

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DISEÑO, INSTALACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA RED DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA CON FINES DE RIEGO PARA EL
FUNDO LOBO DISTRITO LA HUACA – PROVINCIA DE PAITA,
PIURA”**

Presentado por:

BACH. RICARDO MANUEL BONILLA MIGLIA

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRICOLA**

Lima – Perú

2017

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis
(Art. 24 del Reglamento de Propiedad Intelectual)**

ÍNDICE

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	2
III.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
	3.1 RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CON FINES DE RIEGO	3
	3.2 COMPONENTES DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	4
	3.3 DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO	12
IV.	DESARROLLO DEL TEMA	20
	4.1. ETAPA DE DISEÑO	20
	4.2. ETAPA DE INSTALACIÓN	31
	4.3. ETAPA DE EVALUACIÓN	55
	4.4. RESULTADOS	57
	4.5. DISCUSIONES	69
V.	CONCLUSIONES	71
VI.	RECOMENDACIONES	73
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
VIII.	ANEXOS	75

RESUMEN

Durante los años 2013-2014, en el distrito de La Huaca, provincia de Paita, departamento de Piura se instaló una red de abastecimiento en la Agrícola del Chira para abastecer de agua a 2031 has de caña de azúcar. El objetivo principal del presente trabajo es el diseño, instalación y evaluación de la red de abastecimiento de agua con fines de riego. La primera parte del trabajo comprende la revisión bibliográfica donde se menciona que es una red de abastecimiento de agua, cuáles son sus componentes y cuáles son los parámetros necesarios para realizar el diseño hidráulico de la red y como se calculan. Con los conceptos básicos explicados se describe la metodología que se empleó para realizar el estudio propuesto. La metodología consta de tres etapas: etapa de diseño, etapa de instalación, etapa de evaluación. Seguido de esto, se discuten los resultados obtenidos durante las etapas del trabajo. Al final del trabajo se concluye que, a partir de los resultados obtenidos, se logra realizar el diseño, instalación y evaluación de la red de abastecimiento de agua de manera eficiente. Por último, se recomienda que, durante las etapas del proyecto, se busque experiencias similares en diseño, instalación y evaluación de redes de abastecimiento con la finalidad de conocer problemas y/o soluciones que se dieron en dichas experiencias.

I. INTRODUCCIÓN

Agrícola del Chira es una empresa dedicada a la producción de caña de azúcar para fines industriales, como es la generación de etanol a partir de esta. El fundo Lobo, ubicado en el distrito de la Huaca, provincia de Paita, departamento de Piura es uno de los campos de la empresa Agrícola del Chira, y es en este lugar donde se sembraron 2031 has. de caña de azúcar. Dichas hectáreas de cultivo tienen sistemas de riego que son alimentados a partir de dos grandes reservorios ubicados dentro del fundo. La fuente de agua que se utiliza para abastecer dichos reservorios proviene del río Chira, para lo cual se tiene una toma que capta el agua del río a través de dos canales. La red de abastecimiento de agua, el cual es objeto de estudio en el presente trabajo monográfico se encarga de impulsar y conducir el agua desde la toma del río Chira hasta los reservorios, los cuales se encuentran ubicados a 11.20 km de la toma y a 70 metros por encima de esta.

El problema central identificado en el tema desarrollado, fueron los grandes volúmenes de agua que se debían impulsar a través de largas distancias en un terreno con una topografía irregular. Así mismo, el agua al provenir directamente del río contiene gran cantidad de arenas que producen un desgaste prematuro en los componentes de la red.

Según esto se justifica el tema desarrollado en el trabajo pues brinda una metodología que permitirá diseñar, instalar y evaluar redes de abastecimiento de agua en proyectos de irrigación de gran envergadura, como es el caso de Olmos y Majes – Sigvas II.

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar, instalar y evaluar una red de abastecimiento de agua con fines de riego, considerando los parámetros técnicos adecuados, según las condiciones del entorno.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

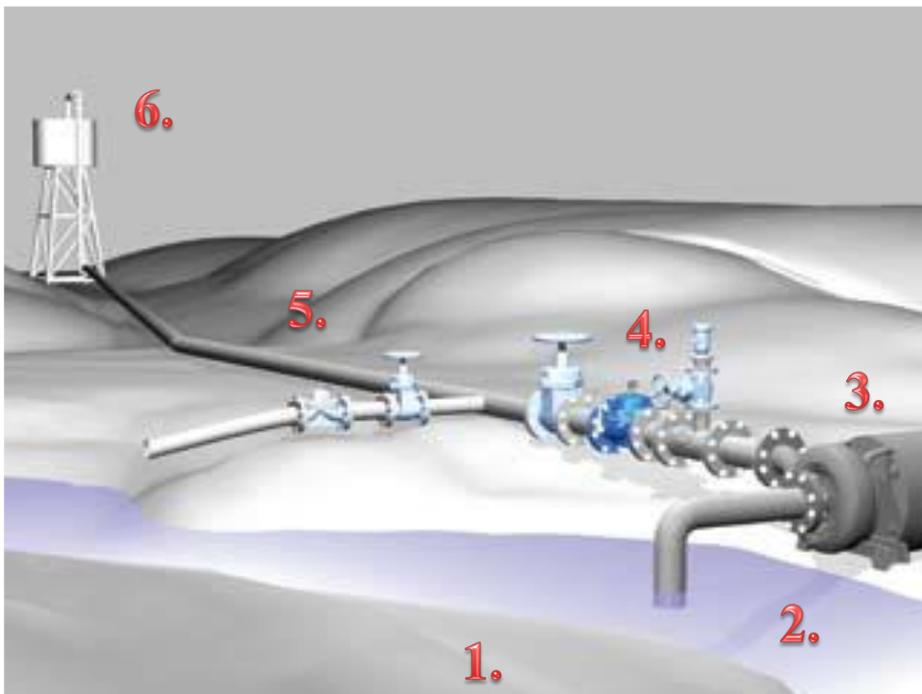
- Realizar el diseño hidráulico de la red de abastecimiento de agua.
- Instalar la red de abastecimiento de agua de manera eficiente.
- Evaluar la red de abastecimiento, luego de un tiempo de uso, para constatar la correcta operación de la red en el tiempo.
- Evaluar el estado de los componentes de la red de abastecimiento, para determinar si se ha realizado un adecuado mantenimiento preventivo de estos.

III. REVISIÓN DE BIBLIOGRÁFICA

3.1. RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CON FINES DE RIEGO

Una red de abastecimiento de agua con fines de riego es un conjunto de componentes construidos para captar, impulsar y conducir el agua requerida por un equipo de riego para satisfacer las necesidades hídricas de un área de cultivo. En la Figura 1 se observa los componentes de una red de abastecimiento de agua.

Figura 1: Componentes de una red de abastecimiento con fines de riego



- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1. Fuente de abastecimiento | 4. Válvulas de regulación |
| 2. Obra de captación | 5. Aducciones |
| 3. Equipo de bombeo | 6. Reservorio |

3.2. COMPONENTES DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

3.2.1. FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Es el espacio natural o artificial donde una red de abastecimiento toma el agua necesaria para alimentar los equipos de riego. ORTIZ (2006), indica que un sistema de abastecimiento de agua puede contar con una o más fuentes de abastecimiento, esto depende de la demanda de agua que se requiera. Existen dos tipos de fuentes de abastecimiento: superficiales (ríos, arroyos, lagos, lagunas y embalses o presas) y subterráneas (pozos y nacimientos).

3.2.2. OBRA DE CAPTACIÓN

ORTIZ (2006), menciona que una obra de captación es la estructura o grupo de estructuras que nos permiten tomar de manera eficiente el agua de la fuente elegida. En dicha obra deben de considerarse ciertos aspectos, independientemente del tipo de fuente, con la finalidad de garantizar un correcto desempeño de la misma, son los siguientes:

- Evitar el acceso de agua, tierra, hojas, etc., en su superficie para prevenir la contaminación del agua captada de la fuente.
- Debe contar con ventilación y algún dispositivo de rebalse, a fin de que una inundación en la captación no dañe algún componente de la red, como por ejemplo el equipo de bombeo.
- El acceso a la obra debe estar restringido para garantizar la seguridad, estabilidad y funcionamiento de la misma.

3.2.3. EQUIPO DE BOMBEO

Según la OPS (2005), las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio.

Cuando en una red de abastecimiento de agua, la energía hidráulica con la que se dispone no es suficiente para cumplir con los requerimientos del diseño, es decir, el agua no llega a su destino (reservorios), se instalan equipos de bombeo, los cuales incrementan la energía existente mediante la aplicación de energía externa. Un equipo de bombeo consta de una o varias bombas con sus correspondientes tuberías de succión y descarga, así como las instalaciones civiles y electromecánicas adecuadas para su operación. En la Figura 2 se muestra un equipo de bombeo que toma el agua de la obra de captación y la impulsa a través del sistema de conducción.

Figura 2: Equipo de bombeo



- **Bomba hidráulica**

ORTIZ (2006), indica que una bomba es una máquina hidráulica que transfiere energía mecánica a un fluido. Al incrementar la energía del agua, aumenta la presión y velocidad de esta, permitiendo mover el fluido de una zona de mayor presión a otra de menor presión. Las bombas se clasifican según su tipo de accionamiento en:

- **Electrobombas.** Genéricamente, son aquellas accionadas por un motor eléctrico.
- **Motobombas.** Accionadas por motores de combustión interna.
- **Bombas neumáticas.** Son bombas en las que la energía de entrada es neumática, normalmente a partir de aire comprimido.
- **Bombas de accionamiento hidráulico.** Son accionadas por energía hidráulica como por ejemplo la bomba de ariete.

3.2.4. VÁLVULAS

Es el conjunto de válvulas hidráulicas o mecánicas que cumplen la función de regular los parámetros hidráulicas del agua dentro de las tuberías, como son la presión, el caudal, la velocidad del fluido, o la función de proteger el sistema de los diversos fenómenos hidráulicos que ocurren dentro de este como los golpes de ariete, sobrepresiones, cavitación de las bombas, etc. Entre las válvulas que cumplen la función de regulación tenemos a las válvula sostenedora – reductora de presión, válvula reguladora de caudal, válvula mariposa. Las principales válvulas que protegen al sistema son la válvula de alivio rápido de presión, válvula de aire y válvula check.

- **Válvula sostenedora – reductora de presión**

DOROT (2010), indica que una válvula sostenedora mantiene una presión mínima aguas arriba, independiente de las variaciones del caudal en la línea, evitando que las bombas caviten por exceso de caudal. La válvula reductora mantiene una presión determinada aguas abajo, independientemente de los cambios de presión agua arriba o variaciones de caudal, evitando que se produzcan roturas en las tuberías.

- **Válvula reguladora de caudal**

Según DOROT (2010), una válvula reguladora de caudal limita el caudal aguas abajo a un valor preestablecido, independientemente de los cambios de presión aguas arriba de la misma, evitando excesos de caudal en los puntos de descarga del sistema (reservorios).

- **Válvula mariposa**

Según ORTIZ (2006), las válvulas mariposa o compuerta se utilizan en tramos de tuberías con poca presión de flujo para cesar o permitir el paso del agua. Esta regulación se hace manualmente por medio de una palanca o manivela que tiene la válvula. Al cortar el acceso de agua en la red se puede hacer reparaciones en las tuberías o dar mantenimiento a otros componentes de la red.

- **Válvula de alivio rápido de presión**

DOROT (2010), menciona que una válvula de alivio rápido de presión se abre instantáneamente cuando la presión en la tubería sobrepasa un valor predeterminado de seguridad, aliviando así la presión excesiva de la red, protegiendo las tuberías de posibles roturas.

- **Válvula check**

ORTIZ (2006), indica que una válvula check permite que el agua fluya en una sola dirección, se utilizan generalmente para impedir regreso de flujo. Así mismo, esta válvula permite reducir el efecto del golpe de ariete en las tuberías al detener las ondas que se generan en sentido contrario al flujo cuando se produce este fenómeno hidráulico.

- **Válvula de aire**

La OPS (2004), menciona que el aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área del flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire automáticas (ventosas). Estas válvula por una parte cumple una función cinética, es decir expulsa o succiona aire de las tuberías según se prenda o apague el sistema respectivamente, evitando que estas se dilaten o compriman, pudiéndose dañar. Así mismo, cumple una función dinámica, puesto que expulsa el aire retenido en las tuberías mientras la red está operando, no permitiendo que se reduzca el diámetro efectivo por donde pasa el agua.

3.2.5. ADUCCIONES O LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

Según ORTIZ (2006), las líneas de conducción tienen la función de conducir o llevar el agua captada de la fuente hasta el lugar de su almacenamiento. La conducción puede realizarse de dos maneras, por gravedad o por bombeo, esto depende de las condiciones topográficas del terreno por donde pasara la línea.

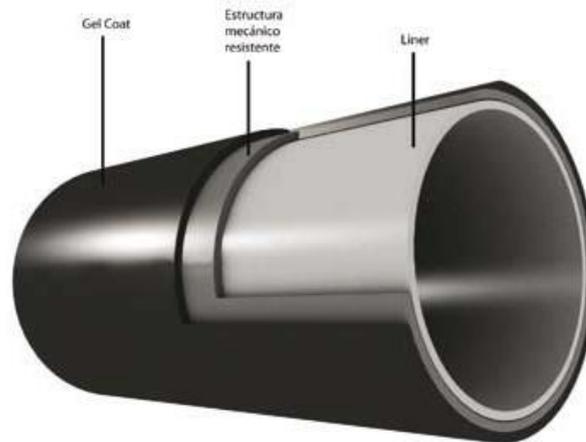
El material del cual están fabricados las aducciones varía y depende del tipo de fluido que se va a conducir, los parámetros hidráulicos del fluido, la topografía del terreno, los costos de las tuberías, etc. Los principales materiales son: policloruro de vinilo (PVC), polietileno (PE), fibra de vidrio (PRFV o GRP). Así mismo, las aducciones se fabrican con diferentes timbrajes o clases dependiendo de la presión del agua dentro de la tubería.

- **Tuberías de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV)**

RIVAL (2010), menciona que las tuberías de PRFV se utilizan en acueductos, desagües cloacales, desagües industriales, redes de riego, plantas potabilizadoras, redes de abastecimiento de agua, etc. La pared de la tubería de PRFV es una estructura monolítica compuesta de tres capas diferentes (ver Figura 3).

- **Liner.** Es una barrera química interna en contacto con el fluido. Garantiza la estanqueidad de la tubería y la resistencia química.
- **Estructura mecánico – resistente.** Garantiza las características mecánicas de la tubería. Está formada por las siguientes materias primas: resinas, fibra de vidrio y materias primas auxiliares (acelerantes, catalizadores y arena silícea)
- **Gel Coat.** Es la protección externa de la tubería con el agregado de inhibidores de rayos ultravioleta.

Figura 3: Composición de la tuberías de PRFV



En el Cuadro 1 se muestran otras propiedades de las tuberías de PRFV.

