belanger** las pérdidas locales en la succión es:

$$Hl_s = \frac{Kv^2}{2g} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$Hl_s = \frac{1.45 \times 1.25^2}{2 \times 9.81}$$

$$Hl_s = 0.1155m$$

B. Pérdidas por Fricción

Las pérdidas por fricción están dadas por la ecuación de **Darcy-Weisbach** que es una de las más exactas para cálculos hidráulicos, donde **f** es el coeficiente de fricción.

El coeficiente de fricción f es función del número de Reynolds (Re) y del coeficiente de rugosidad o rugosidad relativa de las paredes de la tubería (ϵ_r):

$$f = f(Re, \epsilon_r); \quad Re = D * v * \rho / \mu; \quad \epsilon_r = \epsilon / D$$

➤ Cálculo del Número de Reynol N_R

$$N_R = \frac{V * D_i}{\nu} \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

D_i = Diámetro interno de la tubería (0.226m)

V = Velocidad media (1.25 m/s)

ν = Viscosidad Cinemática ($1.02 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

ϵ = Rugosidad de la tubería P.V.C. (3.0×10^{-7})

$$N_R = 2.8 \times 10^5$$

Por tanto se trata de un flujo turbulento

➤ Cálculo de la relación D/ϵ

$$D/\epsilon = 0.226 / 3.0 \times 10^{-7} = 7.53 \times 10^5$$

En el Diagrama de Moody determinamos el Factor de Fricción $f = 0.0145$

$$Hf_s = f \frac{LV^2}{D_i \times 2g} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

$$Hf_s = 0.0145 \frac{2 \times 1.25^2}{0.226 \times 2 \times 9.81}$$

$$Hf_s = 0.0102 \text{ m}$$

Luego la pérdida total, carga local y por succión es:

$$Ht_s = Hl_s + Hf_s$$

$$Ht_s = 0.1155 + 0.0102$$

La pérdida total de succión es: $Ht_s = 0.1257 \text{ m}$

3.5.4.2 Pérdidas en la línea de impulsión

A. Pérdidas Locales

Longitud del Tramo (L) 550 m.

Diámetro de la tubería (Di) 226 mm

Tabla 3.2 Valores del Coeficiente de Fricción K
en la línea de impulsión.

Válvulas – Accesorios	Cantidad	K	Total
Válvula de Verificación	01	0.15	0.15
Codo 90°	02	0.80	1.60
Válvula de Compuerta	01	0.15	0.15
Sumatoria de K:			1.90
Velocidad en el tramo <i>m/seg</i>			1.25

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando la ecuación de **Borde Belanger** las pérdidas locales en la impulsión es:

$$Hl_i = \frac{KV^2}{2g} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$Hl_i = \frac{1.90 \times 1.25^2}{2 \times 9.81}$$

$$Hl_i = 0.1513 \text{ m}$$

B. Pérdidas por Fricción

Las pérdidas por fricción están dadas por la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$Hf_i = f \frac{LV^2}{D_i 2g} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$Hf_i = 0.0145 \frac{550 \times 1.25^2}{0.226 \times 2 \times 9.81}$$

$$Hf_i = 2.8102 \text{ m}$$

La pérdida total de carga local y por succión es:

$$H_{t_i} = H_{l_i} + H_{f_i}$$

$$H_{t_i} = 0.1513 + 2.8102$$

La pérdida total de impulsión es:

$$H_{t_i} = 2.9615m$$

Las pérdidas totales en el sistema son:

$$H_t = H_s + H_i$$

$$H_t = (H_{l_s} + H_{f_s}) + (H_{l_i} + H_{f_i})$$

$$H_t = (0.1155 + 0.0102) + (0.1513 + 2.8102)$$

$$\text{Altura Total de Pérdidas } H_t = 3.09 m$$

3.5.4.3 Determinación de la resistencia al golpe de ariete

La determinación de la resistencia en la tubería al golpe de ariete debido a la sobrepresión aplicamos las ecuaciones de Allievi-Michaud tomando en consideración los siguientes parámetros:

Cuadro 3.4. Parámetros del Sistema de Conducción

Constante de la gravedad (g)	9.81 m/seg ²
Densidad del agua a 20 °C (ρ)	998 kg/m ³
Diámetro interior del tubo (Di)	226 mm
Diferencia de niveles entre el punto más bajo (altura de impulsión) y el punto más alto de llegada del agua al Reservorio (ΔH)	43 m
Espesor de la tubería (e)	11.9 mm
Longitud de la tubería (L)	550 m
Modulo de elasticidad del PVC (E)	3.0 x 10 ⁹ N/m ²
Modulo del agua (ε)	2.0 x 10 ⁹ N/m ²
Resistencia máxima a la presión de agua	10 bar
Velocidad del agua en la tubería (V)	1.25 m/s

Fuente: Elaboración Propia

Previamente es necesario hacer el cálculo de la velocidad de propagación de la onda.

3.5.4.4 Cálculo de la velocidad de propagación de la onda

Para el cálculo de la Velocidad de Propagación de la onda usamos la siguiente expresión:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{\rho \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{1}{\varepsilon \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)} + \frac{\text{Di (m)}}{e(\text{m}) \times E \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)} \right)}} \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{998 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{1}{2 \times 10^9 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)} + \frac{0.226 \text{ (m)}}{0.0119(\text{m}) \times 3 \times 10^9 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)} \right)}}$$

La Velocidad de Propagación es: $\alpha = 383 \text{ m/s}$

3.5.4.5 Cálculo del tiempo de cierre

Para el cálculo del Tiempo de Cierre usamos la expresión empírica de Mendiluce indicada en la tabla 3.3

Tabla 3.3. Valores de K vs la Longitud de la Línea

L	K
L < 500	2
L ≈ 500	1.75
500 < L < 1500	1.5
L ≈ 1500	1.25
L > 1500	1

Fuente: http://www.ucm.es/area/ing_rural/Trans_hidr/Tema10.PDF

$$T = 1 + \frac{K \times L \times V}{g \times \Delta H} \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

El coeficiente K = 1.5 para 500 < L < 1500 m

$$T = 1 + \frac{1.5 \times 550 \times 1.25}{9.81 \times 43}$$

$$T = 3.44 \text{ s}$$

Para $L < \alpha \frac{T}{2}$

Usamos la ecuación de Michaud para evaluar la altura por Golpe de Ariete:

$$\alpha \frac{T}{2} = 383 \times \frac{3.44}{2}$$

$$\alpha \frac{T}{2} = 658.76 \text{ m}$$

$$\text{Luego } 550 \text{ m} < 658.76 \text{ m}$$

Analizamos el tiempo de cierre T_c de la válvula, en el caso más crítico, ocurre cuando el cierre es instantáneo y no gradual, ya que de esta manera se generará mayor presión.

$$T_c = \frac{2L}{\alpha} \dots\dots\dots (3.10)$$

Luego el tiempo de cierre es: $T_c = \frac{2 \times 550}{383} = 2.87 \text{ seg.}$

3.5.4.6 Cálculo de la carga por sobrepresión

Calculamos la Carga por Sobrepresión H_t con la ecuación de Michaud:

$$H_t = \frac{2LV}{gT_c} \dots\dots\dots (3.11)$$

La carga por Sobrepresión es:

$$H_t = \frac{2 \times 550 \times 1.25}{9.81 \times 2.87} = 48.84 \text{ m}$$

A esta altura de sobrepresión hallada le adicionamos la altura dinámica de bombeo H_D , que es la altura para el cálculo de potencia de la bomba donde:

$$H_D = 48.47 \text{ m.}$$

Entonces la presión en el punto más bajo de la tubería será:

$$H_{DTmax} = 48.84 + 48.47 = 97.31 \text{ m}$$

Convertimos la altura máxima hallada en unidades de presión:

$$P_{max} = \rho x g x h_{max} \quad \dots\dots\dots (3.12)$$

$$P_{max} = 998 \frac{Kg}{m^3} x 9.81 \frac{m}{seg^2} x 97.31 m$$

$$P_{max} = 9.53 \text{ bar} = 140.05 \text{ lbs}$$

El valor hallado comprueba que la tubería seleccionada cumple con las exigencias establecidas y el valor comercial superior más cercano es de **150 lbs**.

En la marca **TUBOPLAST**, la tubería que se ha escogido es **PN (Clase 10)** que es la que soporta **150 lbs**. de presión de agua y que cumple con las condiciones de trabajo.

3.6 Selección de bombas y motores

Para seleccionar la bomba hidráulica y el motor eléctrico se calcula la Altura Dinámica Hd de bombeo para el que se necesita conocer los siguientes parámetros:

a. Determinación de la Altura Geométrica Hg

Aplicando la ecuación de Bernoulli desde la salida de la bomba (punto S) y el nivel de aguas en el Reservorio R1 (punto D).

$$E_S = E_D \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

$$\frac{v^2_S}{2g} + \frac{P_S}{\gamma_{H_2O}} + Z_S = \frac{v^2_D}{2g} + \frac{P_D}{\gamma_{H_2O}} + Z_D \quad \dots\dots\dots (3.14)$$

$$E_S = \frac{v^2_D}{2g} + \frac{P_D}{\gamma_{H_2O}} + Z_D$$

- Velocidad en el punto D : $v_D = 0$
- Presión en el punto D : $P_D = 0$
- Nivel de agua en R₂ – Nivel de agua en R₁ = Z_D

$$Z_D = 563 - 520 \quad : \quad Z_D = 43 \text{ m}$$

$$: \quad E_S = 0 + 0 + 43$$

- Energía de succión : $E_S = 43 \text{ m}$

$$\text{Como } H_g = E_S \quad \therefore \quad H_g = 43 \text{ m}$$

➤ Altura de succión : $H_S = 2.38 \text{ m}$

➤ Altura de impulsión : $H_i = H_g + H_S$

$$H_i = 43 + 2.38$$

$$H_i = 45.38 \text{ m}$$

b. Determinación de la Altura Dinámica Hd

La Altura Dinámica o Altura de Bombeo la determinamos haciendo un balance de energía entre los puntos A y D:

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{P_A}{\gamma_{H_2O}} + (Z_A - H_S) + H_B = \frac{v_D^2}{2g} + \frac{P_D}{\gamma_{H_2O}} + Z_D + \sum h_T \dots\dots\dots(3.15)$$

$$V_A = 0 \quad P_A = 0 \quad V_D = 0 \quad P_D = 0$$

Las Pérdidas Totales: $\sum h_T = 3.09 \text{ m}$

$$H_B = \left(\frac{v_D^2}{2g} + \frac{P_D}{\gamma_{H_2O}} + Z_D + \sum h_T \right) - \left(\frac{v_A^2}{2g} + \frac{P_A}{\gamma_{H_2O}} + Z_A - H_S \right)$$

$$H_B = (0 + 0 + Z_D + \sum h_T) - (0 + 0 + Z_A - H_S)$$

$$H_B = (Z_D - Z_A + H_S + \sum h_T)$$

$$H_B = (43 + 2.38 + 3.09)$$

Altura de Bombeo = Altura Dinámica $H_B = H_D = 48.47 \text{ m}$

ESQUEMA DE PERDIDAS Y ALTURA DINAMICA

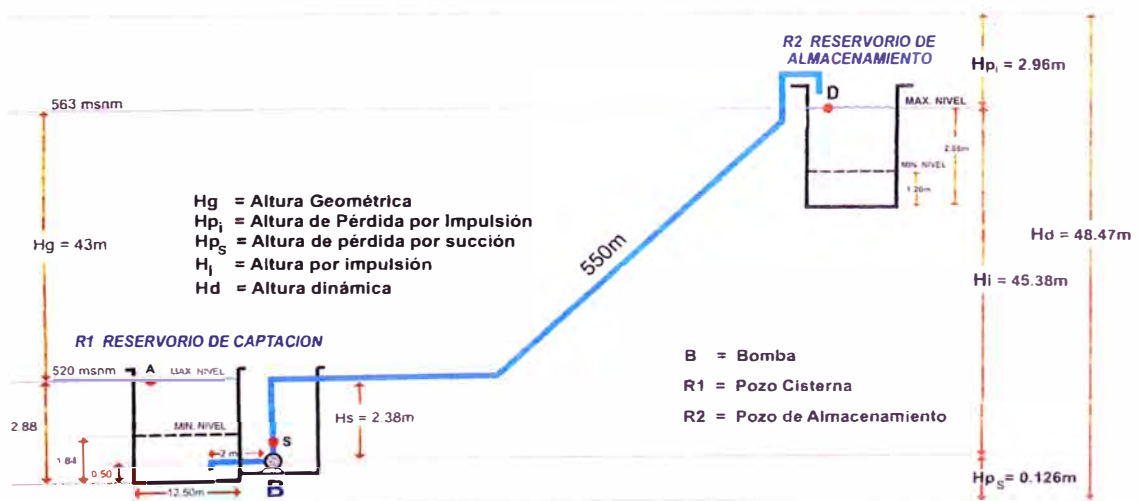


Figura 3.3. Esquema de Pérdidas y Altura Dinámica

Fuente: Propia

3.6.1 Potencia de consumo de la bomba

La energía que la bomba entrega al agua o lo que es lo mismo, la Potencia de Consumo P_C está determinada por la ecuación:

$$P_C = \frac{\gamma_{H_2O} \times Q \times H_b}{76 n_b} \dots\dots\dots (3.16)$$

$$H_b = \text{Altura Dinámica} \quad : \quad 48.47 \text{ m}$$

$$Q_b = \text{Caudal de bombeo} \quad : \quad 50 \frac{\text{Lt}}{\text{seg}} = 0.050 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$n_b = \text{Eficiencia de la bomba} \quad : \quad 63\%$$

$$\text{Reemplazando:} \quad P_C = \frac{998 \times (0.050) \times 48.47}{76 \times 0.63}$$

Potencia que la bomba entrega al agua o

$$\text{Potencia de Consumo de la bomba:} \quad P_C = 50.51 \text{ HP}$$

Luego seleccionamos la Bomba Centrífuga Hidrostral ISO 2858

Modelo 150 – 400, 0- H750 A – S / 6R – 1- 1090- 060 – 12 / Ø 63

3.6.2 Potencia instalada del motor

Para calcular la energía que se entrega al motor eléctrico o la Potencia Instalada P_i , es importante considerar la eficiencia del sistema Bomba-Motor, en el cual se toma en cuenta la eficiencia de la bomba n_b y la eficiencia del motor n_m por lo que aplicaremos la siguiente ecuación:

$$P_i = \frac{\gamma_{H_2O} \times Q \times H_b}{76 \times n_b \times n_m} \dots\dots\dots (3.17)$$

$$n_b = 68 \% \quad \text{y} \quad n_m = 94.5 \%$$

$$\text{Luego:} \quad P_i = \frac{998 \times (0.050) \times 48.47}{76 \times 0.63 \times 0.945}$$

$$\text{Potencia Instalada del Motor:} \quad P_i = 53.46 \text{ HP}$$

Seleccionamos un Motor WEG de $P_i = 60 \text{ HP}$

3.6.3 Características técnicas del equipo de bombeo

A. Características de la Bomba

➤ Tipo	:	Horizontal
➤ Marca	:	HIDROSTAL
➤ Modelo	:	150-400
➤ Caudal	:	50 l/s
➤ Altura Dinámica	:	48.47 m.
➤ Nivel Positivo de succión	:	1.87 m
➤ Eficiencia	:	68 %
➤ Horas de bombeo	:	12 horas
➤ Diámetro	:	250 mm

B. Características del Motor

➤ Marca	:	WEG
➤ Modelo	:	W22 - IE3
➤ Frecuencia	:	60 Hz.
➤ Potencia	:	60 HP
➤ Voltaje	:	220 V. Trifásico
➤ Velocidad	:	1200 RPM
➤ Número de Polos	:	6
➤ Eficiencia	:	94.5 %
➤ Factor de Potencia	:	84 %
➤ Temperatura máxima	:	90 °C

3.6.4 Cavitación

Para evitar que este fenómeno vaya a ocurrir en forma prematura, debemos aplicar criterios basados en el fundamento teórico de la cavitación. Considerando las características técnicas de la bomba:

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

$$P_v = 0.0238 \frac{Kg}{cm^2 a} 20^0 C$$

$$\nu_{agua} = 998 \frac{kg}{m^3} a 20^0 C$$

$$N = 1200 RPM$$

$$Q = 50 Lt/seg$$

$$H_D = 48.47 \text{ m}$$

$$H_S = 2.38 \text{ m}$$

$$H_G = 43 \text{ m}$$

$$H_{p_S} = 0.1257 \text{ m}$$

3.6.4.1 Carga de Succión Neta Positiva Disponible - $NPSH_D$

Net Positive Suction Head Available

$$NPSH_D = \frac{P_1}{\gamma_{H_2O}} - \left(H_S + \frac{P_V}{\gamma_{H_2O}} + H_{p_S} \right) \quad \dots\dots\dots (3.18)$$

Considerando que: $\frac{P_1}{\gamma_{H_2O}} = 0$ y reemplazando:

$$NPSH_D = 0 - \left(H_S + \frac{P_V}{\gamma_{H_2O}} + H_{p_S} \right)$$

$$NPSH_D = - (2.38 + 0.239 + 0.1257)$$

$$NPSH_D = - 2.75 \text{ m} \quad \text{(Carga de Succión Neta Positiva Disponible)}$$

El signo menos indica que la línea de succión está por debajo del nivel de aguas del Reservoirio.

3.6.4.2 Carga de Succión Neta Positiva Requerida - $NPSH_R$

Net Positive Suction Head Required

$$NPSH_R = \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \Delta h_P \right) \quad \dots\dots\dots (3.19)$$

Considerando que: $\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = 0$ y reemplazando en la ecuación 3.19

$$\text{Obtenemos que:} \quad NPSH_R = (\Delta h_P)$$

$$\Delta h_p = 0.0012(Nx \sqrt{Q})^{\frac{4}{3}} \frac{H_g}{H_D} \dots\dots\dots (3.20)$$

$$\Delta h_p = 0.0012(1200x \sqrt{0.050})^{\frac{4}{3}} \frac{43}{48.47} = 1.84 \text{ m} = NPSH_R$$

Luego: $NPSH_D = 2.75 > NPSH_R = 1.84$

Por tanto el nivel mínimo nivel de agua que debe tener el Reservorio para que en la bomba no se presente la cavitación es cuando igualemos las condiciones:

$$NPSH_D = NPSH_R = 1.84$$

Reemplazando en la ecuación: $NPSH_D = \left(H_S + \frac{P_V}{\gamma_{H_2O}} + H_{p_S} \right)$

$$1.84 = (H_S + 0.241 + 0.1257)$$

$$H_S = 1.47 \text{ m}$$

El nivel mínimo que debe tener el Reservorio de Captación será:

$$\text{ALTURA DE ESTANCAMIENTO} = 2.88 - 1.47$$

$$\text{ALTURA DE ESTANCAMIENTO} = 1.41 \text{ m}$$

Se debe controlar esta altura colocando un control de nivel, que permite encender la bomba cuando el agua alcance esta altura en el Reservorio de Captación, iniciando el proceso de llenado en el Reservorio.

3.6.5 Curvas del Sistema y de la Bomba

Para determinar la curva del sistema, hacemos uso de la ecuación:

$$H_D = H_g + rQ^2 \dots\dots\dots (3.21)$$

Reemplazando: $48.47 = 43 + r(180)^2$

Despejando: $r = \frac{5.47}{32400} \quad r = 0.000169$

Fórmula de la Altura Dinámica del Sistema:

$$H_D = 43 + 0.000169Q^2$$

Tabla 3.4. Altura Dinámica y Caudal del Sistema

Q (m ³ /seg)	Q (m ³ /h)	Q ²	R	H _g (m)	H _o (m)
0,000	0	0	0,000169	43	43,00
0,005	18	324	0,000169	43	43,05
0,010	36	1296	0,000169	43	43,22
0,015	54	2916	0,000169	43	43,49
0,020	72	5184	0,000169	43	43,88
0,025	90	8100	0,000169	43	44,37
0,030	108	11664	0,000169	43	44,97
0,035	126	15876	0,000169	43	45,68
0,040	144	20736	0,000169	43	46,50
0,045	162	26244	0,000169	43	47,44
0,050	180	32400	0,000169	43	48,48
0,055	198	39204	0,000169	43	49,63
0,060	216	46656	0,000169	43	50,88
0,065	234	54756	0,000169	43	52,25
0,070	252	63504	0,000169	43	53,73
0,075	270	72900	0,000169	43	55,32
0,080	288	82944	0,000169	43	57,02
0,085	306	93636	0,000169	43	58,82
0,090	324	104976	0,000169	43	60,74
0,095	342	116964	0,000169	43	62,77