Cuadro 1. Propiedades mecánicas de las tuberías de PRFV

PROPIEDAD	VALOR
Tensión circunferencia (N/mm ²)	220-250
Tensión axial (N/mm ²)	110-130
Resistencia circunferencial a flexión (N/mm ²)	330-370
Módulo de tracción circunferencial (N/mm ²)	20000-25000
Módulo de tracción axial (N/mm ²)	10000-14000
Módulo de flexión circunferencial (N/mm ²)	20000-25000
Relación de Poisson Circ./Axial μ_{hl}	0.30-0.55
Coefficiente de expansión térmica lineal (1°C)	$1.8 \cdot 10^{-5}$
Gravedad específica (kg/m ³)	1850
Conductividad eléctrica (MOhm/m)	10^9

Fuente: RIVAL, DIVISION PRFV. Manual de tuberías de PRFV (2010). 5 pp.

Las tuberías de PRFV presentan en un extremo una espiga y en el otro una campana o enchufe, los cuales se utilizan para unir los tramos de tubería y así formar las líneas de conducción. RIVAL (2010), menciona que la unión, la espiga y enchufe es totalmente monolítica con el tubo. La estanqueidad hidráulica se consigue mediante anillos elastómeros, colocados en hendiduras circunferenciales mecanizadas en un sobreespesor de la espiga. Este sobreespesor que también se encuentra en la campana, otorga rigideces muy altas que garantizan una junta estable, prácticamente sin deformaciones. Lo antes descrito permite la misma performance tanto para altas presiones como para vacío. En la Figura 4 se muestra como es la unión espiga - campana entre tuberías de PRFV.

Figura 4. Conexión entre tuberías de PRFV

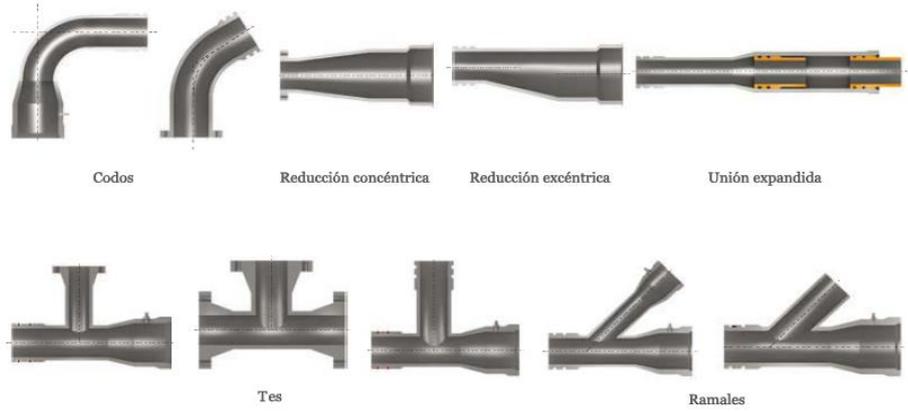


- **Accesorios de PRFV**

RIVAL (2010), indica que con el plástico reforzado con fibra de vidrio se puede fabricar una gama muy grande de accesorios, permitiendo resolver integralmente los proyectos sin necesidad de recurrir a otros materiales. Las uniones de las piezas son idénticas a las de las tuberías teniendo además la posibilidad de una combinación de cualquiera de ellas.

Los extremos de los accesorios pueden ser espigados, campanados, bridados o lisos según el tipo de conexión que se quiera hacer. La Figura 5 muestra los distintos tipos de accesorios de PRFV que se tienen.

Figura 5. Accesorios de PRFV



3.2.6. RESERVORIO

Según la OPS (2004), el reservorio es la instalación destinada al almacenamiento de agua para mantener el normal abastecimiento durante el día, con fin de garantizar un suministro continuo. Así mismo, los reservorios sirven como grandes desarenadores empleados para decantar de manera natural todos aquellos sólidos suspendidos (arenas, limos, etc.) que contiene el agua y que pueden obstruir los diferentes componentes de los sistemas de riego.

En algunos casos los reservorios tienen contruidos en su entrada desarenadores para decantar las arenas que contiene el agua que ingresa a estos. De esta forma la colmatación de arenas en la base del reservorio se reduce, permitiendo que los mantenimientos se realicen en un intervalo de tiempo más largo que tendrá como consecuencia un menor costo operativo.

Los reservorios generalmente se construyen de manera rectangular y están recubiertos por geomenbranas para impedir que el agua se filtre en el terreno. Los reservorios tienen una toma por donde el agua almacenada ingresa a una cámara seca, que vendría a ser la estructura donde se instalan los equipos de bombeo de los sistemas de riego para succionar el agua e impulsarla a las áreas de cultivo.

3.3. DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO

Los cálculos hidráulicos que se emplean para diseñar las redes de abastecimiento se basan en factores como las condiciones hidráulicas del agua dentro de la tubería (caudal, presión), características de la tubería (longitud, diámetro, material, clase) y topografía del terreno. Antes de realizar el diseño hidráulico de las redes de abastecimiento se debe contar con la siguiente información:

- Requerimiento hídrico del cultivo.
- Extensión del cultivo.
- Plano topográfico con la distribución de las aducciones.
- Calidad del agua.

Los principales cálculos hidráulicos que se utilizan para el diseño son: el caudal de diseño, la pérdida de carga (total y unitaria) por rozamiento en tuberías, pérdida de carga en singularidades, desnivel de la tubería, presión dentro de la tubería, velocidad del agua dentro de la tubería, presión requerida por el sistema, línea de gradiente hidráulico, cálculo del golpe de ariete y calculo de sobrepresiones y depresiones en las tuberías.

A partir de los resultados que se obtienen de estos cálculos se va a determinar los diámetros y timbrajes de las tuberías y se va a poder seleccionar el equipo de bombeo requerido por la red de abastecimiento.

3.3.1. CAUDAL DE DISEÑO

Es el caudal máximo que pasara a través de las líneas de aducción. Se obtiene a partir del requerimiento hídrico y extensión del cultivo.

$$Q = \frac{\text{Demanda cultivo} \times \text{Área}}{\text{Horas impulsión} \times 3.6}$$

Q: caudal de diseño (l/s)

Demanda de cultivo: requerimiento hídrico del cultivo diario por hectárea (m³/hr/ha)

Área: extensión del cultivo (has)

Horas impulsión: número de horas de impulsión diarias

3.3.2. PÉRDIDA DE CARGA TOTAL POR ROZAMIENTO EN TUBERIAS

Hay muchas fórmulas hidráulicas para calcular la pérdida de carga en tuberías. La siguiente corresponde a la formula de Hazen-Williams:

$$H_f = \sqrt[0.54]{\left(\frac{Q}{278.5 \times C \times d^{2.63}}\right)} \times l$$

H_f: pérdida de carga total por rozamiento en tuberías (m)

Q: caudal (l/s)

C: coeficiente de Hazen-Williams

d: diámetro interior de la tubería (m)

l: longitud de la tubería (m)

Cuadro 2. Coeficiente de Hazen-Williams

MATERIAL	C
Plástico	150
Fibro cemento	140
Hormigón	128
Acero nuevo	120
Acero usado	110
Fundición nueva	100
Fundición usada	85

Fuente: PIZARRO CABELLO, Fernando (1996). Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF). 278 pp.

3.3.3. PÉRDIDA DE CARGA UNITARIA POR ROZAMIENTO EN TUBERÍAS

PIZARRO (1996), indica que la pérdida de carga unitaria no tiene dimensiones y se puede expresar en tanto por uno (m/m) o en tanto por 100 (m/100 m). Generalmente se expresa en porcentaje.

$$J = \frac{H_f}{l} \times 100$$

J: pérdida de carga unitaria por rozamiento en tuberías (%)

H_f: pérdida de carga total por rozamiento (m)

l: longitud de la tubería (m)

3.3.4. PÉRDIDA DE CARGA EN SINGULARIDADES

Es la pérdida de carga por rozamiento generada en todos aquellos accesorios (codos, tees, etc) y válvulas instalados en las líneas de aducción. Las pérdidas de carga de los diferentes accesorios y válvulas los podemos encontrar tablas hechas por los propios fabricantes a partir de análisis de laboratorio. Las pérdidas en singularidades son función del diámetro del accesorio o válvula y del caudal de agua que pasa a través de ellos.

Otra forma de calcular las pérdidas de carga en singularidades es a través de una longitud equivalente a la de la tubería pero es menos exacto que el primer método.

$$H_s = H_a + H_v$$

H_s: pérdida de carga en singularidades (m)

H_a: pérdida de carga en accesorios (m)

H_v: pérdida de carga en válvulas (m)

3.3.5. DESNIVEL

El desnivel es la diferencia de altura entre la cota al final de un tramo de tubería y la cota al inicio de esta. Para casos de análisis un signo positivo del desnivel indica que la tubería esta en contrapendiente, generando perdidas de carga pues se debe ejercer una presión igual al desnivel para elevar la columna de agua hasta la cota superior. Un valor negativo por lo contrario indica que la tubería está a favor de la pendiente, generando una ganancia de presión en el sistema.

$$\text{Desnivel} = \text{Cota final} - \text{Cota inicial}$$

Desnivel (m)

Cota al final del tramo de tubería (m)

Cota al inicio del tramo de tubería (m)

3.3.6. PRESIÓN DENTRO DE LA TUBERÍA

La presión al final de un tramo de tubería viene a ser la diferencia entre la presión al comienzo de este tramo menos las pérdidas de carga generadas entre estos dos puntos.

$$\text{Presion final} = \text{Presion inicial} - (\text{Hf} + \text{Hs} + \text{Desnivel})$$

Presión al final del tramo de tubería (m)

Presión al comienzo del tramo de tubería (m)

Hf: pérdida de carga por rozamiento en el tramo de tubería (m)

Hs: pérdida de carga por singularidades en el tramo de tubería (m)

Desnivel en el tramo de tubería (m)

3.3.7. VELOCIDAD DEL AGUA

La velocidad del agua dentro de la tubería es un parámetro que se utiliza para determinar los diámetros de las tuberías. Para esto se considera que las velocidades dentro de la tubería no deben exceder los 1.6 m/s. Cabe mencionar que hay casos donde

la velocidad dentro de la tubería puede exceder este valor, solo si la tubería está hecha de un material que soporte los golpes de ariete que generan las altas velocidades.

$$V = \frac{Q}{785.375 \times d^2}$$

V: velocidad del agua (m/s)

Q: caudal (l/s)

d: diámetro interior de la tubería (m)

3.3.8. TIEMPO DE PASO DEL AGUA

Es el tiempo que tarda en pasar el caudal de agua a través de un tramo de tubería. Así mismo, nos permite calcular el tiempo que tarda en llegar el agua desde la obra de captación hasta el reservorio.

$$\text{Tiempo} = \frac{l}{V \times 60}$$

Tiempo de paso del agua (min)

l: longitud de la tubería (m)

V: velocidad del agua (m/s)

3.3.9. PÉRDIDA DE CARGA EN EL CABEZAL DE BOMBEO

Las pérdidas de carga en el cabezal de bombeo son la carga de succión, que según la OPS (2005), es la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente o captación, afectado por la pérdida de carga en el lado de la sección. La otra pérdida que se genera en el cabezal de bombeo es la pérdida por rozamiento en las caldererías de bombeo, que están formadas generalmente por tuberías y accesorios de acero y válvulas hidráulicas y/o manuales.

$$H_b = H_s + H_c$$

Hb: pérdida de carga en el cabezal de bombeo (m)

Hs: carga de succión (m)

Hc: pérdida de carga en la calderería de bombeo (m)

3.3.10. PRESIÓN REQUERIDA POR EL SISTEMA

Es la presión que requiere la red para poder impulsar el agua desde la toma de captación hasta el reservorio. Esta presión viene a ser la suma de todas las pérdidas de carga generadas en las tuberías, singularidades y el cabezal de bombeo. Esta dado por la siguiente fórmula:

$$H_t = H_b + H_f + H_s + \text{Desnivel} + \text{Hotros}$$

Ht: presión requerida por el sistema (mca)

Hb: pérdida de carga en el cabezal de bombeo (m)

Hf: pérdida de carga por rozamiento en tuberías (m)

Hs: pérdida de carga en singularidades (m)

Desnivel (m)

Hotros: pérdida de carga en componentes exclusivos de cada red de abastecimiento y porcentaje de seguridad (m)

3.3.11. LINEA DE GRADIENTE HIDRÁULICO

La OPS (2004), menciona que la línea de gradiente hidráulico es la línea que indica la presión en columna de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación.

3.3.12. GOLPE DE ARIETE

Según ORTIZ (2006), el golpe de ariete o waterhammer puede definirse como el fenómeno hidráulico ocasionado por rápidas fluctuaciones en el flujo debido a la interrupción o inicio súbitos del flujo en una tubería, produciendo una variación de presión por encima o debajo de la presión de operación y cambios bruscos en la velocidad del flujo. En consecuencia, cuando se apaga bruscamente una bomba o se

cierra una válvula en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas del fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido.

Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería. Cuando todo el fluido que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal. Conjuntamente, estos efectos provocan otra onda de presión en el sentido contrario. El fluido se desplaza en dirección contraria pero, al estar la válvula cerrada, se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. Al reducirse la presión, el fluido puede pasar a estado gaseoso formando una burbuja mientras que la tubería se contrae. Al alcanzar el otro extremo de la tubería, si la onda no se ve disipada, se reflejará siendo mitigada progresivamente por la propia resistencia a la compresión del fluido y la dilatación de la tubería.

$$\text{Golpe de ariete} = C \times \frac{V}{g}$$

Golpe de ariete (mca)

C: velocidad de onda de la sobrepresión o depresión (m/s)

V: velocidad del agua (m/s)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

$$C = \sqrt{\frac{\frac{K}{\gamma}}{1 + \frac{K}{E} \times \frac{d}{e}}}$$

C: velocidad de onda de la sobrepresión o depresión (m/s)

K: módulo de compresibilidad del fluido (kg-f/cm²)

γ: densidad del fluido (kg/cm³)

E: módulo de elasticidad del material del que está hecho la tubería (kg-f/cm²)

d: diámetro interior de la tubería (m)

e: espesor de la tubería (m)

3.3.13. SOBREPRESIONES Y DEPRESIONES

Sobrepresión = Presión_o + Golpe de ariete

Depresión = Presión_o – Golpe de ariete

Sobrepresión o depresión producida en la tubería (mca)

Presión_o: presión dinámica en el punto más bajo de la tubería donde la sobrepresión y/o depresión es mayor.

Golpe de ariete (mca)

IV. DESARROLLO DEL TEMA

El tema propuesto en el trabajo monográfico consta de tres etapas: diseño, instalación y evaluación de la red de abastecimiento de agua. En cada una de estas se emplearon distintas técnicas, procedimientos y materiales. En el Cuadro 3 se muestra a detalle las etapas del trabajo según la secuencia cronológica con las que se realizaron.