Fuente: Elaboración Propia

Fórmula de la Altura Dinámica de la Bomba Hidrostral 150-400

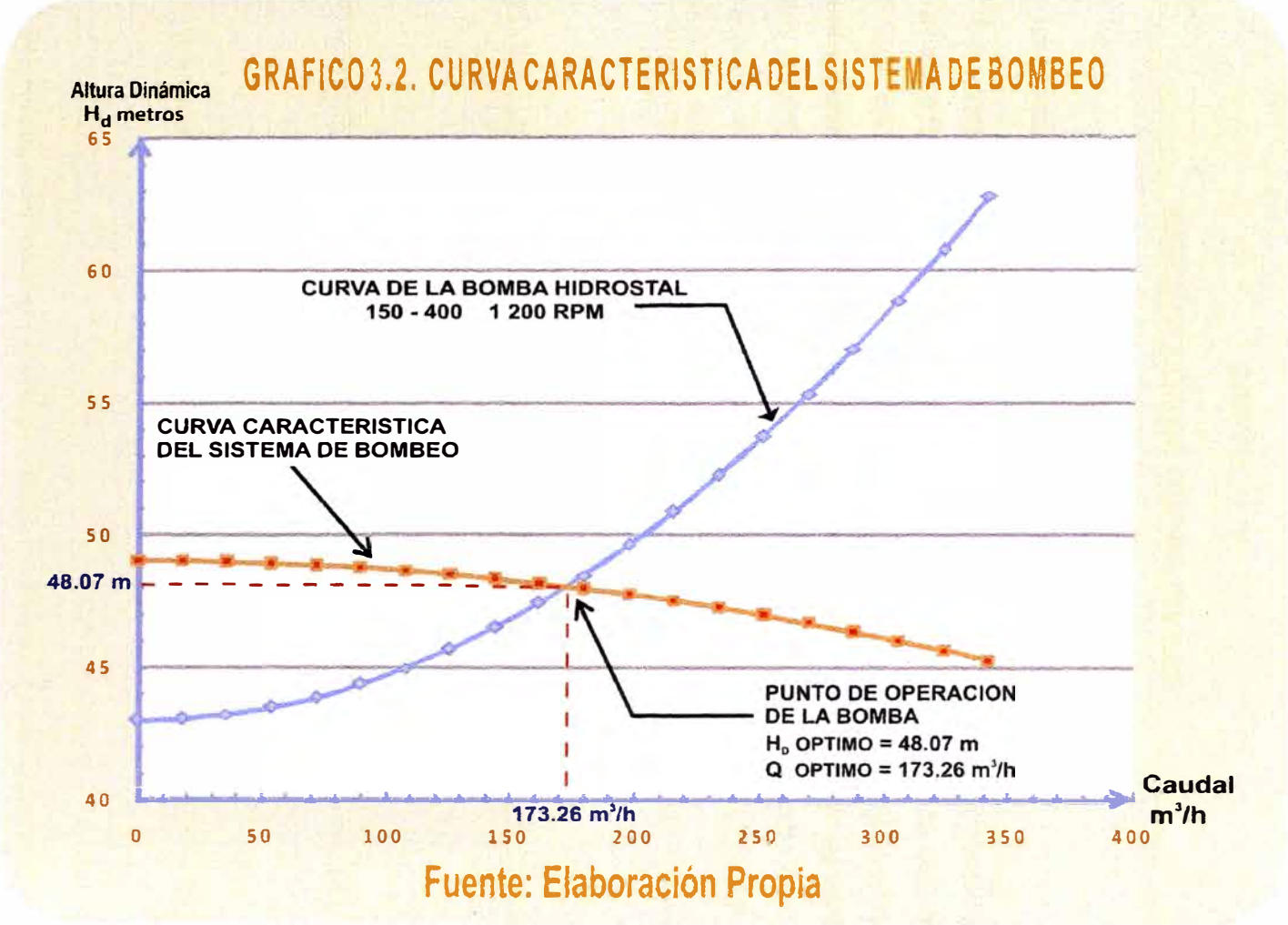
$$H_D = 49.04 - 0.0000322Q^2$$

Tabla 3.5. Altura Dinámica de Bomba Hidrostral 150 - 400

Q (m ³ /seg)	Q (m ³ /h)	Q ²	r	H _g (m)	H _{Db} (m)
0,000	0	0	-0,000032	49,04	49,04
0,005	18	324	-0,000032	49,04	49,03
0,010	36	1296	-0,000032	49,04	49,00
0,015	54	2916	-0,000032	49,04	48,95
0,020	72	5184	-0,000032	49,04	48,87
0,025	90	8100	-0,000032	49,04	48,78
0,030	108	11664	-0,000032	49,04	48,66
0,035	126	15876	-0,000032	49,04	48,53
0,040	144	20736	-0,000032	49,04	48,37
0,045	162	26244	-0,000032	49,04	48,19
0,050	180	32400	-0,000032	49,04	48,00
0,055	198	39204	-0,000032	49,04	47,78
0,060	216	46656	-0,000032	49,04	47,54
0,065	234	54756	-0,000032	49,04	47,28
0,070	252	63504	-0,000032	49,04	47,00
0,075	270	72900	-0,000032	49,04	46,69
0,080	288	82944	-0,000032	49,04	46,37
0,085	306	93636	-0,000032	49,04	46,02
0,090	324	104976	-0,000032	49,04	45,66
0,095	342	116964	-0,000032	49,04	45,27

Fuente: Elaboración Propia

3.6.5 Curva del sistema, la bomba y punto óptimo



CAPITULO IV

SUPERVISIÓN DE OBRAS CIVILES

4.1 Localización de las obras civiles

Las obras civiles se localizarán de acuerdo a los trazos proyectados. Se puede ver en la figura 4.1. En dicha figura podemos también apreciar la localización de los Reservorios de Captación y de almacenamiento con sus coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator). El Reservorio de Almacenamiento se encuentra ubicado en 18L 377948.51 m E, 8569987.23 m S y Elevación de 547 m. El Reservorio de Captación se encuentra ubicado en 18L 378350.14 m E 8569706.33 m S y Elevación 520 m.



Fig. 4.1 Localización: Terreno - Obras Civiles
Línea de Conducción

4.2 Características técnicas de los Reservorios

La toma de agua en el río Cañete se realizará a través de una Bocatoma que será desarrollada por Mache Constructores S.A.C.

4.2.1 La Bocatoma

Se denomina Toma o Bocatoma al conjunto de obras hidráulicas construidas en una fuente de agua, ya sea de río, canal o laguna, con la finalidad de captar y derivar de dicha fuente un determinado volumen de agua. La Bocatoma consta de las siguientes partes:

A. Barraje

Es una estructura levantada en el cauce de un río con la finalidad de atajar el agua, produciendo la elevación de su nivel, hasta una altura que permita una captación permanente de agua, ya que los ríos de nuestra costa para la época de estiaje bajan su nivel y es imprescindible elevar y mantenerlo.

B. Bocal de captación

Es un conjunto de obras hidráulicas que tiene por objeto efectuar la captación, tranquilización y entrega de las aguas al canal de desviación.

C. Canal de limpieza provisto de compuertas, para evacuar sedimentos y permitir el desarenamiento de la aproximación a la bocatoma.

D. Muros de encauzamiento o muros de protección de la estructura.

E. Desrripador y canal de purga.

F. Trampas para material de fondo y rejillas para material flotante.

G. Disipadores de Energía en los cambios de régimen.

H. Enrocado para evitar la erosión aguas abajo.

I. Compuertas para operación de purga y captación.

4.2.1.1 Criterios para su ubicación

La ubicación de la bocatoma estará en función de la utilización que se le dará a las aguas a capturar para tener una idea básica acerca de la estructura y de las obras complementarias que se requerirán.

Considerando la topografía del lugar y teniendo un análisis hidrológico efectuado en el río Cañete por la empresa Mache Constructores S.A.C. y debido a su ciclo variable, se ha tenido que optar por un tipo de toma con barraje mixto a fin de que permita aprovechar sus ventajas de la estructura fija y el resto por un sistema de compuertas, que serán aprovechadas para utilizarlo como desagüe de un canal denominado de limpia contiguo a la zona de captación, que servirá para la eliminación de los materiales de acarreo. Este tipo de toma es el utilizado en nuestros ríos de la costa a fin de permitir y garantizar la captación del agua en la época de estiaje.

1. Criterio Topográfico

Es el más importante a considerar porque de este depende la magnitud de la estructura y por consiguiente el costo. Se consideran las siguientes recomendaciones a este criterio:

- **Alineamiento del Cauce**

Es preferible que la zona de captación se encuentre ubicada en un tramo recto del río, así habrá mayor facilidad para la limpia natural del cauce. Si el tramo fuese curvo la toma deberá estar ubicada en la parte exterior de la misma, donde debido a efecto de la aceleración, las aguas adquieren mayor velocidad, obligando a sedimentar el material sólido en el lado interno de la curva, protegiendo así la toma.

- **Amplitud del cauce**

El ancho del cauce en la zona de captación debe guardar relación con el caudal de diseño, para evitar elevar mucho las estructuras o en su defecto tener que efectuar obras de encauzamiento de grandes longitudes.

- **Uniformidad del cauce**

Es importante que el cauce guarde cierta uniformidad en determinada longitud tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de captación, evitando fluctuaciones en el escurrimiento de las aguas que determinan procesos erosivos o de sedimentación.

2. Criterio Hidráulicos

Toma en cuenta el escurrimiento de las aguas en la zona de captación tales como:

A. Régimen del Escurrimiento

Se puede catalogar en río y torrente

➤ Río: El tirante de escurrimiento es mayor que el tirante crítico. Es el más adecuado para la toma.

➤ Torrente: El tirante crítico supera al tirante normal. No es recomendable para ubicar la toma en esta zona, pues requiere de obras adicionales.

B. Dinámica del transporte de sólidos

Un cauce puede ser:

➤ Cauce en erosión: En determinado tramo cuando el volumen de sólidos que ingresan a él, es menor que el que salen de él.

➤ Cauce en sedimentación

Cuando el volumen de sólido que ingresan a él es mayor que el volumen que sale de él.

➤ Cauce en equilibrio

El transporte de sólidos es constante. Es el más recomendable para ubicar la toma.

3. Criterios Geológicos

La naturaleza del suelo donde estará la toma es de vital importancia, lo cual se debe considerar lo siguiente:

- Permeabilidad

Es importante que el suelo presente alta resistencia a la filtración de las aguas para una mayor seguridad de la obra.

- Capacidad de carga

La resistencia del terreno ejerce alta influencia: Hay que evitar zonas heterogéneas con diferentes capacidades de carga, que den lugar a asentamientos diferenciales que son peligrosos para la estabilidad de la obra.

4. Criterios Económicos

En muchas oportunidades constituye un factor determinante para fijar la ubicación de la toma ya que el costo en ella no está en función del volumen captado sino de las condiciones que presenta el cauce en dicha zona. Se debe buscar la zona que represente el menor costo posible ya sea en el tratamiento del terreno, volumen de la obra, procesos constructivos y funcionamiento de la estructura. La rentabilidad de la obra dependerá del costo de cada uno de las estructuras que la conforman.

4.2.2 Los Reservorios de Captación y Almacenamiento

Con los cálculos obtenidos el Reservoirio de almacenamiento proyectado será de 12.50m de largo, 10.00m de ancho interno y 360 m³ de capacidad.

El fondo del Reservoirio estará conformado con un piso de mampostería de piedra asentada en concreto simple de 140kg/cm². El Reservoirio cuenta con drenes de mampostería de piedra. El fondo tendrá una cota de 518 msnm a la altura del Desarenador en el ingreso y con una pendiente de 0.004 y llega hacia la Poza Disipadora. Los muros del Reservoirio tendrán una altura de 3.00m.

Los refuerzos del fondo serán una malla de fierro de 1/4"Ø x 0.40m. Los muros serán de concreto ciclópeo de 140kg/cm² con 30% de piedra mediana. Las zapatas de estos muros son ciclópeas con proporción cemento: hormigón 1:10. Los muros y piso tendrán enlucido de espesor 2 cm con mortero C: A 1:3.

Las juntas de dilatación serán de relleno asfáltico RC-250A de 1" y se encuentran cada 4 m en ambos sentidos.

Se tienen escalinatas de 0.40 m de fierro de 3/4" separados cada 0.30m. En la salida se tiene una Compuerta metálica de izaje vertical con volante y vástago 1" (0.30x40m).

En la zona del rio hay presencia de roca las cuales se tomarán en cuenta en la excavación y se utilizará dinamita para sacar las piedras y utilizarlas posteriormente en el Reservoirio y en el canal.

La cimentación del Reservoirio tendrá una duración aproximada de 5 días. Se proyecta utilizar 50 bolsas de cemento. Se realizará encofrado en los muros. Se nivelará el fondo del piso. El piso será emboquillado utilizándose aproximadamente 100 bolsas de cemento. Encima se colocará una malla de fierro de 1/4" cada 30cm y se vaceará losa de 20cm utilizando aditivo y 80 bolsas de cemento.

El Reservoirio tendrá escalinatas y compuertas y será tarrajado con aditivo. Tendrá juntas de dilatación de 1" con asfalto RC-250.

CAPITULO V

DIMENSIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

TABLERO Y CONTROL ELÉCTRICO

El Tablero Eléctrico para el control y protección de la bomba es un **Tablero IP55 (Contra polvo y chorro de agua) autosoportado** de dimensiones 2,200 x 570 x 427 mm., fabricados en planchas LAF (acero laminados en frío) de 2 mm de espesor, sometido a tratamiento anticorrosivo fosfatizado por inmersión y acabado con pintura en polvo plastificado del tipo epoxi – polyester.

5.1 Grados de protección de un tablero eléctrico

El Grado de protección IP hace referencia al estándar internacional **IEC 60529**, utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico y/o electrónico. Especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los componentes que constituyen el equipo.

El grado de protección del tablero queda definido de acuerdo a las Normas IP, de esta manera, por ejemplo, cuando un equipamiento tiene como grado de protección las siglas: IP67.

- Las letras IP identifican al estándar (una antigua herencia de la terminología International Protection),
 - El valor 6 en el primer dígito numérico describe el nivel de protección ante polvo, en este caso: *"El polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia"*
 - El valor 7 en el segundo dígito numérico describe el nivel de protección frente a líquidos (normalmente agua), en nuestro ejemplo: *"El objeto debe resistir (sin filtración alguna) la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos."*

Como regla general se puede establecer que cuando mayor es el grado de protección IP, más protegido está el equipamiento.

5.2. Funciones de un tablero

5.2.1 Seccionamiento

A fin de trabajar en forma segura en instalaciones, máquinas y en su equipamiento eléctrico, debe ser posible aislar eléctricamente y físicamente todos los circuitos de potencia y de control de la línea de distribución. El seccionamiento se realiza sin carga.

5.2.2 Interrupción

Permite la conexión y desconexión de un circuito con carga, así como la parada de emergencia.

5.2.3 Protección contra cortocircuito

Cualquier instalación de motor, puede estar sujeta a fallas mecánicas y eléctricas. A fin de evitar que estas fallas causen daños al motor y a su equipamiento, es necesario proteger a las instalaciones contra cortocircuitos. El objetivo de la protección contra cortocircuitos, es detectar y cortar lo más pronto posibles corrientes anómalas mayores de 10 veces la corriente nominal del motor.

5.2.4 Protección contra sobrecargas

La protección contra sobrecargas a las instalaciones de motor permite detectar incrementos de corriente hasta 10 veces la corriente nominal del motor y de desconectar el arrancador antes que el sobrecalentamiento del motor y de sus conductores cause daños al material aislante, que podría derivar en una condición de corto circuito.

5.2.5 Conmutación

Permite el mando a distancia y el control automático de apertura y cierre del circuito de potencia.

5.3 Dispositivos de protección en un tablero eléctrico

5.3.1 El Contactor

Los contactores son dispositivos electromecánicos diseñados para manejar señales eléctricas de corrientes normalmente grandes, por medio de otras señales eléctricas de corrientes pequeñas, llamadas señales de control. El contactor está diseñado para trabajar como interruptor automático, con corrientes y tensiones más elevadas.



Figura 5.1. Contactor LZW

Fuente: Catálogo EATON

Los contactores están compuestos por las siguientes partes:

➤ **El electroimán** del contactor es el elemento que hace que se mueva los contactos del contactor. Su forma varía en función del tipo de contactor y puede eventualmente diferir según sea la naturaleza de la corriente de alimentación alterna o continua.

➤ **La Bobina** es un hilo de alambre enrollado en una formaleta y al pasar por el alambre una corriente eléctrica produce el flujo magnético que permite la atracción de la armadura móvil del electroimán.

➤ **Los Contactos Principales** son los destinados a las maniobras del circuito de potencia de los montajes tales como alimentación de motores. Los contactores están generalmente equipados de contactos de plata, óxido de cadmio, material inoxidable de una gran resistencia mecánica, como al arco eléctrico. Son los más robustos que el resto de los contactos.

➤ **Los contactos auxiliares** vienen en dos formas: como parte del contactor o como un bloque accesorio. Existen varias versiones:

Los contactos instantáneos de cierre (NA), abierto, bornes 13 - 14 y 43 - 44.

Los contactos instantáneos de apertura (NC), cerrado, bornes 21 - 22 y 31 - 32.

➤ **Los Apaga Chispas** son cámaras donde se alojan los contactos y son los que evitan la ionización del aire producida por el arco que salta entre los mismos y con ello se favorece la extinción de dicho arco, aumentando así la vida del contactor.

Las cargas básicas para un contactor pueden ser de tres tipos:

1. **La Carga Resistiva** es la compuesta por hornos, lámparas incandescentes.

2. **La Carga Capacitiva** es aquella en la cual se han puesto condensadores para mejorar el factor de potencia del sistema.

3. **La Carga Inductiva** es típica de sitios donde hay muchos motores, transformadores con baja carga y no hay sistema de mejora de factor de potencia. De las tres cargas, las dos últimas son las que más deterioran los contactos de un contactor.

Los contactores pueden tener aplicaciones de diversos grados de exigencia. Esto lo podríamos catalogar como aplicaciones, categorías de empleo o **servicio: Ligero, Normal, Severo y Extremadamente severo**. A éstas características se denominan **Clases AC1, AC2, AC3, y AC4**

La Clase AC1 quiere decir aplicaciones de trabajo ligero. Las aplicaciones típicas de clase AC1 son:

Cargas no inductivas tales como: estufas eléctricas, hornos de resistencias e iluminación incandescente. En estas cargas el Factor de potencia " $\cos \phi$ " es igual a 0.95.

La Clase AC2: Esta categoría hace referencia al arranque, frenado por contracorriente así como a la marcha por impulsos de un motor de anillos rozantes.

Al cierre, el contactor establece la Intensidad de arranque del orden de 2,5 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque con una tensión menor o igual a la tensión de la red.

La Clase AC3: Esta Categoría se aplica en trabajo normal y severo.

Se refiere a los motores de jaula y el corte se realiza a motor lanzado Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal absorbida por el motor. A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20% de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil.

Las aplicaciones típicas de clase AC3 son:

- Arranque de motores con rotor de jaula de ardilla.
- Desconexión y reconexión de motores durante la marcha.

- El corte se realiza a motor lanzado

En esta clase el Factor de potencia "Cos ϕ " es igual a 0.35.

La Clase AC4: Esta categoría se refiere a las aplicaciones con frenado, a contracorriente y marcha por impulsos con motores de jaula o de anillos.

El contactor se cierra con un pico de corriente que puede alcanzar 5, incluso 7 veces, la intensidad nominal del motor. La tensión puede ser igual a la de la red. El corte es severo.

Cuadro 5.1. Valores de las Clases AC en la Conexión
y en la Apertura de Contactores

Categorías de servicio	A la conexión			A la apertura		
	U	I	cos ϕ	U	I	cos ϕ
AC1	U_n	I_n	0,95	U_n	I_n	0,95
AC2	U_n	2,5 I_n	0,65	U_n	2,5 I_n	0,65
AC3	U_n	6 I_n	0,35	U_n	I_n	0,35
AC4	U_n	6 I_n	0,35	U_n	6 I_n	0,35

Fuente: Manual de Contactores

5.3.2 El Relé Térmico

Los Relés Térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas; fallo de alguna fase y diferencias de carga entre fases. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Valor estándar: 660 V c.a. para frecuencias de 50/60 Hz.

El aparato incorpora dos contactos auxiliares (NO-97-98 y NC-95-96), para su uso en el circuito de mando. Además, incorpora un botón de prueba (STOP), y otro para RESET.

Este dispositivo de protección garantiza:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.



Figura 5.2. Contactor LZM

Fuente: Catálogo EATON

- La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

Características técnicas

Los relés térmicos de biláminas son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Sus características más habituales son:

1. Tripolares, son usados en cualquier tipo de fase: monofásicos, bifásicos y trifásicos. Su componente principal, es un conjunto de tres bimetales, que se dispara cuando el coeficiente de dilatación se sobrepasa.
2. Compensados, es decir, insensibles a los cambios de la temperatura ambiente
3. Sensibles a una pérdida de fase (1), por lo que evitan el funcionamiento monofásico del motor.
4. Rearme automático o manual.
5. Graduación en “amperios motor”: visualización directa en el relé acerca de la corriente indicada en la placa de características del motor.

Las curvas características de los relés térmicos TR1, indican la dependencia entre el tiempo de disparo y la corriente de disparo como múltiplo de la intensidad de la corriente ajustada. Estas curvas deben seguir lo más cerca

posible las variaciones de temperatura del motor, cuanto más alta es la corriente, más rápida es la actuación del relé.

La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación; puede ser de tan sólo unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada, etc.) o de varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque. La norma IEC 947-4-1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmica:

- Relés de clase 10: Válidos para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
- Relés de clase 20: Admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- Relés de clase 30: Para arranques con un máximo de 30 segundos de duración.

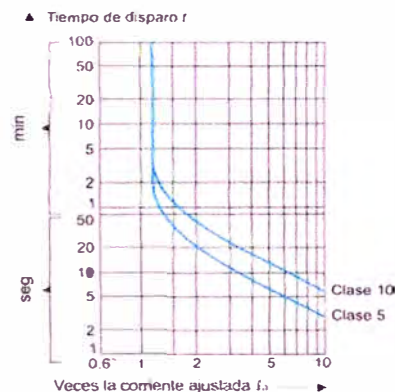


Figura 5.3. Gráfico del T de disparo vs I ajustada en un Relé

Fuente: Manual EATON

La curva representada en la figura 5.3 se refiere a carga simétrica tripolar, partiendo del estado frío, es decir en el primer arranque del motor. Partiendo del equilibrio térmico, es decir con el relé térmico ya estabilizado térmicamente con la corriente de calibración, los tiempos se reducen a 30% del valor del gráfico.

En la práctica se encuentra una gran cantidad de casos donde el conjunto **contactor + térmico** se instala sin fusibles particulares, en estos casos, si ocurriera un cortocircuito, los alambres calefactores del relé actuarán como fusibles fundiéndose inevitablemente, dañando el relé térmico en forma irreversible. Este

caso está fuera de garantía por instalación inadecuada. La siguiente tabla especifica los fusibles adecuados para protección de cada modelo de relé térmico TR1. La relación fusible-relé térmico no tiene que ver con el tamaño sino con el rango de regulación del relé.

Rango del Relé (A)	Fusible de protección (A)	Rango del Relé (A)	Fusible de protección (A)	Rango del Relé (A)	Fusible de protección (A)
0,63 a 1	2	8 a 12,5	25	32 a 50	100
1 a 1,6	4	10 a 16	35	50 a 63	100
1,6 a 2,5	6	12,5 a 20	50	63 a 80	125
2,5 a 4	10	16 a 25	50	70 a 88	150
4 a 6,3	16	20 a 32	63	63 a 90	150
6,3 a 10	20	32 a 40	80	80 a 110 / 90 a 120	200

Cuadro 5.2 Relación Relé-Fusible (Rango de Regulación)

Fuente: Catálogo EATON

5.3.3 Relé temporizador

El funcionamiento es parecido al de los relevadores, pero a diferencia de ellos, sus contactos no conmutan inmediatamente después de que su bobina es energizada, a estos se les puede programar un lapso de tiempo programable llamado retardo. Este retardo puede ser al encendido o apagado.