4.1. ETAPA DE DISEÑO

Es la primera etapa del trabajo. En ella se recopiló información de campo y teórica para poder realizar el diseño hidráulico de la red de abastecimiento. Terminado el diseño se realizó el metrado de los materiales y servicios que se emplearon en el sistema para elaborar un presupuesto. La etapa concluyó con la elaboración de un cronograma de las actividades de la siguiente etapa del trabajo monográfico.

4.1.1. VISITA A CAMPO Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En octubre del 2012 se realizaron 02 viajes al departamento de Piura, provincia de Paita, distrito de La Huaca para visitar la zona donde se iba a instalar la red de abastecimiento de agua y poder recopilar la información necesaria para realizar el diseño de este. Así mismo, dichos viaje permitieron conocer las condiciones (topografía, calidad de agua, clima, etc.) de la zona y cual es la finalidad que la red iba a cumplir.

La fuente de agua que utiliza la red de abastecimiento proviene del río Chira, el cual contiene gran cantidad de arenas que producen un desgaste prematuro en los componentes del sistema. En el ANEXO 1 se muestra un análisis de agua del río Chira, tomado en la zona del proyecto. A partir de este se pudo determinar la calidad del agua que se iba a impulsar. Cabe mencionar que el presente trabajo considera el diseño, instalación y evaluación del equipo de bombeo, válvulas de regulación y aducciones de la red de abastecimiento. Los otros componentes del sistema (obra de captación y reservorios) solo se presentaran en el trabajo, pues ya se encontraban contruidos antes del comienzo de la instalación del sistema. En el ANEXO 2 se muestra una imagen satelital con la ubicación de la red de abastecimiento de agua que se instaló para tener una mejor perspectiva.

Cuadro 3. Etapas del tema desarrollado en el trabajo monográfico

N°	ETAPA	ACTIVIDAD	2012												2013												2014											
			OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV										
1	Diseño	Visita a campo y recopilación de información																																				
2		Revisión bibliográfica y antecedentes																																				
3		Levantamiento topográfico del área de estudio																																				
4	Diseño	Trazado de las aducciones dentro del plano topográfico																																				
5		Diseño hidráulico de la red de abastecimiento																																				
6		Diseño y dibujo de las caldererías de acero																																				
7		Diseño del sistema de lubricación y desarenado del equipo de bombeo																																				
8	Diseño	Metrado de los materiales y servicios empleados en el proyecto																																				
9		Elaboración de un presupuesto a partir de los metrados obtenidos																																				
10	Instalación	Elaboración de un cronograma de actividades																																				
11		Compra, suministro y traslado a campo de los equipos y componentes																																				
12		Marcado y excavación de las zanjas de las aducciones																																				
13		Instalación de las aducciones																																				
14		Instalación de los accesorios y válvulas de las aducciones																																				
15		Construcción de las obras civiles de las aducciones																																				
16		Tapado de las zanjas de las aducciones																																				
17		Instalación	Soldadura, arenado y pintado de las caldererías de acero																																			
18			Construcción de las obras civiles del equipo de bombeo																																			
19		Instalación	Montaje del equipo de bombeo																																			
20	Montaje de las caldererías de acero																																					
21	Instalación del sistema de lubricación y desarenado del equipo de bombeo																																					
22	Instalación	Lavado de las aducciones y abastecimiento de agua a los reservorios																																				
23		Regulación de presiones y caudales de la red de abastecimiento																																				
24		Elaboración del manual de operación y mantenimiento de la red																																				
25		Firma del acta de conformidad y entrega del proyecto																																				
26	Evaluación	Recopilación de resultados obtenidos durante la operación de la red																																				
27		Procesamiento y análisis de resultados																																				

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ANTECEDENTES

En esta etapa se realizó una revisión bibliográfica de toda la información teórica que se tiene respecto a redes de abastecimiento. En la revisión bibliográfica, se buscó información acerca de los componentes de una red de abastecimiento, cuáles son sus partes, de que materiales están hechos y cómo funcionan estos, para tener un mayor conocimiento de lo que se iba a diseñar y posteriormente instalar y evaluar. Luego se revisó bibliografía respecto al diseño hidráulico de redes de abastecimiento. Se determinaron cuáles son los datos que se requieren para comenzar con el diseño, que factores influyen en este y que fórmulas matemáticas se utilizan para el cálculo de los componentes de la red.

Así mismo, se estudió un antecedente en el cual la empresa Agro Gestión S.A.C. diseñó e instaló una red de abastecimiento para la empresa Agrícola del Chira. Este proyecto se ejecutó entre los años 2009 y 2010 y la red de abastecimiento impulsaba agua desde la toma del río Chira hasta el reservorio 01 ubicado en el fundo El Lobo para abastecer los equipos de riego de las primeras 2000 has. de caña de azúcar que se sembraron en este campo. Debido a que los volúmenes de agua, las longitudes y topografía del terreno de ambas redes de abastecimiento son similares se pudo identificar algunos problemas que se tuvieron durante el diseño e instalación de la primera red, para evitarlos en la red que abastece agua hacia los reservorios 02 y 03. Para lograr esta información, se contactó y entrevistó a los profesionales que fueron parte del primer proyecto.

4.1.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Antes de comenzar con el diseño hidráulico de la red de abastecimiento se realizó el levantamiento topográfico de la zona donde se instaló este para obtener el plano con curvas de nivel. Para realizar el levantamiento topográfico se contrató a la empresa Parviltop S.A.C. El 08 de octubre del 2012, la empresa Parviltop comenzó con el levantamiento topográfico del área de influencia por donde iba a pasar el trazo de las líneas de aducción. El levantamiento se realizó desde la toma del río Chira hasta los reservorios 02 y 03 que iban a ser abastecidos por la red. El plano digitalizado en versión AutoCAD presentaba curvas de nivel cada 50 cm.

4.1.4. TRAZADO DE LAS ADUCCIONES DENTRO DEL PLANO TOPOGRÁFICO

A continuación se procedió a trazar las aducciones de la red de abastecimiento en el plano topográfico. La red cuenta con dos aducciones independientes, ambas comienzan en la toma del río Chira donde se encuentra el equipo de bombeo y se dirigen hacia los reservorios 02 y 03 respectivamente. El trazo de las dos aducciones van en paralelo en la mayoría de su recorrido hasta que llegan a un punto donde se bifurcan para llegar a los reservorios.

Luego se graficó el perfil longitudinal del trazo, lo cual permitió visualizar con más detalle la topografía del terreno por donde pasan las aducciones de la red de abastecimiento. En el ANEXO 3 y el ANEXO 4 se muestran estos perfiles longitudinales. A partir del perfil se ubicó los puntos altos de las aducciones, donde se colocaron válvulas de aire para expulsar el aire retenido en las tuberías y así evitar que se reduzca el diámetro efectivo de estas. Así mismo, el perfil nos permitió ver los tramos que presentaban pendientes muy pronunciadas. En estos tramos se colocaron válvulas checks para reducir el efecto del golpe de ariete sobre las aducciones.

Finalmente con las tuberías y válvulas ubicadas en el plano topográfico se procedió a dividir las aducciones en tramos. La división se hizo en función a la ubicación de las válvulas check que se habían colocado en el plano, es decir entre cada tramo había una de estas válvulas, de esta forma se podía analizar el efecto del golpe de ariete sobre cada tramo de aducción y poder determinar la clase que deberían tener estas. Así mismo, se dividieron las aducciones en el tramo que pasaba por debajo del canal Sur, pues el material del que estaban hechas las tuberías cambio.

4.1.5. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

Antes de realizar el diseño hidráulico fue necesario contar con la siguiente información:

- **Requerimiento hídrico del cultivo.** Este dato lo dio el personal técnico del fundo El Lobo de Agrícola del Chira, luego de haber realizado pruebas en campo

para determinar la evapotranspiración potencial según las condiciones climáticas de la zona de estudio. Luego, a partir de tablas y según la experiencia que tuvieron durante la producción de la caña pudieron calcular el K_c del cultivo para determinar la lámina de riego que se le aplica diariamente a la caña de azúcar dando como resultado 6 mm/ha que es igual $60 \text{ m}^3/\text{hr}/\text{ha}$.

- **Extensión del cultivo.** La red de abastecimiento impulsa agua hacia dos reservorios y cada uno de estos abastece cierta extensión de cultivo. El reservorio 02 abastece una extensión de 1,274.5 has. y el reservorio 03 abastece a 756.8 has. En total se abasteció un área de 2,031.3 has de caña de azúcar.
- **Plano topográfico con la distribución de las aducciones.** En el ANEXO 5 se muestra el plano topográfico con la ubicación de las aducciones y válvulas de la red de abastecimiento.
- **Calidad del agua.** En el ANEXO 1 se muestra un análisis de agua que se tomó del río Chira el cual es la fuente de la red de abastecimiento.

Con estos datos se procedió a realizar el diseño de la red de abastecimiento. Como se mencionó antes la red cuenta con dos aducciones independientes, una para abastecer al reservorio 02 y otra para abastecer al reservorio 03, por tanto el diseño y análisis de estas también se realizó de manera independiente.

Primero se calculó los caudales de diseño de ambas aducciones y luego se realizó el diseño hidráulico de estas mediante los siguientes cálculos: pérdida de carga (total y unitaria) por rozamiento en tuberías, pérdida de carga en singularidades, desnivel de la tubería, presión dentro de la tubería, velocidad del agua dentro de la tubería, tiempo de paso del agua en la tubería. A continuación se analizó el efecto del golpe de ariete sobre las tuberías de las aducciones y se calcularon las sobrepresiones y depresiones que ocasiona este fenómeno. Seguido de esto se calculó la pérdida de carga en el cabezal de bombeo y se determinó la presión requerida por el sistema. Por último se graficó la línea de gradiente hidráulico de cada aducción. A partir de estos resultados se determinaron los diámetros y timbrajes de las aducciones. En el ANEXO 6 se muestra el plano con la distribución de las aducciones, indicando el diámetro, clase y

longitud de cada tramo. Además se muestra la ubicación y diámetro de las válvulas de aire que se colocaron a lo largo de las aducciones.

Así mismo, se seleccionó el equipo de bombeo según la presión y caudal requerido por la red. Debido a que las extensiones de cultivo eran muy grandes, se pensó que sería mejor dividir la oferta de agua en un grupo de bombas de igual caudal, de tal manera que si una bomba se dañaba o si requería de mantenimiento, no se suspendería todo el suministro de agua hacia los reservorios sino solo una parte, salvaguardando así la producción del cultivo.

Según esto se determinó que el reservorio 02 iba a ser abastecido por cinco bombas, mientras que el reservorio 03 por tres bombas. En ambos casos cada conjunto de bombas tiene una bomba de stand-by para remplazar a una bomba dañada o que entra a mantenimiento. Finalmente, el equipo de bombeo de la red de abastecimiento se diseñó con diez electrobombas de eje vertical. Así mismo, se consideró que el prendido/apagado de cada electrobomba se realizara a través de un tablero eléctrico con arrancadores soft starter. Para que todas las electrobombas puedan ser controladas desde un mismo punto se conectó sus tableros eléctricos a un PLC, desde el cual se realizó la operación de estas de manera más sencilla. Tanto los tableros eléctricos como el PLC se ubicaron dentro de una caseta de control de bombeo.

4.1.6. DISEÑO Y DIBUJO DE LAS CALDERERÍAS DE ACERO

El equipo de bombeo de la red de abastecimiento se instaló sobre la toma del río y para conectar este a las aducciones se utilizaron caldererías de acero al carbono. En el plano topográfico se encontraban a escala la obra de captación con las bombas y la ubicación de las aducciones por tanto se procedió a dibujar sobre este las caldererías que unían estos componentes del sistema. En el ANEXO 7 se muestra el plano que se hizo con la distribución de las bombas sobre la toma del río. A la derecha de la toma se encuentran las bombas que abastecen al reservorio 01, las cuales ya estaban instaladas. Las bombas que abastecen al reservorio 02 (de la 01 hasta la 05) se ubicaron en la parte inferior de la toma y las que abastecen al reservorio 03 (la bomba 08, 09 y 10) se ubicaron en la parte superior derecha. Las bombas de stand-by (06 y 07) se ubicaron en la parte superior izquierda.

En este plano se dibujó las caldererías de acero que unen las electrobombas del equipo de bombeo con las aducciones y las caldererías que interconectan estas bombas. También se ven las válvulas del equipo de bombeo (válvulas sostenedora-reductora, válvulas de alivio rápido de presión, válvulas mariposa, válvulas duocheck y válvulas de aire) y otros elementos del cabezal (juntas antivibratorias, juntas Dresser, manómetros, etc.). Así mismo, se muestra la interconexión que se hizo entre las bombas que abastecen al reservorio 01 y las que abastecen a los reservorios 02 y 03, para asegurar el suministro a los tres reservorios al tener más puntos de agua. En el trazo de las aducciones se dibujó otras caldererías instaladas en la red de abastecimiento. Estas caldererías se ubicaron en tres puntos:

- **Pase sobre las aducciones del reservorio 01.** En el tramo 1 del plano topográfico, a unos 50 metros de la toma del río se diseñó una calderería que permitió pasar la aducción del reservorio 03 por encima de las tres tuberías que abastecen al reservorio 01 y poder llegar al lado donde se encontraba la aducción del reservorio 02. De esta forma ambas aducciones se pudieron instalar en una misma zanja. En el ANEXO 8 se ve el plano con este pase.
- **Pase del canal Sur.** Entre los tramos 1 y 2 se encuentra el canal Sur, el cual fue construido antes de la ejecución de la red. Cuando se construyó se dejaron seis pases de 600 mm por debajo de este, tres de estos se usaron en las aducciones que abastecen el reservorio 01. La red que abastece a los reservorios 02 y 03 tiene dos aducciones pero solo contaba con tres pases de 600 mm para atravesar el canal. Por este motivo, se diseñó una calderería antes y después del canal que permitió hacer la transición de dos a tres tuberías o viceversa. Así mismo, las tuberías que atravesaron los pases de 600 mm fueron de acero al carbono para soportar mejor los golpes de ariete. El plano del pase del canal Sur se muestra en el ANEXO 9.
- **Calderería de la esquina del fundo Lobo.** En la parte final del tramo 8, por la esquina del fundo Lobo se diseñó una calderería de acero para las aducciones de los reservorios 02 y 03, para que a futuro se pudiera hacer otra interconexión con las aducciones que abastecen al reservorio 01. Este plano se muestra en el ANEXO 10.

Se consideró que la mayoría de las conexiones entre las tuberías, accesorios de acero y válvulas sean bridadas, solo las conexiones entre las caldererías de acero y las tuberías de PRFV se diseñaron con juntas Dresser. Con las caldererías de acero dibujadas y conociendo los caudales que iban a conducir se hizo el cálculo hidráulico de estas para determinar los diámetros que les corresponden y las pérdidas de carga que producen.