Figura 5.4. Relé Temporizador ZB

Fuente: Catálogo EATON

En diversos procesos industriales o comerciales se utiliza el temporizador, pues, es necesario enviar una señal para que realice una acción dentro de un de un

tiempo prefijado, este tipo de control llamado “**control de tiempo**”, se realiza con relés temporizados. Los relés temporizadores más comunes pueden ser:

- Temporizador con mecanismo de relojería: Aparato en el cual el control de tiempo se consigue con un sistema comparable a los relojes mecánicos.
- Temporizado Neumático: En este caso el control de tiempo se realiza regulando la entrada de aire a un fuelle. El tiempo que necesita el fuelle para llenarse nos da el tiempo de temporización.
- Temporizador electrónico: El control de tiempo se realiza por medio de circuitos electrónicos.

El relé temporizador puede ser de dos formas:

1. Relé con retardo a la conexión

Llamado también **ON DELAY**. Los contactos pasan de la posición de reposo a la de trabajo con un retardo de tiempo con relación al ingreso de señal a la bobina de mando

2. Relé con retardo a la desconexión

Llamado también **OFF DELAY**. Los contactos pasan de la posición de reposo a la de trabajo en forma instantánea, pero cuando al temporizador se le quita la señal, dichos contactos mantienen su posición de trabajo durante un tiempo adicional previamente fijado

5.3.4 Relé de electrodos

Una de las más corrientes aplicaciones de los motores eléctricos se encuentra en los procesos de bombeo de agua y líquidos conductores. El trabajo de estos motores normalmente es una operación automática en donde los niveles de agua y de los otros líquidos además de la misma presión de ellos, es controlada por dispositivos diseñados para estos propósitos. Los relés de nivel de agua son relés de electrodos o resistencia y estos son dispositivos de estado sólido, diseñados con transistores y tiristores o triacs en sustitución de contactos metálicos, que generan muy pocas interferencias, conmutan altas corrientes y voltajes sin producir arcos, cumpliendo la función de sensado por variación de la resistencia entre dos electrodos.

Aplicaciones

Estos dispositivos son utilizados en:

- Procesos industriales para la detección de nivel de líquidos conductores como puede ser el agua.
- Detección de líquido en el conductor de la fuente a la bomba para que esta no trabaje en vacío.

Características

El relé de nivel de agua puede ser utilizado en múltiples aplicaciones.

Normalmente existen dos situaciones:

- Un tanque de agua necesita ser llenado.
- Un depósito de agua necesita ser secado o vaciado.

Especificaciones

- Voltajes de alimentación disponibles: 115, 220, 440 VAC y 24, 48, 60, 125 VDC aislado con transformador.
- Frecuencia de operación: DC o 55-75 Hz.
- Disparo instantáneo Señalización: por medio de diodos LED.
- Conexión: regleta. Salidas: los relés se entregan con dos contactos conmutables de 3 amperios a 250 VAC.
- Temperatura ambiente máxima.: 43 ° C
- Sensibilidad a campos electromagnéticos: opera sin ningún problema en subestaciones eléctricas.
- Aislamiento entre tierra y cualquier terminal: superior a 1000 V.
- Los electrodos son de acero inoxidable.

5.4 Tipo de arranque en los sistemas de bombeo

En la mayoría de los casos, un motor absorbe más de su potencia nominal durante el arranque. Específicamente las bombas son unidades de movimiento centrífugo de alta inercia por lo que su solicitud de potencia inicial de arranque, genera severas fluctuaciones de frecuencia, y requieren más tiempo para que el

motor alcance la velocidad de régimen, por lo que debemos optar por un sistema de arranque a tensión reducida, dentro de las cuales sobresalen 4 sistemas:

1. Resistencias Primarias
2. Autotransformador
3. Estrella-Triángulo
4. Bobinas parciales.

Los dos primeros sistemas arriba mencionados, tienen el dispositivo reductor de tensión incorporado en el mismo arrancador, por eso no requieren de motores especiales y pueden ser utilizados para arrancar cualquier tipo de motor de inducción.

Los dos últimos sistemas, no tienen dispositivo alguno para reducir la tensión. Esta reducción se logra en las mismas bobinas del motor, por la forma como el arrancador las combina o agrupa, a fin de conseguir un efecto de arranque de tensión reducida.

De acuerdo al Cuadro 5.3 de sistemas de arranque **Seleccionamos el Sistema Estrella - Triángulo**, básicamente por las condiciones de costo inicial y por la disminución de la corriente de arranque.

Cuadro 5.3. Características de los Sistemas de Arranque

SISTEMAS DE ARRANQUE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
RESISTENCIAS PRIMARIAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aceleración suave. La tensión del motor aumenta con la velocidad. 2. Permite transición cerrada. 3. Alto Factor de Potencia durante el arranque. 4. Posibilidad de obtener hasta 7 pasos de aceleración. 5. Para bajas potencias es más económico que el sistema de Autotransformador. 6. No requiere motores con bobinados especiales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Par con baja eficiencia. 2. Las resistencias generan calor 3. Lapsos de arranque mayores de 5 segundos, obligan al empleo de resistencias muy costosas. 4. Dificultad para ajustar las tensiones de arranque a las condiciones variables deseadas.
AUTO TRANSFORMADOR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Permite el Par más amplio por la corriente de línea. 2. Las derivaciones del Autotransformador permiten ajustar las tensiones de arranque. 3. Apropiado para ser utilizado donde es menester largos períodos de arranque. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajo Factor de Potencia. 2. Para pequeñas potencias este sistema es el más caro.

	<ol style="list-style-type: none"> 4. Permite transición cerrada. 5. Durante el arranque la corriente que toma el motor es mayor que el de la línea. 6. No requiere motores con bobinados especiales. 	
ESTRELLA TRIANGULO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apropiado para arrancar cargas con alta inercia y aceleración lenta. 2. Su costo es menor que los sistemas de Resistencia Primaria o Autotransformador. 3. Par con alta eficiencia 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requiere motores con bobinados adecuados 2. El par de arranque es bajo. 3. Provee transición abierta. La transición cerrada es posible pero aumenta su costo notablemente.
BOBINADOS PARCIALES	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es el más barato entre los sistemas a tensión reducida. 2. Permite la transición cerrada. 3. La mayoría de los motores para dos tensiones pueden ser utilizados en la tensión más baja. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No es apto para arrancar cargas con alta inercia o durante largos periodos. 2. Para tensiones mayores de 220 V y/o más de dos pasos se requiere motores de diseño especial.

Fuente: Sistemas Eléctricos Mc Graw-Hill

5.4.1 Arranque en estrella triángulo

Cuando un motor arranca toma una corriente que es mucho mayor que la corriente nominal. Hay casos en que la corriente toma un valor de seis o más veces la corriente nominal. Esto produce caídas grandes en la tensión del sistema eléctrico. Una solución es arrancar los motores con voltaje reducido por el método de estrella triángulo, donde inicialmente el motor se conecta en estrella de modo que el voltaje en sus devanados es menor (57.7%) y una vez que el motor este rodando se cambia la conexión a triángulo alcanzando los devanados la tensión nominal de trabajo.

Este método disminuye notablemente el fenómeno de arranque. La finalidad es reducir la intensidad absorbida por el motor en el periodo de arranque, en detrimento de su par y de la duración del mismo arranque, que se prolonga respecto al arranque directo.

Características del arranque Y- Δ :

- Par de arranque: 33% del par de arranque directo.
- Tensión de arranque:
- Intensidad de arranque:

Se aconseja no pasar de conexión Y a conexión Δ mientras el motor no haya adquirido, al menos, el 80% de la velocidad nominal. Esto implica utilizar un relé de velocidad, lo cual resulta demasiado caro, por lo que se emplea sólo en motores de elevada potencia. En motores pequeños se puede hacer el cambio de conexión utilizando un relé de tiempo o temporizador.

Esquema general de arranque estrella triángulo

En la figura 5.5. se muestra un contactor de potencia (C.P.), un contactor para formar la estrella (C.Y.), uno para el triángulo (C.T.) y un temporizador (T.) que regula el tiempo de funcionamiento del motor en conexión estrella. (El temporizador no aparece en el esquema de potencia).

El C.Y. se cierra primero para conectar el motor en estrella. Cuando el temporizador termine de contar el tiempo establecido, se cierra el C.T. y se abre el C.Y. Se utiliza un relé térmico (R.T.) para proteger al motor contra sobrecargas.

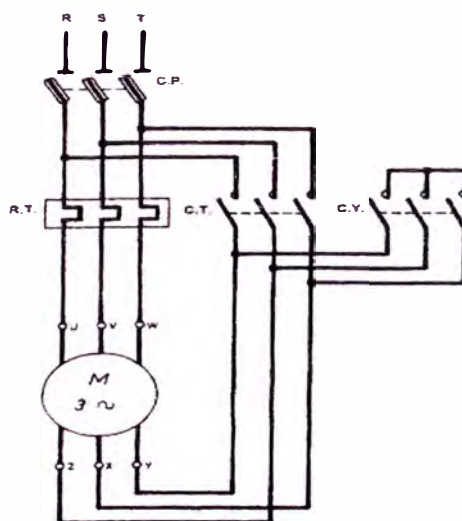


Figura 5.5. Esquema General de Arranque Estrella Triángulo

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama de control del arrancador se muestra en la sección Planos.

5.5 Diseño del tablero eléctrico

Elegimos la Potencia de Diseño de 60 HP y en la selección y diseño de sus componentes tomamos la línea de producto ofertados por MANELSA, que tienen Certificación ISO 9001 – 2000 y que cumplen con las normas IEC.

1. Interruptor general

Es manual de tipo cierre y apertura brusca, para corte con carga, con manija y enclavamiento mecánico. Tiene capacidad mínima de sobrecarga sobre la corriente máxima del motor de 25% (I_m). Se evalúa el poder de ruptura de servicio (en caso de cortocircuito). Los interruptores **EATON Termomagnético L2M2** cubren estas funciones de seccionamiento, interrupción, y protección contra cortocircuitos.



Figura 5.6. Tablero General MANELSA

Fuente: Catálogo de MANELSA

Su presentación es en caja moldeada, y tienen un dispositivo de corte rotoactivo. Son seteables. Valores para su selección:

Potencia (P) 44 760 w Tensión (V) 220 voltios Trifásico

Factor de potencia (fdp) = 0.8

• Cálculo de la corriente de sobrecarga I_m para la selección del Interruptor

De la fórmula de potencia en los motores trifásicos hallamos I_N :

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times fdp} \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

$$I_N = 146.83 \text{ A}$$

Luego el valor de la corriente de sobrecarga (I_m) es

$$I_m = 1.25 I_N$$

$$I_m = 183.54 \text{ A}$$

En el Catálogo EATON, en baja tensión, seleccionamos el **Interruptor Termomagnético en Caja Moldeada LZM2 de 200 A**, Frecuencia 50/60 Hz, Capacidad de Corto Circuito 100 KA para 220V, 20 000 Operaciones Mecánicas, 10 000 Operaciones Eléctricas, **Norma de Fabricación IEC 60947-2**



Figura 5.7. Interruptor Automático MANELSA LZM2

Fuente: Catálogo MANELSA

2. Contactores

En el manual, nos situamos en la categoría AC3.