4.1.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y DESARENADO DEL EQUIPO DE BOMBEO

Cuando las electrobombas se encuentran operando, muchos de sus elementos son lubricados, de esta forma se reduce el desgaste que se produce en ellos durante la operación. El líquido que se utiliza para lubricar los elementos de las bombas proviene generalmente de la misma fuente de agua que las bombas impulsan. El agua que la red de abastecimiento impulsa hacia los reservorios proviene directamente del río Chira, la cual contiene gran cantidad de arenas las cuales producen un desgaste prematuro en los elementos del equipo de bombeo. Por este motivo se diseñó un sistema de lubricación que inyectará agua prefiltrada en los elementos de las bombas, de tal manera que se reduzca la cantidad de arenas que contiene el agua y se produzca un menor desgaste en estos. A partir de esto, los intervalos de tiempo entre mantenimientos de las bombas o los cambios de ciertos elementos de estas por desgaste se alargarían, trayendo como consecuencias menores costos de mantenimiento y una operación más eficiente de los equipos.

Así mismo, se diseñó un sistema de desarenado que funcionara en paralelo al sistema de lubricación y que cumpliera la función de remover todas las arenas que se acumulan en la parte baja de la toma del río donde se encuentran instaladas las bombas hidráulicas. De esta forma, las bombas succionarían el agua de manera más eficiente puesto que no habría arenas que obstruyeran el flujo de agua hacia estas. En el ANEXO 11 se muestra el plano del sistema de lubricación y desarenado que se diseñó. En estos planos se ve la ubicación de las electrobombas de impulsión y las electrobombas del sistema de lubricación y desarenado. Cabe mencionar que el sistema de lubricación inyecta agua filtrada en dos puntos de las bombas de impulsión, en las prensaestopas que se encuentran en las linternas de descarga, permitiendo lubricar el eje

de transmisión, las bocinas y la caja prensaestopa. Y en los impulsores que se encuentran en la parte inferior de la toma del río, lubricándose el cuerpo y las bocinas de los impulsores.

Además se muestran los demás componentes del sistema de lubricación y desarenado, como son el filtro de anillas que se encarga de retener la mayor cantidad de arenas que viene con el agua, las válvulas hidráulicas (válvula reductora, válvula sostenedora, válvulas de alivio rápido de presión, válvulas reguladoras de caudal) que regulan los parámetros de presión y caudal, las válvulas mecánicas (válvulas mariposa, válvulas duocheck, válvulas compuerta) que permiten el flujo de agua en el sentido deseado y otros elementos (válvulas de aire, válvulas de pie, manómetros, etc.). Por último, se muestra la distribución de las caldererías de acero al carbono que se instaló para conectar los componentes del sistema de lubricación y desarenado. Se consideró que las conexiones entre las tuberías y accesorios de acero sean vitáulicas por su facilidad en la instalación, mientras que las válvulas tienen conexiones bridadas, roscadas o vitáulicas según el tipo y tamaño de estas.

Para realizar el diseño hidráulico del sistema de lubricación y desarenado, lo primero que se determinó fueron sus caudales de operación. A partir de estos y de los largos de las tuberías de acero que se obtuvieron de los planos dibujados, se hizo el cálculo hidráulico de las caldererías para determinar sus diámetros y pérdidas de carga. Seguido de esto, se calculó las demás pérdidas de carga para obtener la presión requerida por el sistema de lubricación y por el sistema de desarenado. Cabe resaltar que la presión ofertada por el sistema de lubricación debe ser mayor que la presión ofertada por las bombas de impulsión, de tal manera que el agua pueda inyectarse en los puntos de lubricación (prensaestopas e impulsores).

Se decidió diseñar el sistema de lubricación de las prensaestopas con dos electrobombas de eje vertical que operarían constantemente más una de stand-by. Para la lubricación de los impulsores también se consideró dos electrobombas de eje vertical de operación continua más una de stand-by. El sistema de desarenado se diseñó con una sola electrobomba de eje horizontal, debido a que esta solo se utilizaría para desarenar la base de la primera bomba que se encendiera. A partir de la segunda bomba encendida, el desarenado se realizaría con la presión del sistema.

Se consideró que el prendido/apagado de las electrobombas de lubricación y desarenado se hiciera a través de tableros eléctricos con variadores de frecuencia, de tal forma que la presión de cada bomba sea constante sin importar el caudal con que estén operando. Así mismo, se consideró que todos los tableros eléctricos estén conectados a un PLC, para que la operación de las electrobombas del sistema de lubricación y desarenado sea totalmente automático.

4.1.8. METRADO DE LOS MATERIALES Y SERVICIOS EMPLEADOS EN EL PROYECTO

Luego del diseño hidráulico de la red de abastecimiento se metro los materiales que se obtuvieron de este, tales como las tuberías y accesorios de las aducciones, electrobombas del equipo de bombeo, válvulas del sistema de conducción, materiales del sistema de lubricación y desarenado, etc. Así mismo, se metron los servicios empleados en el proyecto: obras civiles, soldado y pintado de las caldererías de acero, instalaciones eléctricas, flete de los materiales al fondo, servicios de diseño e instalación de la red de abastecimiento, etc. El metrado se presentó en ítems los cuales agrupaban un conjunto de materiales o servicios. En cada ítem se mostró el número de unidades de cada tipo de material para posteriormente elaborar el presupuesto de la red de abastecimiento. En el ANEXO 12 se muestra el metrado de los materiales y servicios empleados en la red de abastecimiento.

4.1.9. ELABORACIÓN DE UN PRESUPUESTO A PARTIR DE LOS METRADOS OBTENIDOS

A continuación se empezó a cotizar los materiales y servicios de la lista de metrados para obtener los precios unitarios de estos y poder elaborar un presupuesto de la red de abastecimiento. Algunos materiales se cotizaron con proveedores de otros países, es el caso de las tuberías y accesorios de PRFV que provenían de Ecuador o las válvulas que eran de origen israelí. Para estos casos se tuvo que incluir en los precios unitarios los costos de transporte desde el país de origen hasta el Perú y los gastos de desaduanaje. Los demás materiales (equipo de bombeo, tuberías de acero, etc.) y servicios se cotizaron con proveedores nacionales. Debido a que los proveedores cotizaban la mayoría de los materiales y servicios en dólares americanos (US\$), se

decidió presentar el presupuesto con esta unidad monetaria, a fin de que se si se producía una variación en el tipo de cambio no se generaran pérdidas económicas para la empresa. En el ANEXO 13 se muestra el presupuesto que se le presentó a Agrícola del Chira por la red de abastecimiento, el cual posteriormente fue aprobado por ellos.

4.1.10. ELABORACIÓN DE UN CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LA INSTALACIÓN DE LA RED MEDIANTE UN DIAGRAMA DE GANTT

Una vez aprobado el presupuesto se elaboró un cronograma de las actividades que se iban a realizar durante la instalación de la red de abastecimiento con la finalidad de programar las labores en un tiempo determinado y evitar atrasos que trajeran como consecuencia sobrecostos. El cronograma se elaboró gráficamente mediante un diagrama de Gantt, para lo cual se utilizó el software Microsoft Project.

En el ANEXO 14 se muestra el diagrama de Gantt de las actividades realizadas durante la instalación de la red de abastecimiento. Al momento de realizar el diagrama se dividió las actividades en cuatro grupos:

- **Pagos por parte de Agrícola del Chira.** Se muestran con líneas de color rojo. Fue importante fijar las fechas de pago por parte del cliente con la finalidad de tener liquidez y poder comprar los materiales y/o pagar los servicios requeridos en las labores programadas en el diagrama de Gantt.
- **Compra, suministro y traslado de materiales.** Una vez recibido los pagos por parte del cliente fue necesario determinar los tiempos que tardaban en llegar los materiales al campo desde que se ponían las ordenes de compra a los proveedores. En el diagrama de Gantt se muestran estas actividades con líneas de color morado.
- **Labores de instalación.** Son las líneas de color azul. Son las actividades que la empresa Agro Gestión ejecutó directamente durante el proceso de instalación. Cabe mencionar que al momento de planificar la instalación de las aducciones se decidió realizar esta en dos etapas, la primera etapa comprendía los tramos del T1 al T8 (desde la toma del río Chira hasta la esquina del fundo Lobo) y la segunda etapa

agrupaba los tramos del T9 al T14 (desde la esquina del fundo Lobo hasta llegar a los reservorios 02 y 03).

- **Obras civiles.** Son aquellas actividades en las cuales la empresa Agro Gestión subcontrató a terceros para que las ejecuten. Cabe resaltar que las labores de instalación y las obras civiles se ejecutaban simultáneamente pues unas dependían de las otras. Estas actividades se ven en el diagrama de Gantt con líneas de color verde.

4.2. ETAPA DE INSTALACIÓN

La segunda etapa del tema presentado en el trabajo monográfico comenzó con la compra y traslado a campo de los materiales de la red de abastecimiento. En esta etapa se instaló las tuberías, accesorios y válvulas de las aducciones, el equipo de bombeo con su sistema de lubricación y desarenado y las caldererías de acero. Simultáneamente con la instalación de estos materiales se fueron construyendo las obras civiles que requerían. Con los componentes del sistema ya instalados se procedió a hacer la prueba y regulación de este para su posterior entrega. En esta etapa se elaboró el manual de operación y mantenimiento de la red con la finalidad de que perdure más en el tiempo.

4.2.1. COMPRA, SUMINISTRO Y TRASLADO A CAMPO DE LOS MATERIALES DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

Fue muy importante determinar los tiempos de llegada de los materiales a campo una vez que se ponían las órdenes de compra a los proveedores pues en función a estos tiempos se programaron las actividades de instalación. De esta manera se evitó que se paralizaran las actividades por falta de materiales, lo cual hubiera generado como resultado sobrecostos. La red de abastecimiento contó con materiales comprados a proveedores nacionales como las electrobombas, tableros eléctricos y caldererías de acero. Estos se compraron en Lima y se trasladaron al fundo ubicado en Piura a través de camiones tipo tráiler. Los materiales importados incluían las tuberías y accesorios de PRFV, las válvulas de la red de abastecimiento y el filtro del sistema de lubricación. Al ser importados estos materiales tenían un tiempo y costo de transporte desde su país de

fabricación hasta el Perú el cual se consideró al momento de programar las actividades y al elaborar el presupuesto.

Las tuberías y accesorios de PRFV provenían de Ecuador y se trasladaron desde su fábrica en dicho país hasta el fundo por vía terrestre a través de camiones. Todas las tuberías no se mandaron en un solo envío pues la fábrica no hubiera tenido la capacidad de fabricar todo el material en tan poco tiempo. En vez de esto semanalmente llegaba un convoy de diez camiones al fundo. Las válvulas y el filtro del sistema de conducción eran de origen israelí y se transportaron desde este país al Perú por vía marítima. El material primero llegó al puerto del Callao y desde este punto se envió al fundo a través camiones. En junio del 2013 llegó todo este material al fundo salvo las válvulas check de las aducciones que llegaron al mes siguiente.

Otro factor importante que se determinó durante la compra de los materiales fue si el proveedor tenía estos en stock o si los iba a fabricar a partir de la orden de compra, pues según esto variaba el tiempo de llegada al fundo. Las válvulas, el filtro y las caldererías de acero se tenían en stock, mientras que las tuberías de PRFV, los accesorios de PRFV, las electrobombas y los tableros eléctricos se fabricaban a partir de la orden de compra.

4.2.2. MARCADO Y EXCAVACIÓN DE LAS ZANJAS DE LAS ADUCCIONES

Para el marcado de las zanjas se contrató a la empresa Parviltop. El topógrafo designado por la empresa utilizó el plano topográfico para ubicar ciertos puntos en campo que le permitieron delimitar el trazo de las aducciones. A partir del trazo delineó el ancho de las zanjas colocando estacas de madera cada 20 metros en los límites de las zanjas. Luego empezó a marcar ambos límites con yeso usando como referencia la línea de estacas y un pabilo. El topógrafo realizó el marcado de las zanjas por etapas según los tramos de la aducción que se iban instalando.

Con las zanjas marcadas se empezó con la excavación de estas, para lo cual se contrató a la empresa Maquiservicios. Las zanjas tenían dimensiones diferentes según el tramo de la aducción (ver ANEXO 15) y estas variaban según el número de aducciones que pasaban por la zanja y/o por el tipo de suelo donde se realizaba la excavación.

Se buscó que el avance de la excavación (metros/día) sea similar al avance de instalación de las aducciones para que las zanjas no se quedaran abiertas por tanto tiempo antes de que se colocaran las tuberías de PRFV en estas, pues en los tramos donde el suelo era arenoso, las paredes laterales de las zanjas se derrumbaban a los pocos días de ser excavadas.

4.2.3. INSTALACIÓN DE LAS ADUCCIONES

En esta etapa se instaló las tuberías de PRFV que conformaban las aducciones. Desde la toma del río Chira hasta la bifurcación, las aducciones del reservorio 02 y 03 fueron por la misma zanja por lo tanto se instalaron simultáneamente conforme se avanzaba con el trazo. A partir de la bifurcación hacia los reservorios las aducciones se instalaron en zanjas independientes. Durante la instalación de las tuberías de PRFV se ejecutó las siguientes labores para cumplir con las especificaciones técnicas dadas por el proveedor.

- **Descarga de las tuberías de los camiones.** Como se mencionó con anterioridad las tuberías de PRFV llegaban al fundo en camiones desde Ecuador. Para descargar las tuberías de los camiones y colocarlos en el suelo se utilizaba una retroexcavadora o una grúa. En la Figura 6 se puede ver la descarga de las tuberías de PRFV.

Figura 6. Descarga de las tuberías de los camiones



- **Desembone y bajado de las tuberías a la zanja.** La mayoría de los convoy de camiones traían las tuberías de menor diámetro dentro de las de mayor diámetro, por tanto una vez que las tuberías se encontraban sobre el nivel del terreno se desembonaba la tubería de 700 mm de la de 900 mm con la ayuda de una retroexcavadora. Seguido de esto se procedió a bajar las tuberías desembonadas a las zanjas.
- **Plantillado del fondo de la zanja.** Luego de ser excavada la zanja, el fondo de esta quedaba irregular y con piedras de distintos tamaños, las cuales podían incrustarse en la base de las tuberías. Por lo tanto se niveló el fondo de la zanja con la ayuda de un pabilo que se usó como referencia para mantener constante la pendiente del fondo de esta.
- **Instalación de las tuberías de PRFV.** La instalación de las tuberías consistió en embonar la campana de una tubería con la espiga de la tubería que la antecedía para así formar las aducciones. Para realizar el embone se requirió que la tubería a instalar se encontrara suspendida unos centímetros del fondo de la zanja para lo cual se colgó esta del brazo de una retroexcavadora o grúa a través de una eslinga. Con la tubería suspendida se colocaban dos anillos elastómeros en las hendiduras circunferenciales de la espiga de la tubería que la antecedía y se lubricaba con grasa natural para que la tubería embone con mayor facilidad. En este momento dos personas ataban la espiga y la campana a embonar con eslingas y con ayuda de tecles amarrados a estas movían lateralmente la tubería colgada hasta llegar a una marca que el proveedor pintaba sobre la tubería, la cual significaba un adecuado embone. En la Figura 7 se muestra la instalación de las tuberías de PRFV con el personal y maquinaria que participó en esta labor.
- **Prueba de estanqueidad.** Una vez instaladas las tuberías, se realizó la prueba de estanqueidad para verificar el sello hidráulico en las uniones espiga – campana. La prueba consistió en agregar aire con ayuda de un inflador en el espacio que se encontraba entre los dos anillos elastómeros (o-rings) que se colocaban en las espigas de las tuberías (el ingreso era por un tornillo hueco). En el tornillo se conectó el inflador y un manómetro y se empezó a agregar aire hasta llegar a una presión de 3 bares. Si al dejar de agregar aire la presión en el manómetro no bajaba

nos indicaba que no había fuga en la unión y se producía el sello hidráulico. De esta manera se verificó la estanqueidad en las tuberías antes de que se realizará la prueba hidráulica de la red de abastecimiento, pudiéndose tapar las zanjas de las aducciones con la seguridad de que no se abrirían posteriormente por posibles fugas.