Para la conexión Estrella - Triángulo, calculamos los valores de corriente a que son sometidos los contactores. Definimos:

V_L = Tensión de línea (220 VAC)

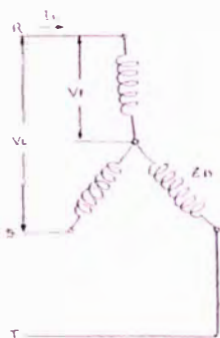
I_L = Corriente de línea

I_F = Corriente de fase

V_F = Tensión de fase

Z_B = Impedancia de la Bobina del Motor

A. Posición Estrella (λ)



$$V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad \dots\dots\dots (5.2.)$$

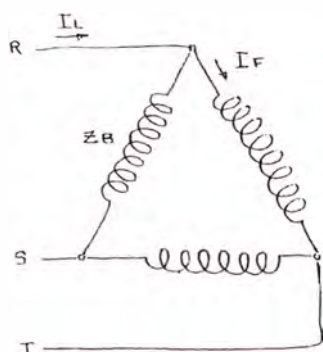
$$V_F = I_L \lambda \cdot Z_B \quad \dots\dots\dots (5.3.)$$

$$I_L \lambda = \frac{V_L}{\sqrt{3} Z_B} \quad \dots (a)$$

Figura 5.8. Conexión Estrella

Fuente: Elaboración Propia

B. Posición Triángulo (Δ)



$$I_F = \frac{I_L \Delta}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (5.4)$$

$$V_L = I_F \times Z_B \dots\dots\dots (5.5)$$

$$I_F = \frac{V_L}{Z_B} = \frac{I_L \Delta}{\sqrt{3}}$$

Figura 5.9. Conexión Triángulo

Fuente: Elaboración Propia

$$I_L \Delta = \frac{\sqrt{3}V_L}{Z_B} \dots\dots (b)$$

Dividiendo las expresiones (a) y (b) tenemos:

$$\frac{I_L \lambda}{I_L \Delta} = \frac{\frac{V_L}{\sqrt{3} Z_B}}{\frac{\sqrt{3}V_L}{Z_B}}$$

$$I_L \lambda = \frac{I_L \Delta}{3} \dots\dots\dots (5.6)$$

Para la carga en Δ el Valor de la corriente es:

$$I_L \Delta = I_N \dots\dots\dots (5.7)$$

Luego $I_N = 183.54 \text{ amp}$

Para el contactor en estrella λ el Valor de la corriente es:

$$I_L \lambda = \frac{I_L \Delta}{3} \dots\dots\dots (5.8)$$

$$I_L \lambda = \frac{183.54}{3} = 61.18 \text{ amp}$$

Este valor de corriente es dado solo al inicio del arranque y oscila en tiempo, aproximadamente en 8 seg.

Para los contactores en Triángulo (Δ):

$$I_{\Delta} = I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{183.54}{\sqrt{3}}$$

$$I_{\Delta} = 106 \text{ amp.}$$

Este valor de corriente, es el de operación normal del motor.

Para la conexión en Estrella: $I = 61.18 \text{ amp.}$

Para la conexión en Triángulo: $I = 106 \text{ amp.}$

A los valores obtenidos, agregamos un 5% mínimo, adicional como factor de seguridad. Luego tenemos que seleccionar 02 Contactores para la conexión triángulo y 01 Contactor para la conexión Estrella.

Selección de los contactores

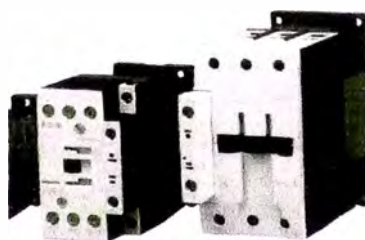


Figura 5.10. Contactores EATON DILM 65-00 y DILM 80-00

Fuente: Catálogo EATON

Para el Motor de 60 hp:

- a. La corriente de selección mínima para el **Contactor en Estrella:**

$$1.05 I_{\lambda} = 1.05 (61.18) = 64.24 \text{ amp.}$$

- b. La corriente de selección mínima para el **Contactor en Triángulo**

$$1.05 I_{\Delta} = 1.05 (106) = 111 \text{ amp.}$$

Para la conexión en Estrella, en el Catálogo EATON seleccionamos

01 Contactor Tripolar AC3 DILM65-00 A.

Para la conexión en Triángulo seleccionamos **02 Contactores Tripolares AC3 DILM115-00 A**

3. Relé térmico

Proporciona protección térmica contra sobrecargas simétricas y Protección diferencial contra sobrecarga asimétrica. Es regulable.



Fig. 5.11. Relé ZB 150 100 DIL 80-115

Fuente: Catálogo EATON

Seleccionamos el Relé de acuerdo al método Arranque Estrella -Triángulo donde I_S = (Corriente de seteo)

Para la Carga $I_n = 146.83 \text{ amp}$

Corriente de Seteo $I_S = \frac{I_N}{\sqrt{3}} = 84.77 \text{ amp.}$

Con el valor obtenido seleccionamos en el Catálogo EATON el **Relé Bimetalico ZB 150 – 100. Regulación de 70 – 100 DIL 80 – 115**

CAPITULO VI COSTOS

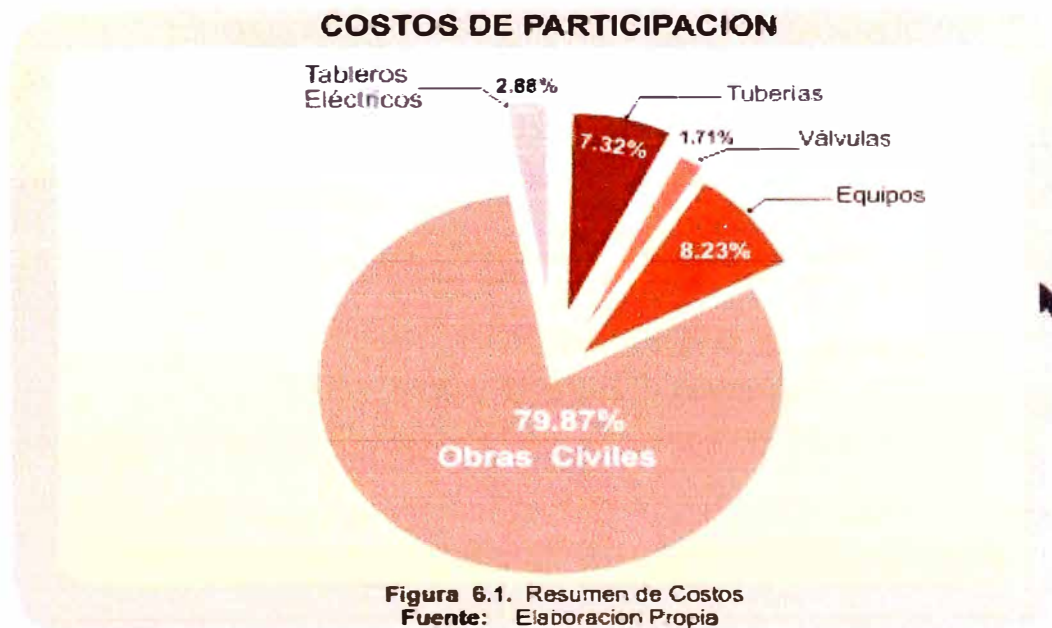
6.1 Resumen de Costos

En el Resumen de Costos del Cuadro 6.1, en cada Rubro se encuentra incluido los Costos de Diseño y Dibujo de Ingeniería, Costos por Instalación y puesta en marcha de la Obra. La reposición de los materiales por falla de fabricación va por cuenta del Proveedor.

Cuadro 6.1. Resumen de los Costos

ÍTEM	RUBRO	COSTO TOTAL \$	% PARTICIPACIÓN
1	TUBERÍAS	16 032.89	7.32%
2	VÁLVULAS Y ACCESORIOS	3 755.80	1.71%
3	BOMBAS Y MOTORES	18 023.00	8.23%
4	OBRAS CIVILES	175 000.00	79.87%
5	TABLERO ELÉCTRICO	5 229.48	2.88%
TOTAL \$		216 775.72	100%

Fuente: Elaboración Propia



Los Costos que se muestran en los Cuadros siguientes, se han obtenido de las Cotizaciones de los Proveedores del mercado actual. En los Costos están incluidos: Instalación, Prueba y Puesta en Marcha de los Equipos.

6.2 Costos de Tuberías

Cuadro 6.2. Costos de Tuberías PVC

TUBERIA	COSTO UNIT.	CANTIDAD	COSTO
TUBO DE 250 mm X 6 metros CL. 10 UF-KM	\$ 139.118	95	\$ 15 727.29
ANILLO DE 250 mm UF-KM C. NEGRO	\$ 2.704	95	\$ 305.69
COSTO TOTAL \$			\$ 16 032.98

Fuente: Cotización Tuboplast S.A.C.

6.3 Costos de las Válvulas y Accesorios

Cuadro 6.3. Costos de Válvulas y Accesorios (PVC)

ACCESORIOS (ACERO)	UNID.	COSTO UNIT.	COSTO TOT.
1 VÁLVULA DE PIE CON COLADOR DE 10"	1	\$ 2 058.24	\$ 2 058.24
2 VÁLVULA DE MARIPOSA DE 10"	2	\$ 456.32	\$ 912.64
1 VÁLVULA DE RETENCIÓN DE 10"	1	\$ 649.92	\$ 649.92
CODO DE CURVA SUAVE DE 10"	1	\$ 35.00	\$ 35.00
CODO DE CURVA SUAVE DE 10"	5	\$ 30.00	\$ 100.00
COSTO TOTAL \$			\$ 3 755.80

Fuente: Cotización Bolper S.A.

6.4 Costos de los Equipos

Cuadro 6.4. Costos del Equipo de Bombeo

EQUIPOS	COSTO
BOMBA HIDROSTAL 150 400 - 60 HP	\$ 8 250.00
MOTOR WEG 60 HP	\$ 6 638.00
BASE	\$ 915.00
COPLÉ	\$ 1 100.00
COSTO TOTAL \$	\$ 16 903.00

Fuente: Cotización HIDROSTAL

6.5 Costos de las Obras Civiles

Cuadro 6.5. Costos de las Obras Civiles

OBRAS CIVILES	COSTO
Construcción de una Bocatoma.	\$ 175 000.00
Construcción de 2 Reservorios de 12.5 x 10 x 2.88. Instalación 95 Tubos de 0.25 m de diámetro x 6 m de longitud, PVC a lo largo del Canal de Conducción. Montaje, Instalación, Puesta en Marcha y Prueba de Funcionamiento del Sistema de Bombeo.	
COSTO TOTAL \$	\$ 175 000.00

Fuente: Cotización de Mache Constructores S.A.C.

6.6 Costo del Tablero Eléctrico

Cuadro 6.6. Costos del Tablero Eléctrico

EQUIPO	COSTO
TABLERO 2,200 x 570 x 427 mm	\$ 2 580.00
1 Interruptor Compact NS-160 N	\$ 659.00
1 Contactor KM31 Telemecanique LC1 – D40	\$ 845.00
2 Contactores KM11, KM21 Telemecanique LC1 – D65	\$ 1 450.00
Relé de Protección Térmica Telemecanique LR9-F5593	\$ 770.00
COSTO TOTAL	\$ 6 304.00

Fuente: Cotización MANELSA

6.7 Punto de Equilibrio

Se deben identificar los diferentes costos y gastos que intervienen en el proceso productivo. Para operar adecuadamente el punto de equilibrio es necesario conocer que el costo se relaciona con el volumen de producción y que el gasto guarda una estrecha relación con las ventas. Tantos costos como gastos pueden ser fijos o variables.

El Punto de Equilibrio sirve para determinar el volumen mínimo de ventas que la empresa debe realizar para no perder, ni ganar.

En el punto de equilibrio de un negocio **las ventas son iguales a los costos y los gastos**. Al aumentar el nivel de ventas se obtiene utilidad, y al bajar se produce pérdida.

Para calcular el punto de equilibrio, establecemos los costos variables, aquellos que se generen a lo largo de un año de producción (2 cosechas de maíz para nuestro caso), es decir, el excedente de costos de la 2da. cosecha, los cuales son: mantenimiento, pago de energía eléctrica, agua, personal, etc.

También debemos tomar en cuenta las ganancias obtenidas durante un año de producción.

Para obtener el Punto de Equilibrio evaluaremos:

a. Inversión Total

Se toma en consideración los Costos Totales de la Propuesta, Costos de Operación y Costos de Producción de maíz en la 1ra. Cosecha, para el periodo de 6 meses. En el Cuadro 6.7. se indica dichos Costos.

Cuadro 6.7. Costo de Operación y Servicio - Primera Cosecha

RUBROS	COSTOS
AGUA	\$ 1 400.00
ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 1 300.00
SUELDO DEL PERSONAL TÉCNICO	\$ 1 500.00
TRANSPORTE	\$ 1 000.00
TRACTOR, SEMBRADORA MECÁNICA	S 1 433.10
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN \$	\$ 6 633.10

Fuente: Elaboración Propia

Para estimar el Costo de Producción se considera el valor de adquisición de las plantas de maíz para 30 Ha

Cuadro 6.8. Costo de Producción del maíz x Cosecha

Costos de producción				
Labor	Unidad	Cantidad	Costo Unit. S/	Costo Total S/
A. Mano de Obra				1030.00
Siembra				
Arada o Barbecho	Jornal	5	10.00	50.00
Cruza	Jornal	4	10.00	40.00
Siembra	Jornal	4	10.00	40.00
1° Fertilización	Jornal	4	10.00	40.00
Traslado de fertilizantes	Jornal	2	10.00	20.00
Labores cotidianas				
Deshierbo	Jornal	15	10.00	150.00
Aporque	Jornal	12	10.00	120.00
2° Fertilización	Jornal	2	10.00	20.00
Control Gusano Cogollero	Jornal	4	10.00	40.00
Control Gusano Mazorquero	Jornal	6	10.00	60.00
Cosecha				
Recolección, carguio y despanque	Jornal	30	10.00	300.00
Desgrane (50% de la producción)	Jornal	15	10.00	150.00
B. Maquinaria / Equipos				280.00
Arada (Barbecho)	Yunta	5	20.00	100.00
1° Cruza	Yunta	4	20.00	80.00
2° Cruza	Yunta			
Surcado	Yunta	4	20.00	80.00
Traslado de fertilizantes	Acémila	2	10.00	20.00
C. Insumos				490.00
Semilla	Kg.	35	1.00	35.00
Desinfectante (VENCETHO/120 gr.)	Sobre		16.00	0.00
Gallinaza	Saco	30	9.50	285.00
Urea	Bolsa	2	55.00	110.00
Dipeterex 80% PS.	Kg.	0.5	70.00	35.00
Aceite comestible	Lr.	6	4.00	24.00

Fuente: Programa Desarrollo Rural Cajamarca

Cuadro 6.9. Costo de Producción. 1Año

COSTOS	6 MESES	1 AÑO	COSTO TOTAL
COSTO DE OPERACIÓN	6 633.10	13 266.20	\$ 13 266.20
COSTO PRODUCCIÓN	19 336.13	38 672.26	\$ 41 538.46
COSTO TOTAL \$			\$ 51 938.46

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.10. Costo Total de la Inversión - 1 Año

COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA	\$ 216 775.72
COSTO DE PRODUCCIÓN – 1 AÑO	\$ 51 938.46
COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN \$	\$ 268 714.18

Fuente: Elaboración Propia

b. Ganancias

La Ganancia estimada son los totales de una cosecha (por seis meses de producción) y luego para 01 año, que será tomada como base para la evaluación

del Punto de Equilibrio. Para obtener la ganancia total de producción, es importante saber los kilogramos de maíz que nos produce una planta. Así el Cuadro 6.11 nos muestra la ganancia anual del maíz.

Cuadro 6.11. Ingreso de Producción por 30 Ha

PRODUCCIÓN TON.		PRECIO x TON..	INGRESO x 30 TON.	
1 Ha	30 Ha		6 Meses	1 Año
4.5	135	\$ 461.54	62 307.90	124 615.80

Fuente: MINAG - 2012

Luego el Punto de Equilibrio lo evaluamos con la fórmula 6.1

$$P.E. = \frac{\text{Costos Fijos}}{1 - \frac{\text{Costos Variables}}{\text{Ventas Totales}}} \dots\dots\dots (6.1)$$

$$P.E. = \frac{268\,714.18}{1 - \frac{\$ 51\,938.46}{\$ 124\,615.80}}$$

$$P.E. = \$ 460\,749.29 \text{ Dólares}$$

El resultado del Punto de Equilibrio obtenido se interpreta como las ventas necesarias para que el proyecto opere sin pérdidas ni ganancias.

Las ventas anuales llegan a \$ 124 615.80, lo cual significa que a los 4 años de producción, se podrá tener este nivel de ventas. Al siguiente año, para la siguiente cosecha empezarán las ganancias.

Considerando que el tiempo de vida del Proyecto es de 10 años, empezar a ver utilidades a los 4 años indica que la ejecución del Proyecto es viable, además debemos considerar que en determinados años puede haber una sobreproducción y los valores tomados para evaluar son los mínimos.

CONCLUSIONES

1. El costo total anual del proyecto del Sistema de Bombeo, es de USD 268 714,18 y su ingreso USD 124 615.80 por el cultivo de las 30 hectáreas de maíz, lo que significa que a los 4 años de producción, en su punto de equilibrio, se podrá tener este nivel de ingreso, y al siguiente año empezará las ganancias.
2. Los resultados obtenidos en el estudio técnico económico del Sistema de Bombeo, indican que se puede abastecer de por lo menos 50 l/s de agua para regar al terreno de 30 Ha, que servirá para el cultivo de maíz; por lo que se concluye que es factible su construcción,
3. De los datos obtenidos del análisis de agua realizado por INDECI, a lo largo del río Lunahuaná, se concluye que el agua es apta para el cultivo de maíz amarillo duro y otros productos.
4. Los estudios realizados a las tierras de cultivo en el valle de Lunahuaná por la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, concluye que dichas tierras son aptas para el cultivo de maíz.
5. El estudio topográfico, análisis hidrológico del lugar, además del ciclo variable del río Cañete, concluye que la bocatoma a construir debe ser del tipo de barraje mixto, a fin de que permita aprovechar las ventajas de su estructura fija, utilizándose el resto, para un sistema de compuertas que serán utilizadas como desagüe de un canal denominado de limpia, que es contiguo a la zona de captación, que servirá para la eliminación de los materiales de acarreo.

RECOMENDACIONES

1. Es de vital importancia la ubicación de la estación de bombeo, así como de sus condiciones geográficas, derechos propietarios, disponibilidad de servicios de energía, agua, luz, y vehicular, etc.
2. Es importante el estudio de la calidad del agua, sus propiedades fisicoquímicas y biológicas para determinar si esta es apta para el cultivo de los productos que se quiere cultivar.
3. El estudio de la tierra, la determinación de su composición, es importante porque se puede determinar el tipo de planta a cultivar, la cantidad de agua que requiere y el tipo de riego que se puede utilizar.
4. El tiempo de permanencia del agua dentro de los Reservorios debe ser controlado, para evitar que se contamine y pueda ser perjudicial al cultivo.
5. La selección del diámetro óptimo de las tuberías debe realizarse mediante un análisis técnico-económico.
6. Se debe efectuar el cálculo para el golpe de ariete y la cavitación a fin de evitar que se presenten futuras fallas en el sistema de bombeo.
7. Se deben colocar dispositivos de control que permitan medir en todo momento las condiciones de operación del sistema y que se puedan detectar las fallas en corto tiempo. Estos dispositivos deben ser automáticos y como mínimo deben ser los siguientes dispositivos:
 - Medidor de niveles
 - Interruptor eléctrico accionado por flotador en el Reservorio húmedo conectado con el arrancador de la bomba
 - Interruptor eléctrico accionado por flotador en el tanque de descarga conectado con el arrancador de la bomba.
 - Alarmas

➤ Medidor de caudal afluente

8. La caseta de Control debe tener un techo removible que permita el retiro del mismo; además debe tener luz artificial y natural que permita una diferenciación clara de los comandos.
9. Los tableros eléctricos deben ser diseñados con mecanismos que permitan poner fuera de servicio a los dispositivos que controlan el sistema de bombeo.
10. Para la puesta en marcha se debe verificar las instalaciones eléctricas, sus conexiones y aislamientos, el correcto funcionamiento de interruptores, arrancadores, sensores y demás elementos de control; las válvulas y accesorios en su apertura y cierre. Los motores y válvulas deben estar perfectamente lubricados y alineados.
11. Se debe realizar pruebas preliminares de bombeo en condiciones normales y críticas de operación con el fin de detectar posibles errores y tomar las medidas correctivas antes de poner en funcionamiento el sistema.
12. Se debe realizar una prueba hidrostática al nivel máximo posible con el fin de detectar fugas y verificar el comportamiento estructural.
13. Debe observarse el comportamiento de manómetros, sensores, flotadores, indicadores de nivel y demás dispositivos de control para asegurar el normal funcionamiento del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

1. ROBERT L. MOTT. Mecánica de Fluidos. Sexta Edición. México. Editorial Pearson Educación 2006. Cap. 6 (pág. 154 al 169); Cap. 7 (pág. 197 al 204); Cap. 8 (pág. 227 al 238) Cap. 10 (pág. 278 al 303); Cap. 11 (pág. 326 al 327); Cap. 13 (pág. 410 al 415).
2. J.M. DE AZEBEDO NETTO Y GUILLERMO ACOSTA ÁLVAREZ. Manual de Hidráulica. Sexta Edición. México. Editorial Edgar Blucher Ltda. 1975. Cap. 13 (pág. 163 al 164); Cap. 19 (pág. 292 al 297).

Tesis

3. CARO, Maura Rosa. "Proceso Constructivo del Reservorio y Canales del Proyecto de Mejoramiento de Riego Huaricorpa", Informe de Suficiencia para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. UNI. 2004. Cap. 1 (pág. 6 al 11). Cap. 2 (pág. 27 al 31). Cap. 3 (pág. 53 al 54).
4. CÓRDOVA, Jorge. "Formulación y Diseño del Proyecto de Saneamiento Unipampa Zona 08. Diseño del Reservorio", Informe de Suficiencia para optar el título de Ingeniero Civil. UNI. 2007. Cap. 2 (pág. 22 al 27).
5. CASANOVA, José. "Cálculo de una Bocatoma", Tesis de Grado para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. UNI. 1961. Cap. 2 (pág. 32). Cap. 3 (pág. 44 al 45).
6. SALAZAR, Miguel. "Diseño de la Bocatoma y Canal de Conducción Tolón", Informe de Suficiencia para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. UNI. 1998. Cap. 3 (pág. 55 al 62).