Figura 7. Instalación de tuberías de PRFV



- **Riñonamiento de tuberías.** Después de la instalación de las tuberías sobre el fondo de la zanja se procedió a rellenar con arena los espacios laterales que se encontraban debajo del eje de la tubería con la finalidad de que no quedaran vacíos. Los espacios vacíos hubieran podido ocasionar roturas en las tuberías debido a que los esfuerzos que se producían sobre las estas no se hubieran transferido al suelo.

4.2.4. INSTALACIÓN DE LOS ACCESORIOS Y VÁLVULAS DE LAS ADUCCIONES

Los accesorios y válvulas de las aducciones se instalaron conforme se avanzaba con la instalación de las tuberías de PRFV. Los tipos de accesorios y/o válvulas que se instaló fueron los siguientes:

- **Codos.** Se instalaron en los cambios de dirección de las aducciones. De forma similar a las tuberías, los codos tenían en uno de sus lados una campana (aguas arriba) y en el otro una espiga (aguas abajo) para continuar con el sentido de instalación y facilitar esta. En la Figura 8 se muestra la instalación de un par de codos de PRFV.

Figura 8. Instalación de codos de las aducciones



- **Reducciones.** Se instalaron en los cambios de diámetro de las aducciones. Si bien las aducciones del reservorio 02 y 03 mantenían un diámetro a lo largo de todo su trazo, este se reducía cuando se iba a conectar con las caldererías de acero. Las reducciones que se instaló tenían el lado de mayor diámetro con campana y el de menor diámetro con espiga.
- **Tees.** Se instalaron en los puntos de las aducciones donde se colocó una válvula de aire. Las tees tenían terminaciones campana en su lado recto para continuar con la instalación de las tuberías y una brida tipo ANSI en el tercer lado para conectar la válvula de aire. En la Figura 9 se muestra dos tees ya instaladas en las aducciones.

Figura 9. Tees instaladas en las líneas de aducción



- **Campanas extendidas.** Permitieron conectar dos tramos de tuberías de PRFV sin la necesidad de que estos tramos se tuvieran que mover durante la instalación, es decir la campana extendida se utilizaba como una unión deslizante. Se utilizaron en las reparaciones de las tuberías de PRFV.
- **Válvulas check.** Se colocaron en los tramos de las aducciones que presentaban pendientes muy pronunciadas con la finalidad de reducir el efecto del golpe de ariete sobre estas. Las válvulas check se instalaron en el mismo eje de las aducciones y se conectaron a estas por medio de unos nipples bridados que tenían en uno de sus lados una campana (que embonaba las tuberías) y del otro lado una brida tipo ANSI (para soportar la válvula check con pernos). Cabe mencionar que entre el nipple bridado y la válvula check se colocó un jebe de neopreno de 3/8” de espesor para lograr el sello hidráulico. En la Figura 10 se muestra como se realizó el montaje de las válvulas check.
- **Juntas Dresser.** Se utilizaron para conectar las tuberías de PRFV con las caldererías de acero.

Es importante mencionar que durante la instalación de los accesorios y válvulas de las aducciones se tuvo que ajustar los largos de las tuberías de PRFV según la ubicación del accesorio. En estos casos se montó un acople llamado capuchón en el extremo de la tubería, el cual permitió restituir la unión espiga a la longitud deseada. A estas tuberías recortadas se les llamo nipple.

Figura 10. Montaje de las válvulas check de las aducciones



4.2.5. CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES DE LAS ADUCCIONES

Las obras civiles de las aducciones se construyeron conforme se avanzaba con la instalación de estas. Para la construcción de las obras civiles se contrató a la empresa GA Constructores. Las obras civiles de las aducciones fueron las siguientes:

- **Dados de anclaje para los accesorios de las aducciones.** Se construyó un dado de concreto en los accesorios de las aducciones (codos, tees, reducciones, bridas campanas) con la finalidad de anclar estos al suelo y evitar que se movieran debido a los esfuerzos internos que produce el flujo de agua sobre las aducciones. Los dados de anclaje se construyeron de concreto armado con la finalidad de que la malla de acero controlara los esfuerzos flexionantes que se producen sobre los dados y no se rompieran por acción de estos. En la Figura 11 se muestra los dados de anclaje que se construyeron para los accesorios de las aducciones.

Figura 11. Dados de anclaje para los accesorios de las aducciones



- **Pantallas de soporte para las tuberías de PRFV en la quebrada de Maple.** La quebrada de Maple presentaba una fuerte pendiente, lo cual aumentaba los efectos del golpe de ariete sobre las aducciones. Por este motivo se construyó cada 42 metros una pantalla de concreto que soportara las tuberías de PRFV cuando se generaba el golpe de ariete, evitando que las tuberías se desembonaran y produjeran fugas de agua en las aducciones.
- **Cajas de inspección para válvulas.** Se construyeron con la finalidad de proteger a las válvulas que se instalaron bajo el nivel del suelo para que la tierra circundante a estas no tome contacto con ellas. Se construyó una caja de inspección para las válvulas check que se instalaron pasando el canal Sur y otra caja para las válvulas mariposa que se colocaron en la esquina del fundo Lobo. Las cajas se construyeron de concreto armado para soportar mejor los esfuerzos que genera el suelo sobre las paredes de la estructura.
- **Badén de piedra en el camino de acceso hacia las canteras de Maple.** Por la entrada de Maple hay un camino de acceso hacia sus canteras, el cual va en paralelo a un tramo de las aducciones de la red de abastecimiento. En la época de lluvias baja un pequeño caudal que arrastra piedras por la quebrada de Maple, pasa por el camino hacia las canteras y atraviesa las aducciones hasta llegar a un terreno plano. Por tal motivo se construyó un badén de piedra en el camino de acceso hacia las canteras, de esta forma protegió a las aducciones para la época de lluvias, pues cuando baja el caudal, este pasa por encima del badén y las partículas que arrastra no tienen contacto directo con las tuberías.

- **Alcantarillas de concreto en los caminos que atraviesan las aducciones.** Se construyeron alcantarillas de concreto en los caminos que atraviesan las aducciones para proteger estas de las cargas que producen los vehículos (cañeras, maquinaria agrícola, etc.) al circular por estos tramos de camino. Se construyó las alcantarillas de concreto armado. En total se construyeron tres alcantarillas, la primera fue en el camino de entrada del fundo La Huaca, la segunda fue en el camino de acceso hacia las canteras de Maple y la tercera fue en el camino que se encuentra por la esquina del fundo Lobo.

4.2.6. TAPADO DE LAS ZANJAS DE LAS ADUCCIONES

Después que se instaló las tuberías, accesorios y válvulas de las aducciones se procedió a tapar las zanjas donde estaban instaladas. El tapado se realizó por tramos conforme se avanzaba con la instalación de las aducciones. Para esta labor se contrató a la empresa Maquiservicios, la cual realizó el tapado de las zanjas con retroexcavadoras. Luego de haber realizado el riñonamiento de las tuberías, las retroexcavadoras tapaban las zanjas con una capa de arena hasta 20 cm por encima de la parte superior de las tuberías. De esta forma se aseguró que piedras u otros elementos pesados no chocaran directamente contra la superficie de las tuberías mientras se tapaba la zanja, evitando así que estas se rompieran. Luego de haber sido tapada la zanja con arena, la retroexcavadora utilizaba el material excavado para tapar la zanja hasta el nivel del terreno. Finalmente con ayuda del cargador frontal de la retroexcavadora se compactó la superficie de la zanja para evitar que quedaran espacios vacíos.

4.2.7. SOLDADURA, ARENADO Y PINTADO DE LAS CALDERERÍAS DE ACERO

A mediados del mes de junio del 2013 se comenzó con la soldadura de las caldererías de acero. Esta labor se realizó en el mismo campo, en un terreno colindante a la toma del río y al equipo de bombeo. Lo primero que se hizo fue cortar las tuberías de acero en los largos diseñados, para lo cual se utilizó un equipo de oxicorte y amoladoras con discos de corte. Seguido de esto, se biseló los extremos donde se iba aplicar la soldadura con discos de desbaste y una amoladora. Finalmente se empezó a soldar los accesorios de acero (bridas, codos, reducciones, nipples, etc.) a las tuberías

recortadas para formar las caldererías de acero. La soldadura se realizó con máquinas de soldar trifásicas y con varillas de soldadura de diferente espesor ($5/32''$, $1/8''$, $3/32''$), las cuales se empleaban en función al diámetro de la pieza a soldar.

Con las caldererías soldadas se procedió a arenarlas para quitar todo el óxido que tenían en su superficie y lograr que la pintura se adhiriera mejor al acero. Para realizar el arenado se utilizó una compresora de aire que expulsaba la arena a presión y retiraba todo el óxido de la superficie del acero de manera instantánea. Inmediatamente después de realizar el arenado de las caldererías se aplicó sobre estas la primera capa de pintura, que consistía en una base epóxica (color verde), la cual evitaba que la superficie del acero se oxidara. Después se aplicó sobre las caldererías la segunda capa de pintura que era de poliuretano (color rojo) para darle color y brillo a la superficie de las caldererías. Es importante recalcar que la capa de poliuretano se pudo aplicar muchos días después de haber pintado las caldererías con la base epóxica, pues esta se encargaba de proteger las superficies de acero. Ambas capas de pintura se aplicaron con la ayuda de un compresor de aire y un soplete para pintar. En la Figura 30 se muestra caldererías pintadas con la base epóxica y la del poliuretano.

Figura 12. Pintado de las caldererías de acero



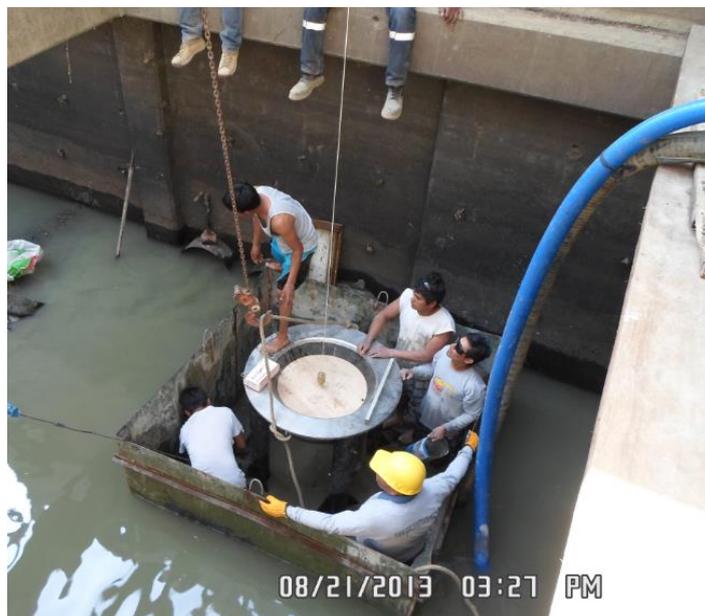
4.2.8. CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y ARENADO

Antes de la instalación del equipo de bombeo y del sistema de lubricación y arenado se construyeron las obras civiles necesarias para el montaje de estos. Para la

construcción de las obras civiles se contrató a la empresa GA Constructores y las obras que ejecutaron se mencionan a continuación.

- **Estructuras metálicas del equipo de bombeo.** Se refiere a todas las estructuras de metal que se instalaron en la toma del río para soportar el equipo de bombeo. Las principales estructuras que se instaló fueron:
 - **Soportes de las linternas de descarga de las electrobombas.** Sobre la superficie de la toma del río se instalaron unos soportes hechos en base a vigas W 12 X 35 para apoyar las linternas de descarga de las electrobombas.
 - **Empotrado de las bases metálicas de las electrobombas al piso de la toma del río.** Todo el peso de las electrobombas no se soportó sobre la parte superior de la toma, una parte del peso se transmitió al piso de la toma del río por medio de una base metálica que se instaló. Al momento de empotrar las bases metálicas, el fondo de la toma tenía agua, por tal motivo se construyó un cerco hecho de planchas metálicas para no permitir el ingreso del agua a la zona circundante a la base metálica y poder fijar esta al piso de la toma. En la Figura 13 se muestra como se realizó el empotrado de las bases metálicas.

Figura 13. Empotrado de las bases metálicas de las electrobombas al piso de la toma



- **Vigas para el soporte de las caldererías del equipo de bombeo.** Las caldererías que se utilizaron como colectoras de las piezas de acero que salían inmediatamente después de las electrobombas se apoyaron sobre las vigas de concreto de la parte superior de la toma. Por este motivo se empotró unas bases metálicas sobre las vigas de concreto de la toma para soportar dichas caldererías.

- **Caminos de servicio para la circulación y mantenimiento de las electrobombas.** Luego de que se instaló el equipo de bombeo, se construyó unos caminos de circulación para tener acceso a las electrobombas y poder darles mantenimiento cuando lo requiriesen. Así mismo, alrededor de los caminos se instalaron barandas de seguridad para evitar que las personas se cayeran al fondo de la toma. En la Figura 14 se ve los caminos de circulación sobre la toma del río.

Figura 14. Caminos para la circulación y mantenimiento de las electrobombas



- **Estructuras de concreto del equipo de bombeo.** Son aquellas obras civiles que se construyeron para proteger o soportar a los elementos que conforman el equipo de bombeo. Las principales estructuras que se construyeron fueron:
 - **Retiro de la sala de tableros eléctricos de la toma del río.** Antes de que se comenzará con la instalación de la red de abastecimiento, se tenía construido en la parte superior de la toma, la sala de tableros eléctricos de las electrobombas del reservorio 01. La sala se ubicaba en la parte de la toma

donde se instalaron las bombas del reservorio 02, por tal motivo se tuvo que retirar esta y los tableros eléctricos tuvieron que ser trasladados a una nueva sala construida en una zona aledaña a la toma del río.