Manuales

7. HIDROSTAL. Manual del usuario. Instalación, Operación y Mantenimiento. 2012. (pág. 3 al 8).

Catálogos

8. EATON. Dispositivos de un Tablero Eléctrico. 2012. (pág. 3 – 19).
9. HIDROSTAL Bombas Centrífugas. Tipos, Características Técnicas – Curvas. 2012. (pág. 1 al 3).
10. TUBOPLAST. Especificaciones Técnicas. Tuberías y Accesorios PVC Rígido y Polietileno. 2012. (pág. 4 – 9).

Información de Internet

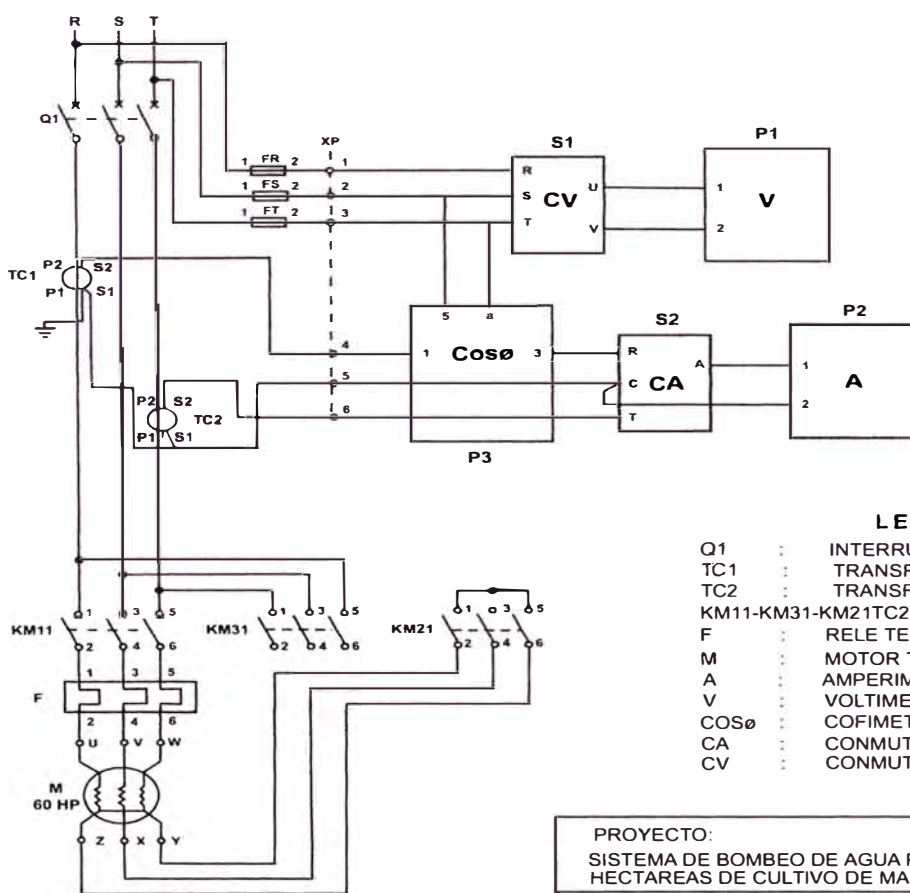
11. MINAG. *Datos de Interés*. Disponible en:
<http://www.minag.gob.pe/download/pdf> (Consulta 20 octubre 2010).
 Cap. 2 (pág. s/n).
12. CÁTEDRA DE INGENIERIA RURAL. Golpe de Ariete. Disponible en:
http://www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_hidr/Tema10.pdf. Pág. (7).
13. MANUAL. Manejo tecnificado del cultivo de maíz en la sierra. Disponible en:
http://www.pdrs.org.pe/img_upload_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/
14. MANUAL_MANEJO_TECNIFICADO_DEL_CULTIVO_DE_MA_Z.pdf. (Pág. 19 al 22).
15. ESTUDIO MAPA DE PELIGROS PLAN DE USOS DEL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ÚNICA – INDECI. Disponible en:
http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Lima/canete/canete_2002.pdf. Pág. (11).
16. CURSO DE RIEGO PARA AGRICULTORES. Disponible en:
http://assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf. Pág. (6).

PLANOS

LISTA DE PLANOS

- PLANO 1.** DIAGRAMA DEL TABLERO GENERAL
- PLANO 2.** DIAGRAMA GENERAL DEL ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO
- PLANO 3.** PLANO DE UBICACIÓN DEL TERRENO
- PLANO 4.** DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE RIEGO PARA LAS 30 HA.

PLANO 1. DIAGRAMA DEL TABLERO GENERAL

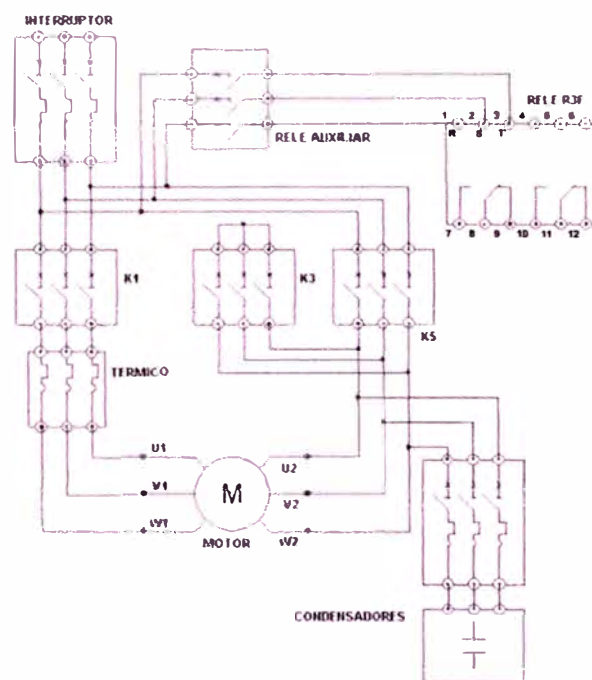


LEYENDA

- Q1 : INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
- TC1 : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
- TC2 : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
- KM11-KM31-KM21TC2 : CONTACTORES
- F : RELE TERMICO
- M : MOTOR TRIFASICO
- A : AMPERIMETRO
- V : VOLTIMETRO
- Cosφ : COFIMETRO
- CA : CONMUTADOR AMPERIMETRICO
- CV : CONMUTADOR VOLTIMETRICO

PROYECTO: SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO DE 30 HECTAREAS DE CULTIVO DE MAIZ EN LUNAHUANA	PLANO E-01
PROFESIONAL: BACH. CARLOS RIVAS LEVANO	
DIAGRAMA DEL TABLERO GENERAL	

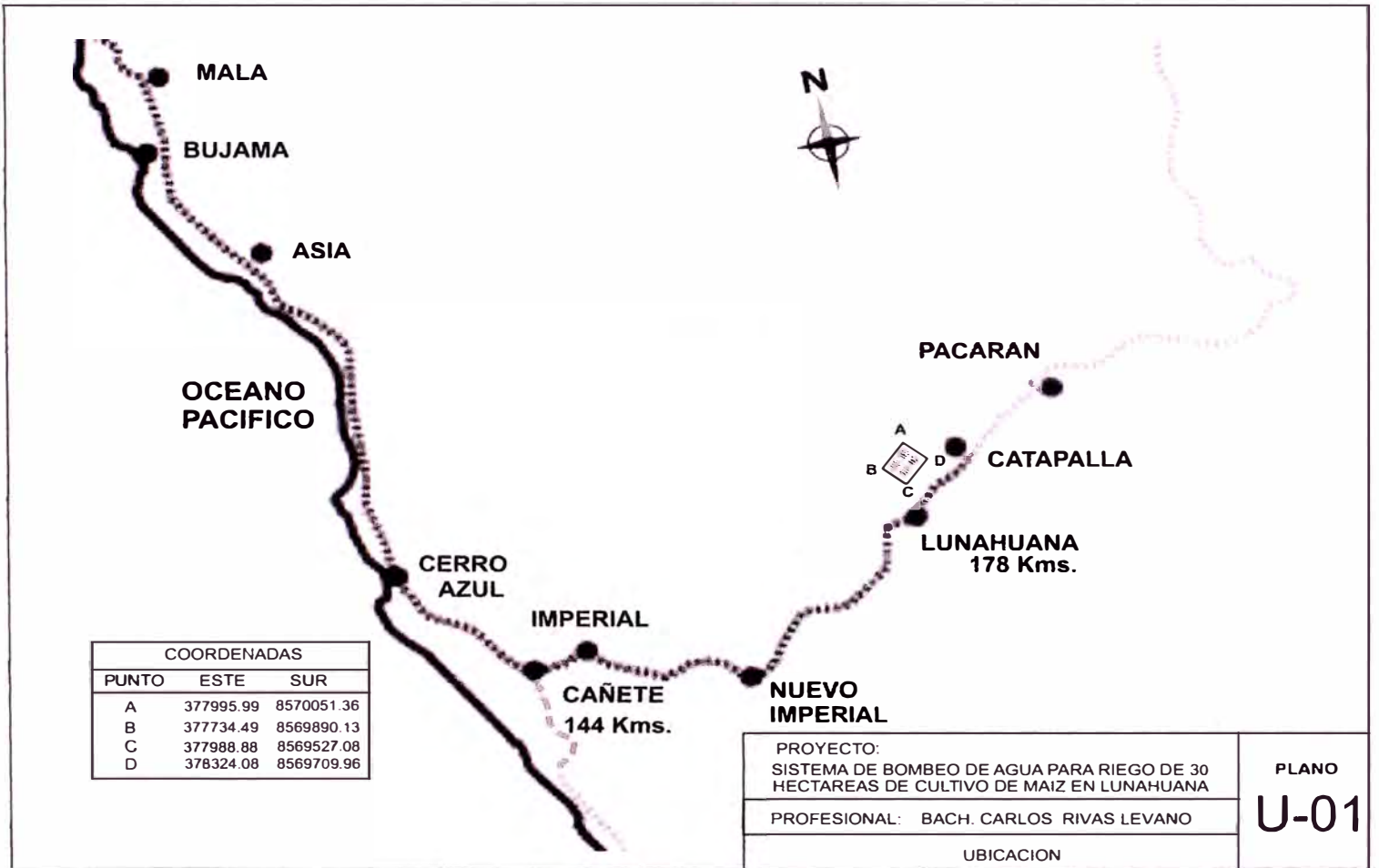
PLANO 2. DIAGRAMA GENERAL DEL ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO



PROYECTO: SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO DE 30 HECTAREAS DE CULTIVO DE MAIZ EN LUNAHUANA
PROFESIONAL: BACH. CARLOS RIVAS LEVANO
DIAGRAMA GENERAL ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

PLANO
E-02

PLANO 3. PLANO DE UBICACIÓN DEL TERRENO



PLANO 4. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE RIEGO PARA LAS 30 HA.**SISTEMA DE DISTRIBUCION DE RIEGO PARA LAS 30 HECTAREAS**