- **Caseta de control de bombeo.** En esta construcción se ubicó a todos los componentes eléctricos del equipo de bombeo con la finalidad de protegerlos de las condiciones ambientales de la zona. La caseta se construyó de material noble (ver Figura 15) y correctamente techada para evitar que los componentes eléctricos se mojaran cuando lloviera. Así mismo, se le instaló un sistema de ventilación para que el interior de la caseta se mantuviera a una temperatura de 20°C, permitiendo refrigerar los componentes eléctricos. La caseta de control está formada por tres zonas: la zona de tableros donde se ubicó a los tableros eléctricos de las electrobombas y al PLC. La zona de celdas eléctricas y la zona de transformadores son las otras dos partes de la caseta de control. En el ANEXO 7 se muestra el plano de planta de la caseta de control de bombeo, con la ubicación de estas tres zonas.

Figura 15. Caseta de control de bombeo



- **Bases para la calderería del equipo de bombeo.** Se construyeron dados de concreto en los codos de bajada de las caldererías con la finalidad de anclar estos al suelo y evitar que se muevan debido a los esfuerzos internos que produce el flujo de agua sobre las caldererías. Las bases se construyeron de concreto armado.

- **Cajas de inspección para válvulas del cabezal del equipo de bombeo.** Se construyeron con la finalidad de proteger a las válvulas que se instalaron bajo el nivel del suelo para que la tierra circundante a estas no tome contacto con ellas. Así mismo, las cajas de inspección se utilizaron como contenedores a los cuales se ingresaba para regular o dar mantenimiento a las válvulas. Se construyó una caja de inspección para las válvulas del cabezal de la aducción del reservorio 02 y otra para las válvulas del cabezal de la aducción del reservorio 03. Las cajas se hicieron de concreto armado.
- **Estructuras del sistema de lubricación y desarenado.** Son aquellas construcciones que se hicieron para soportar a los elementos del sistema de lubricación y desarenado. Las principales estructuras fueron:
 - **Poza de almacenamiento y desarenadores.** Tanto la poza de almacenamiento como los desarenadores se construyeron de concreto armado. Los desarenadores se construyeron sin techo, pero para evitar que entrara el polvo que se encontraba en el aire al agua ya filtrada se colocó unas tapas hechas de planchas metálicas. En la Figura 16 se muestra etapas de la construcción de la poza de almacenamiento y de los desarenadores.

Figura 16. Construcción de la poza de almacenamiento y desarenadores



- **Losas para las electrobombas y el filtro.** Las electrobombas y el filtro del sistema de lubricación requirieron fijarse a una superficie rígida y nivelada, por lo cual se construyó una losa de concreto para apoyar estos. En ambas losas se colocó los pernos de las electrobombas y del filtro mientras el concreto estaba fresco, de tal manera que cuando se secaba la losa, los pernos quedaban empotrados a esta y al instalar las bombas y filtros sobre estos se fijaban mejor, reduciéndose la vibración mientras estaban operando.

- **Dados de anclaje para la calderería del sistema de lubricación y desarenado.** Se colocaron dados de concreto en las caldererías con la finalidad de anclarlas al suelo y evitar que se movieran debido a los esfuerzos internos que produce el flujo de agua sobre estas. Los dados se construyeron de concreto armado.

4.2.9. MONTAJE DEL EQUIPO DE BOMBEO

El equipo de bombeo estuvo formado por diez electrobombas, las cuales tenían varios componentes (ver ANEXO 16). El primer componente que se instaló en cada bomba fue su soporte, el cuál se empotró al piso de la toma del río. Seguido de esto se fue bajando el cuerpo de la bomba dentro de la poza, hasta que se apoyó sobre su soporte. El cuerpo estaba formado por los tazones de los impulsores, la canastilla de succión y algunos componentes del sistema de lubricación y desarenado. En la Figura 17 se muestra el cuerpo y soporte de las bombas.

Figura 17. Cuerpo y soporte de las bombas del sistema de conducción



Conforme se fue bajando la bomba, se fueron instalando las columnas de descarga (cinco unidades), las cuales tenían en su interior el eje de transmisión de la bomba. Sobre la última columna de descarga se instaló el sistema deslizante que permitió separar el peso de las columnas y cuerpo de la bomba del peso de la cabeza de

descarga, soporte y motor eléctrico. A continuación se fijó una plancha de cimentación sobre las vigas de la toma y sobre esta se colocó la plancha de la base de la linterna.

A continuación, se fijó la cabeza de descarga a su base a través de unos pernos. Dentro de la cabeza de descarga se encontraba la prensaestopa de la electrobomba, en la cual se colocó un punto para su lubricación. Así mismo, la cabeza permitió derivar el flujo de agua hacia las caldererías de bombeo que a su vez estaban conectadas a las aducciones de la red de abastecimiento. Sobre la cabeza de descarga se montó el soporte del motor que contenía los rodamientos y dispositivos necesarios para transmitir la potencia del motor hacia la bomba. Por último, se colocó el motor eléctrico sobre su soporte. Dentro del motor se encontraba el estator, rotor, bobinas y otros componentes que permitieron convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Así mismo, se instaló en los motores unos sensores de temperatura tipo PT-100 (termoresistores) para medir la temperatura de estos mientras operaban. Se colocó tres sensores en las bobinas (uno por cada fase) y dos sensores en los rodamientos (en el superior e inferior). Para terminar con el montaje de las electrobombas se reguló el sistema deslizante a una altura que permitió obtener una luz suficiente entre el eje del motor eléctrico y el eje de la bomba para poder transmitir la potencia de manera correcta.

Conforme se montaban las electrobombas en la toma del río, se iban instalando simultáneamente sus tableros eléctricos en la caseta de control de bombeo. El equipo de bombeo contó con cinco tableros, los cuales tenían cada uno un par de arrancadores soft starter. Estos se conectaban a través de cables eléctricos a los motores de las electrobombas para controlar su prendido/apagado. La alimentación eléctrica de los soft starter se hizo a través de un tablero principal que recibía el suministro de la acometida de los transformadores y la distribuía hacia los soft starter. Así mismo, los soft starter se conectaron a un PLC para realizar el prendido/apagado de las electrobombas de manera automática. También se conectó al PLC los sensores de temperatura que se instalaron en los motores eléctricos, para que el PLC ordenara apagar las electrobombas si sus motores se encontraban operando con una temperatura mayor a la recomendada por el fabricante. En la Figura 18 se muestra la instalación de los tableros eléctricos.

Figura 18. Montaje de los tableros eléctricos del equipo de bombeo



4.2.10. MONTAJE DE LAS CALDERERÍAS DE ACERO

Luego de que se instaló el equipo de bombeo se empezó a montar las caldererías de acero. El montaje se realizó con la ayuda de eslingas que estaban amarradas a las caldererías y al brazo de una grúa, que permitía sostenerlas mientras estaban suspendidas. Las caldererías se conectaron con las válvulas del cabezal y entre sí a través de las uniones bridadas que tenían en sus extremos y para lograr la estanqueidad en la junta se colocó una empaquetadura de neopreno de ¼” de espesor. Cabe mencionar que se niveló y apoyó las caldererías de acero de manera cuidadosa antes de empernarlas totalmente para evitar posibles fugas posteriores.

En el cabezal de bombeo, primero se instaló las caldererías que colectaban las piezas de acero que salían de las electrobombas. Estas rodeaban todo la parte superior de la toma y se montaron sobre las vigas de soporte que se colocaron en las paredes de la toma. Luego de que las caldererías se apoyaron sobre las vigas se aseguraron con unos anillos de fierro que rodeaban toda la circunferencia de la tubería. Después se procedió a instalar las piezas de acero y válvulas que se encontraban entre las electrobombas y las caldererías colectoras. En la Figura 19 se muestra como se montó las caldererías que se encontraban sobre la toma del río.

Figura 19. Montaje de las caldererías sobre la toma del río



A continuación se instaló las caldererías que bajaban de la toma hacia las aducciones y se realizó la interconexión de estas con las caldererías del equipo de bombeo del reservorio 01. De esta forma se aseguraba el suministro a los 03 reservorios ante cualquier desperfecto, debido a que estaban interconectas las 19 electrobombas colocadas sobre la toma del río. Conforme se fueron instalando las aducciones del sistema de conducción, se montaban las caldererías y válvulas que se encontraban en su trazo. De esta forma se instaló las caldererías del pase sobre las aducciones del reservorio 01, las caldererías del pase del canal Sur, las caldererías de la esquina del fundo Lobo y las caldererías de las válvulas de aire. Luego de haberse instalado las diversas caldererías de la red de abastecimiento se construyó sobre sus codos de bajada unos dados de concreto que tenían la finalidad de anclar las caldererías al suelo y evitar que se muevan debido a los esfuerzos internos que producía el flujo de agua sobre estas. Es importante mencionar que la conexión entre las caldererías de acero y las aducciones de PRFV se hizo a través de juntas Dresser, tal y como se ve en la Figura 20.

Figura 20. Conexión entre las caldererías de acero y las aducciones de PRFV



4.2.11. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y DESARENADO DEL EQUIPO DE BOMBEO

El sistema de lubricación y desarenado se instaló de manera paralela al montaje del equipo de bombeo. Después de que se terminó de construir la poza de almacenamiento y los desarenadores, se empezó a montar las electrobombas y el filtro del sistema de lubricación y desarenado sobre las losas que se hicieron para ellos. El filtro se colocó en la parte posterior de la poza, justo antes de la entrada a los desarenadores y las electrobombas se montaron en la parte delantera de la poza de donde succionaban el agua ya filtrada. En las Figuras 21 se muestran las electrobombas y filtros del sistema ya montados.

Figura 21. Electrobombas y filtros del sistema de lubricación y desarenado



Con las electrobombas y el filtro ya fijados en el terreno, se empezó a montar las caldererías y válvulas del sistema. Antes del filtro se instaló una válvula reductora tipo globo, una válvula de alivio rápido de presión y una válvula reguladora de caudal con solenoide y después del filtro se colocó una válvula sostenedora de presión. A la salida

de las electrobombas de lubricación se colocaron válvulas manuales (tipo compuerta, mariposa y check) y en la descarga de la electrobomba de desarenado se instaló una válvula de alivio rápido de presión. Bajo los camino de circulación y mantenimiento de las electrobombas de impulsión, se instalaron las válvulas que permitían el ingreso del agua a presión hacia los puntos de lubricación de las bombas (en la prensaestopa e impulsores) y hacia el punto de desarenado (en la base de las bombas). Se instaló veinte válvulas reguladoras de caudal con solenoides para los puntos de lubricación (dos por cada electrobomba) y diez válvulas open/close con solenoides para los puntos de desarenado. En la Figura 22 se muestran los puntos de lubricación en las prensaestopas de las bombas de impulsión.

Figura 22. Puntos de lubricación en las prensaestopas de las bombas de impulsión



Las caldererías de acero que se montó entre las electrobombas, filtro y válvulas del sistema de lubricación y desarenado, mayormente tuvieron terminaciones vitaulicas para facilitar la instalación de estas. Después de las válvulas de ingreso a los puntos de lubricación se colocó unos transmisores de presión, para verificar a través de una señal eléctrica la presión que se tenía ahí y si esta era la necesaria para poder inyectar el agua en dichos puntos (tenía que ser mayor a la presión de las bombas de impulsión). Seguido a los transmisores se instaló unos sensores de caudal para verificar que hubiera flujo de agua en los puntos de lubricación. Así mismo, se instaló unos transmisores de presión en las caldererías colectoras del sistema de lubricación de la prensaestopa y de los impulsores, y a la salida de las caldererías de bombeo que conducen el agua hacia los reservorios 02 y 03 para determinar la presión en dichos puntos.

De manera similar al equipo de bombeo, se conectó las electrobombas del sistema de lubricación y desarenado a los tableros eléctricos que las energizaban y que controlaban su prendido/apagado. En este caso los tableros tuvieron variadores de frecuencia, lo cual les permitió aumentar o reducir las revoluciones de las electrobombas para que impulsaran el agua con la misma presión sin importar el caudal que estuvieran bombeando. Tanto los variadores de frecuencia, los solenoides de las válvulas de ingreso a los puntos de lubricación y desarenado, los transmisores de presión y los sensores de caudal se conectaron al PLC para que el sistema operara de manera automática.

4.2.12. LAVADO DE LAS ADUCCIONES Y ABASTECIMIENTO DE AGUA A LOS RESERVORIOS

El 01 de octubre del 2013 se empezó a lavar la aducción del reservorio 02, para lo cual se utilizó las electrobombas 06 y 07 del equipo de bombeo, puesto que fueron las primeras en montarse. Después de casi cinco horas de bombeo el agua empezó a salir por la tubería que abastecía al reservorio 02. Debido a que para estas fechas se empezó a sembrar las primeras hectáreas de caña de azúcar en las áreas circundantes del reservorio 02, se siguió bombeando agua de forma continua hacia este, de tal forma que las electrobombas de los equipos de riego tomaran el agua del reservorio para abastecer a las hectáreas de cultivo. Para mediados de noviembre del 2013 se utilizó toda la capacidad de bombeo (05 electrobombas) para abastecer al reservorio 02.

El reservorio 03 se abasteció de manera diferente, pues desde un principio se utilizó toda la capacidad de bombeo para abastecerlo, debido a que las hectáreas circundantes a este reservorio se sembraron a partir de enero del 2014. La única finalidad de abastecer al reservorio 03 fue para probar el sistema y detectar las fugas en este. El 18 de noviembre del 2013 se empezó a lavar la aducción del reservorio 03 con toda la capacidad de bombeo, para lo cual se empleó las electrobombas 08, 09 y 10. Luego de aproximadamente dos horas y medio de bombeo empezó a salir agua por la tubería de PRFV que abastecía al reservorio 03.

A la entrada de los reservorios 02 y 03 se construyó unos grandes desarenadores para reducir la cantidad de arenas que llegaran con el agua. De esta forma los intervalos

de tiempo para limpiar las bases de los reservorios por colmatación de arenas aumentaron, reduciendo así los costos de mantenimiento. Otra ventaja que se obtuvo con los desarenadores, fue que las electrobombas de los equipos de riego que succionaban el agua de los reservorios, presentaron menor desgaste en sus componentes como consecuencia de que hubo menor cantidad de arenas en el agua. En la Figura 23 se muestra los desarenadores en la entrada de los reservorios. Cabe indicar que durante el abastecimiento de agua a los reservorios se encontró algunas fugas en las aducciones, por lo cual se procedió a repararlas para que el sistema operara de manera correcta.

Figura 23. Entrada de agua a los reservorios 02 y 03



4.2.13. REGULACIÓN DE PRESIONES Y CAUDALES DEL EQUIPO DE BOMBEO Y DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y DESARENADO

Después de que se terminó de instalar todo el equipo de bombeo y el sistema de lubricación, se reguló las presiones y caudales en estos. Para la regulación del equipo de bombeo se abasteció los reservorios 02 y 03 con toda su capacidad, es decir se hizo pasar el caudal de cinco bombas a través de la aducción del reservorio 02 y de tres bombas por la aducción del reservorio 03. Bajo estas condiciones se reguló la presión en las bombas de impulsión con la ayuda de las válvulas instaladas en el cabezal de bombeo. Primero se reguló los pilotos de las válvulas de alivio para que a 125 mca se abrieran. En las válvulas sostenedora-reductoras, se regularon los pilotos sostenedores en 83 mca y los pilotos reductores en 107 mca, debido a que con esta presión el agua llegaba correctamente a los reservorios.

La regulación de la presión y caudal del sistema de lubricación y desarenado se hizo a partir de las válvulas hidráulicas que se instalaron en este. Respecto a las válvulas que se instalaron antes del filtro, se reguló la presión de la válvula reductora tipo globo en 65 mca. y se taró el piloto de la válvula de alivio, para que esta se abriera a 100 mca. El caudal de ingreso a la poza de almacenamiento fue 30 l/s, para lo cual se taró el piloto de la válvula reguladora de caudal en este valor. Así mismo, se verificó que la válvula se abriera o cerrara según la señal eléctrica que le enviaba el electronivel que se colocó dentro de la poza para controlar la altura de agua dentro de esta. La válvula sostenedora que se encontraba después de los filtros se reguló en 40 mca y la válvula de alivio que se instaló en la descarga de la electrobomba de desarenado se taró para que se abriera en 35 mca. Los pilotos de las válvulas reguladoras de caudal que controlaban el ingreso del agua a los puntos de lubricación se tararon en 1.0 l/s y se verificó que estas abrieran o cerraran según la señal eléctrica que recibían del PLC. La misma verificación se hizo con las válvulas open/close que controlaban el flujo de agua hacia los puntos de desarenado.

Una vez reguladas las válvulas, se calibro los sensores de temperatura de los motores eléctricos, los transmisores de presión y los sensores de caudal para que se viera en la pantalla del PLC estos parámetros. Así mismo, se programó en el PLC unos valores máximos y/o mínimos para estos parámetros, de tal forma si una electrobomba mostraba un valor por encima y/o por debajo de ellos, el PLC ordenaba apagarla para protegerla de una falla más grave. Después de que se realizó la regulación y automatización del equipo de bombeo y del sistema de lubricación y desarenado, la red de abastecimiento de agua se encontró operando con el cien por ciento de sus funciones.

4.2.14. ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

Antes de entregar el proyecto se elaboró el manual de operación y mantenimiento de la red de abastecimiento para dárselo al personal técnico de Agrícola del Chira. En el manual de operación se explicó el procedimiento que se debía seguir antes y durante el funcionamiento del sistema. De esta manera se verificaría que todos los componentes y equipos del sistema se encontraran funcionando dentro de sus rangos, evitando que estos presenten problemas a futuro por una mala operación.

En el manual de mantenimiento se indicó las acciones a seguir sobre los componentes y equipos del sistema para que estos operen correctamente durante el mayor tiempo posible sin que fallen. El mantenimiento que se propuso dar al sistema fue preventivo, es decir se debía realizar en función a un cronograma establecido donde las diversas partes del sistema tienen periodos de mantenimiento distintos según la importancia y uso que se les diera.

4.2.15. FIRMA DEL ACTA DE CONFORMIDAD Y ENTREGA DEL PROYECTO

Con la red de abastecimiento operando al cien por ciento de sus funciones y habiéndose dado el manual de operación y mantenimiento del sistema se procedió a entregar el proyecto con fecha 06 de diciembre del 2013. Para lo cual, Agrícola del Chira designo como representantes al Gerente Agrícola y al Jefe del fundo El Lobo, mientras que la empresa Agro Gestión fue representada por el Gerente Técnico.

La entrega del proyecto consistió en que los representantes de ambas empresas recorrieran in situ la red de abastecimiento, verificando el correcto funcionamiento de sus diferentes componentes. Así mismo, visitaron los reservorios 02 y 03 del fundo Lobo para comprobar que la red de abastecimiento estuviera cumpliendo con su principal función que era la de abastecer de agua a los reservorios con un adecuado caudal y presión. Después de que se revisó estos puntos, se procedió a firmar el acta de conformidad por parte de los representantes de ambas empresas. Luego de la firma se entregó al personal de Agrícola del Chira un file con los planos, cálculos hidráulicos y manual de operación y mantenimiento del sistema de conducción de manera impresa y en formato digital.

4.3. ETAPA DE EVALUACIÓN

En la tercera etapa del tema del trabajo monográfico se procedió a recopilar resultados obtenidos durante la operación de la red de abastecimiento, en un periodo que permitiera evaluar su funcionamiento en el tiempo. Luego se procesó y analizó estos resultados para obtener conclusiones a partir de ellos.

4.3.1. RECOPIACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA OPERACIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

La recopilación de resultados obtenidos durante la operación de la red se realizó en dos oportunidades. La primera se hizo en diciembre del 2013, justo después de que se entregó el proyecto y tuvo la finalidad de comprobar que los resultados de los parámetros medidos coincidieran con los valores con los cuales se diseñó la red de abastecimiento. Así mismo, permitió verificar que los parámetros técnicos (hidráulicos, eléctricos, etc.) se encontraran dentro de los rangos recomendados por los fabricantes. La segunda recopilación de resultados se realizó en julio del 2014 y tuvo el objetivo de evaluar el funcionamiento de la red en el tiempo y verificar el estado de sus componentes. También se comprobó que los parámetros técnicos estuvieran en los rangos recomendados.

Entre los resultados recopilados, se anotó la presión a la salida de las electrobombas de los reservorios 02 y 03, según varias capacidades de bombeo. También se midió la presión en varios de los componentes del sistema de lubricación y desarenado (electrobombas, válvulas, filtro). Se tomó nota de los parámetros técnicos que controlaba el PLC, los cuales se mostraban en su pantalla. Y por último, se tomó una muestra de agua en la toma del río y en la poza de almacenamiento, para determinar qué tan eficiente era la filtración del agua en el sistema de lubricación y desarenado.

4.3.2. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de que se terminó de recopilar los resultados, se procesaron y analizaron en gabinete para obtener conclusiones de ellos. El procesamiento consistió en hacer cuadros y tablas de los resultados obtenidos. Estos se presentaron de manera puntual y en un intervalo de tiempo. Así mismo, se llevó las muestras de agua tomadas en campo a un laboratorio, para analizar la cantidad de sólidos suspendidos que presentaban.

Luego de observar los resultados procesados, se comenzó a analizarlos, para lo cual se formuló hipótesis acerca del porque se obtuvieron estos, sea el caso de los parámetros técnicos medidos en el equipo de bombeo o de la calidad del agua obtenida

antes y después del proceso de filtración que se realizó en el sistema de lubricación y desarenado. Finalmente se comenzó a responder las hipótesis, obteniendo conclusiones a partir de estas respuestas.

4.4. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante el diseño, instalación y evaluación de la red de abastecimiento.

4.4.1. DISEÑO DE LAS ADUCCIONES Y DEL EQUIPO DE BOMBEO

Lo primero que se calculó fueron los caudales de diseño de las aducciones de la red de abastecimiento (ver Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Caudal de diseño - Aducción del reservorio 02

PARÁMETRO	VALOR
Área (has)	1274.5
Demanda cultivo (m ³ /hr/ha)	60.0
Horas de impulsión (hr)	22.0
Caudal diseño (l/s)	965.5

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. Caudal de diseño - Aducción del reservorio 03

PARÁMETRO	VALOR
Área (has)	756.8
Demanda cultivo (m ³ /hr/ha)	60.0
Horas de impulsión (hr)	22.0
Caudal diseño (l/s)	573.3

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos resultados y utilizando el plano topográfico con la distribución de las aducciones, se realizó el cálculo hidráulico de estas, con lo cual se determinó los diámetros, clases y pérdidas de carga de los tramos de las aducciones (ver Cuadros 6 y 7).

Cuadro 6. Cálculo hidráulico - Aducción del reservorio 02

TRAMO	PROGRESIVA		CAUDAL (l/s)	COTA TRAMO		DESNIVEL (m)	PERDIDAS EN TUBERÍAS UNITARIAS (%)		PERDIDAS EN SINGULARIDADES		PRESIÓN EN TUBERÍA	
	INICIO (m)	FIN (m)		LARGO (m)	INICIO (m)		FIN (m)	TOTAL (m)	UNITARIA (%)	ACCESORIOS (m)	VALVULAS (m)	TOTAL (m)
T1	0	1287	965.5	18.00	19.00	1.00	0.16%	1.97	0.00	1.97	107.00	102.03
T2	1287	1309	482.8	19.00	19.10	0.10	1.90%	0.42	0.00	0.84	102.03	100.67
T3	1309	1575	965.5	19.10	18.00	-1.10	0.16%	0.41	0.10	1.28	100.67	100.07
T4	1575	3006	965.5	18.00	36.60	18.60	0.16%	2.23	0.10	0.89	100.07	78.36
T5	3006	3191	965.5	36.60	52.35	15.75	0.16%	0.29	0.10	0.49	78.36	61.83
T6	3191	3305	965.5	52.35	66.70	14.35	0.16%	0.18	0.10	0.49	61.83	46.80
T7	3305	3457	965.5	66.70	82.20	15.50	0.16%	0.24	0.10	0.89	46.80	30.18
T8	3457	4106	965.5	82.20	99.15	16.95	0.16%	1.01	0.00	1.57	30.18	10.64
T9	4106	7621	965.5	99.15	89.00	-10.15	0.16%	5.48	0.00	0.00	10.64	15.31
T10	7621	8993	965.5	89.00	91.35	2.35	0.16%	2.15	0.00	0.39	15.31	10.42
T11	8993	10550	965.5	91.35	89.50	-1.85	0.16%	2.43	0.00	1.08	10.42	8.76
TOTAL	0	10550	965.5	18.00	89.50	71.50		16.84		9.90		

ADUCCIÓN POR TRAMOS DESDE LA TOMA DEL RÍO HASTA EL RESERVORIO 02						
VELOCIDAD (m/s)	TIEMPO (min)	Ø TUBERÍA (mm)	TIPO	CLASE	OD (mm)	ID (m)
1.52	14.15	900	PRFV	16	921	0.9004
2.64	0.14	20"	ACERO	SCHD STD	508	0.4826
1.52	2.92	900	PRFV	16	921	0.9004
1.52	15.73	900	PRFV	16	921	0.9004
1.52	2.03	900	PRFV	10	922	0.8999
1.52	1.25	900	PRFV	10	922	0.8999
1.52	1.67	900	PRFV	10	922	0.8999
1.52	7.12	900	PRFV	6	922	0.8995
1.52	38.59	900	PRFV	4	923	0.8999
1.52	15.05	900	PRFV	6	922	0.8995
1.52	17.09	900	PRFV	4	923	0.8999
	115.74					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. Cálculo hidráulico - Aducción del reservorio 03

TRAMO	PROGRESIVA		CAUDAL (l/s)	COTA TRAMO		DESNIVEL (m)	PERDIDAS EN TUBERÍAS UNITARIA (%)		ACCESORIOS (m)	PERDIDAS EN SINGULARIDADES		PRESIÓN EN TUBERÍA	
	INICIO (m)	FIN (m)		INICIO (m)	FIN (m)		TOTAL (m)	UNITARIA (%)		TOTAL (m)	VALVULAS (m)	TOTAL (m)	INICIO (m)
T1	0	1287	573.3	18.00	19.00	1.0	0.20%	2.60	2.61	0.00	2.61	107.00	100.79
T2	1287	1309	573.3	19.00	19.10	0.1	2.62%	0.58	1.04	0.00	1.04	100.79	99.07
T3	1309	1575	573.3	19.10	18.00	-1.1	0.20%	0.54	1.02	0.10	1.12	99.07	98.51
T4	1575	3006	573.3	18.00	36.60	18.6	0.20%	2.89	0.68	0.10	0.78	98.51	76.24
T5	3006	3191	573.3	36.60	52.35	15.8	0.20%	0.37	0.34	0.10	0.44	76.24	59.68
T6	3191	3305	573.3	52.35	66.70	14.4	0.20%	0.23	0.34	0.10	0.44	59.68	44.66
T7	3305	3457	573.3	66.70	82.20	15.5	0.20%	0.31	0.68	0.10	0.78	44.66	28.07
T8	3457	4106	573.3	82.20	99.15	17.0	0.20%	1.31	1.41	0.00	1.41	28.07	8.40
T12	4106	8016	573.3	99.15	87.50	-11.7	0.20%	7.88	0.00	0.00	0.00	8.40	12.17
T13	8016	8716	573.3	87.50	87.25	-0.3	0.20%	1.41	0.34	0.00	0.34	12.17	10.67
T14	8716	11277	573.3	87.25	84.80	-2.5	0.20%	5.16	0.82	0.00	0.82	10.67	7.14
TOTAL	0	11277	573.3	18.00	84.80	66.8		23.26			9.80		

ADUCCIÓN POR TRAMOS DESDE LA TOMA DEL RÍO HASTA EL RESERVORIO 03						
VELOCIDAD (m/s)	TIEMPO (min)	Ø TUBERÍA (mm)	TIPO	CLASE	OD (mm)	ID (m)
1.49	14.40	700	PRFV	16	717	0.7001
3.13	0.12	20"	ACERO	SCHD.40	508	0.4826
1.49	2.98	700	PRFV	16	717	0.7001
1.49	16.01	700	PRFV	16	717	0.7001
1.49	2.07	700	PRFV	10	717	0.7002
1.49	1.28	700	PRFV	10	717	0.7002
1.49	1.70	700	PRFV	10	717	0.7002
1.49	7.27	700	PRFV	6	718	0.7003
1.49	43.79	700	PRFV	4	719	0.7004
1.49	7.84	700	PRFV	6	718	0.7003
1.49	28.68	700	PRFV	4	719	0.7004
	126.14					

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se analizó el efecto del golpe de ariete sobre las tuberías de las aducciones. Para lo cual se calculó las sobrepresiones y depresiones que ocasiona este fenómeno sobre las tuberías. En los Cuadros 8 y 9 se muestran estos resultados.

Cuadro 8. Análisis de golpe de ariete - Aducción del reservorio 02

ADUCCIÓN POR TRAMOS DESDE LA TOMA DEL RÍO HASTA EL RESERVORIO 02											
Tramo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Diámetro externo tubería (mm)	921	508	921	921	922	922	922	922	923	922	923
Diámetro interno tubería (m)	0.9004	0.4826	0.9004	0.9004	0.8999	0.8999	0.8999	0.8995	0.8999	0.8995	0.8999
Desnivel (m)	1.00	0.10	-1.10	18.60	15.75	14.35	15.50	16.95	-10.15	2.35	-1.85
Caudal (l/s)	965.5	482.8	965.5	965.5	965.5	965.5	965.5	965.5	965.5	965.5	965.5
Presión dinámica punto mas bajo (mca)	107.00	102.03	100.67	100.07	78.36	61.83	46.80	30.18	15.31	18.86	10.42
Velocidad del agua (m/s)	1.52	2.64	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
Velocidad de onda de catálogo (m/s)	493.00	545.00	493.00	493.00	425.00	425.00	425.00	351.00	295.00	351.00	295.00
Golpe de ariete (mca)	76.21	146.63	76.21	76.21	65.77	65.77	65.77	54.37	45.65	54.37	45.65
Sobrepresión en la tubería (mca)	183.21	248.65	176.88	176.28	144.13	127.59	112.57	84.54	60.96	73.22	56.07
Depresión en la tubería (mca)	30.79	-44.60	24.46	23.87	12.59	-3.94	-18.96	-24.19	-30.34	-35.51	-35.23
Clase tubería	16	SCHD40	16	16	10	10	10	6	4	6	4
Max. Presión que soportan las tuberías PRFY (mca)	240.00	525.00	240.00	240.00	150.00	150.00	150.00	90.00	60.00	90.00	60.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9. Análisis de golpe de ariete - Aducción del reservorio 03

ADUCCIÓN POR TRAMOS DESDE LA TOMA DEL RÍO HASTA EL RESERVORIO 03											
Tramo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T12	T13	T14
Diámetro externo tubería (mm)	717	508	717	717	717	717	717	718	719	718	719
Diámetro interno tubería (m)	0.7001	0.4826	0.7001	0.7001	0.7002	0.7002	0.7002	0.7003	0.7004	0.7003	0.7004
Desnivel (m)	1.00	0.10	-1.10	18.60	15.75	14.35	15.50	16.95	-11.65	-0.25	-2.45
Caudal (l/s)	573.3	573.3	573.3	573.3	573.3	573.3	573.3	573.3	573.3	573.3	573.3
Presión dinámica punto mas bajo (mca)	107.00	100.79	99.07	98.51	76.24	59.68	44.66	28.07	12.17	13.74	10.67
Velocidad del agua (m/s)	1.49	3.13	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
Velocidad de onda de catálogo (m/s)	496.00	545.00	496.00	496.00	423.00	423.00	423.00	353.00	313.00	353.00	313.00
Golpe de ariete (mca)	75.30	174.13	75.30	75.30	64.20	64.20	64.20	53.56	47.48	53.56	47.48
Sobrepresión en la tubería (mca)	182.30	274.92	174.38	173.82	140.45	123.88	108.86	81.63	59.65	67.30	58.15
Depresión en la tubería (mca)	31.70	-73.34	23.77	23.21	12.04	-4.52	-19.54	-25.49	-35.31	-39.82	-36.81
Clase tubería	16	SCHD40	16	16	10	10	10	6	4	6	4
Max. Presión que soportan las tuberías PRFY (mca)	240.00	525.00	240.00	240.00	150.00	150.00	150.00	90.00	60.00	90.00	60.00

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en los cuadros anteriores, la aducción que conduce el agua hacia el reservorio 02 se diseñó con un diámetro de 900 mm y la que abastece al reservorio 03 con un diámetro de 700 mm. La clase de ambas aducciones comienza con PN 16 y conforme se va reduciendo la presión dentro de las tuberías también disminuye la clase de estas hasta llegar a PN 4.

Con las pérdidas de carga que se produjeron en las aducciones y calculando las pérdidas en el cabezal de bombeo se determinó la presión requerida por la red de abastecimiento para impulsar el agua hacia los reservorios 02 y 03. Además se calculó el caudal de las bombas, a partir del número de unidades que iban a impulsar el agua hacia cada reservorio. Conociendo la presión y caudal se obtuvo el punto de operación de las electrobombas de la red de abastecimiento (ver Cuadros 10 y 11).

Cuadro 10. Presión requerida por la red - Aducción reservorio 02

PARÁMETRO	VALOR
Altura de succión (m)	9.50
Pérdida en la calderería de bombeo (m)	8.50
Pérdida en tuberías (m)	16.84
Pérdida en singularidades (m)	9.90
Desnivel (m)	71.50
Bordo reservorio (m)	3.00
Porcentaje de seguridad (m)	5.37
Presión requerida (mca)	124.61

PARÁMETRO	VALOR
Caudal total (l/s)	965.5
Número de bombas	5.0
Caudal por bomba (l/s)	193.1

PUNTO DE OPERACIÓN DE LA BOMBA	
Caudal de la bomba (l/s)	192.0
Presión de la bomba (mca)	125.0

PARÁMETRO	VALOR
Presión post válvula sostenedora-reductora (mca)	107.0

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11. Presión requerida por la red – Aducción reservorio 03

PARÁMETRO	VALOR
Altura de succión (m)	9.50
Pérdida en la calderería de bombeo (m)	8.50
Pérdida en tuberías (m)	23.26
Pérdida en singularidades (m)	9.80
Desnivel (m)	66.80
Bordo reservorio (m)	3.00
Porcentaje de seguridad (m)	4.23
Presión requerida (mca)	125.09

PARÁMETRO	VALOR
Caudal total (l/s)	573.3
Número de bombas	3.0
Caudal por bomba (l/s)	191.1

PUNTO DE OPERACIÓN DE LA BOMBA	
Caudal de la bomba (l/s)	192.0
Presión de la bomba (mca)	125.0

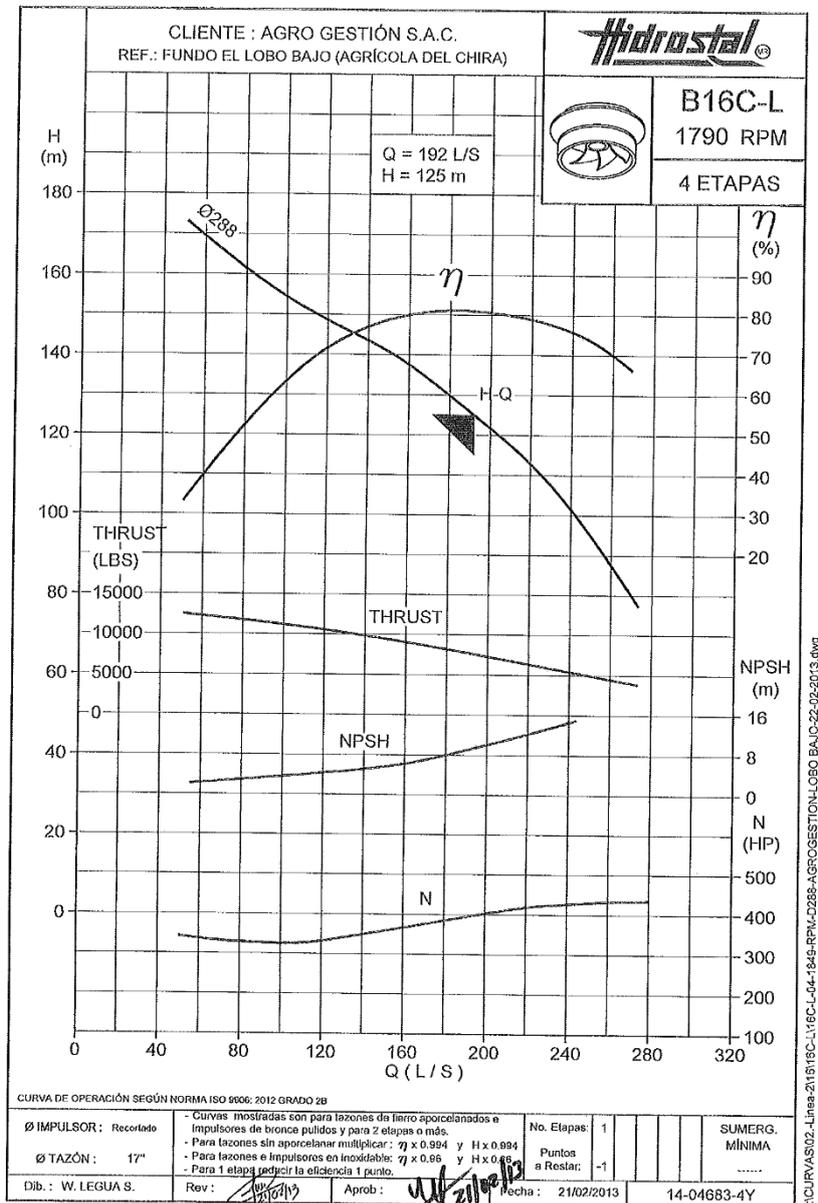
PARÁMETRO	VALOR
Presión post válvula sostenedora-reductora (mca)	107.0

Fuente: Elaboración propia

Luego de calcular la presión requerida por el sistema, se graficó la línea de gradiente hidráulico de cada aducción, a partir de las cuales se pudo determinar la presión en cualquier tramo de la conducción. Para graficar las líneas de gradiente hidráulico se empleó el software Irricad (ver ANEXOS 17 y 18).

Según los resultados anteriores, el equipo de bombeo de la red de abastecimiento se diseñó con diez electrobombas de eje vertical, cada una de las cuales daba un caudal de 192 l/s a una presión de 125 mca. Según estos parámetros, el proveedor de bombas recomendó un modelo, verificando que el punto de operación tenga un comportamiento eficiente en la curva de funcionamiento (ver Figura 24) de la electrobomba seleccionada. Así mismo, a partir de la curva se determinó que los motores eléctricos de las bombas de la red de abastecimiento tendrían una potencia nominal de 450 HP. Finalmente se consideró que el prendido/apagado de las electrobomba se realizara a través de tableros eléctricos con arrancadores soft starter de 450 HP / 440 V.

Figura 24. Curva de funcionamiento de las electrobombas de la red



4.4.2. DISEÑO DE LAS CALDERERÍAS DE ACERO

Después de que se dibujaron digitalmente las caldererías de acero, se procedió a hacer su cálculo hidráulico, con lo cual se obtuvo los diámetros y pérdidas de carga de estas. Se diseñaron las caldererías del equipo de bombeo, del pase sobre las aducciones del reservorio 01, del pase del canal Sur, la calderería de la esquina del fundo Lobo y las caldererías de las válvulas de aire que se colocaron en las aducciones (ver Cuadro 12).

Cuadro 12. Cálculo hidráulico - Caldererías de acero

CALDERERÍAS DE ACERO DEL CABEZAL DEL EQUIPO DE BOMBEO Y EN EL TRAZO DE LAS ADUCCIONES				
TRAMO	LARGO (m)	CAUDAL (l/s)	PERDIDAS EN TUBERÍAS	
			TOTAL (m)	UNITARIA (%)
Calderería de bombeo	2.30	193.1	0.08	3.36%
Colectora de caldererías de bombeo - Aducción del reservorio 02	25.45	965.5	0.69	2.71%
Colectora de caldererías de bombeo - Aducción del reservorio 03	25.80	573.3	0.68	2.62%
Pase sobre las aducciones del reservorio 01	10.20	573.3	0.27	2.62%
Pase del canal Sur - Aducción del reservorio 02	28.40	482.8	0.54	1.90%
Pase del canal Sur - Aducción del reservorio 03	28.30	573.3	0.74	2.62%
Calderería de la esquina del fundo Lobo - Aducción del reservorio 02	3.40	965.5	0.09	2.71%
Calderería de la esquina del fundo Lobo - Aducción del reservorio 03	3.40	573.3	0.09	2.62%

CALDERERÍAS DE ACERO DEL CABEZAL DEL EQUIPO DE BOMBEO Y EN EL TRAZO DE LAS ADUCCIONES						
TRAMO	VELOCIDAD (m/s)	TIEMPO (min)	Ø TUBERIA (pulg)	CLASE	OD (mm)	ID (m)
Calderería de bombeo	2.67	0.01	12	SCHD 40	323.8	0.3032
Colectora de caldererías de bombeo - Aducción del reservorio 02	3.60	0.12	24	SCHD STD	609.6	0.5842
Colectora de caldererías de bombeo - Aducción del reservorio 03	3.13	0.14	20	SCHD STD	508.0	0.4826
Pase sobre las aducciones del reservorio 01	3.13	0.05	20	SCHD STD	508.0	0.4826
Pase del canal Sur - Aducción del reservorio 02	2.64	0.18	20	SCHD STD	508.0	0.4826
Pase del canal Sur - Aducción del reservorio 03	3.13	0.15	20	SCHD STD	508.0	0.4826
Calderería de la esquina del fundo Lobo - Aducción del reservorio 02	3.60	0.02	24	SCHD STD	609.6	0.5842
Calderería de la esquina del fundo Lobo - Aducción del reservorio 03	3.13	0.02	20	SCHD STD	508.0	0.4826

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y DESARENADO

Comenzó con el dibujo digital de los componentes del sistema de lubricación y desarenado (electrobombas, válvulas, filtro, caldererías y obras civiles). Se determinó que el caudal de lubricación para cada una de las bombas de impulsión sea de 1.0 l/s en la prensaestopa y de 1.0 l/s en los impulsores. Como la red de abastecimiento cuenta con diez electrobombas, el caudal de diseño del sistema de lubricación fue de 10 l/s para la prensaestopa y 10 l/s para los impulsores. El sistema de desarenado se calculó con un caudal de diseño de 20 l/s. A partir de estos datos y de los largos de las tuberías de acero, se hizo el cálculo hidráulico de las caldererías para determinar sus diámetros y pérdidas de carga (ver Cuadro 13).

Cuadro 13. Cálculo hidráulico - Caldererías del sistema de lubricación y desarenado

CALDERERÍAS DE ACERO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y DESARENADO DEL EQUIPO DE BOMBEO				
TRAMO	LARGO (m)	CAUDAL (l/s)	PERDIDAS EN TUBERÍAS	
			TOTAL (m)	UNITARIA (%)
Toma de colectoras de caldererías de bombeo - Válvula reductora	52.50	50.0	3.90	7.43%
Válvula reductora - Filtro del sistema	15.95	30.0	0.46	2.88%
Succión y descarga de la bomba del sistema de lubricación de la prensaestopa	3.55	5.0	0.10	2.90%
Colectora del sistema de lubricación de la prensaestopa	49.45	10.0	5.17	10.45%
Colectora del sistema de lubricación - Válvula del sistema de lubricación	19.65	5.0	0.57	2.90%
Válvula del sistema de lubricación - Punto de lubricación de la prensaestopa	1.40	1.0	0.39	27.56%
Succión y descarga de la bomba del sistema de lubricación de los impulsores	3.55	5.0	0.10	2.90%
Colectora del sistema de lubricación de los impulsores	48.90	10.0	5.11	10.45%
Colectora del sistema de lubricación - Válvula del sistema de lubricación	19.60	5.0	0.57	2.90%
Válvula del sistema de lubricación - Punto de lubricación de los impulsores	0.25	1.0	0.07	27.56%
Succión y descarga de la bomba del sistema de desarenado	2.95	20.0	0.04	1.36%
Colectora del sistema de desarenado	48.50	20.0	0.66	1.36%
Colectora del sistema de desarenado - Válvula del sistema de desarenado	18.65	20.0	1.87	10.01%
Válvula del sistema de desarenado - Punto de desarenado	9.70	20.0	0.97	10.01%

CALDERERÍAS DE ACERO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y DESARENADO DEL EQUIPO DE BOMBEO						
TRAMO	VELOCIDAD (m/s)	TIEMPO (min)	Ø TUBERIA (pulg)	CLASE	OD (mm)	ID (m)
Toma de colectoras de caldererías de bombeo - Válvula reductora	2.68	0.33	6	SCHD 40	168.3	0.1541
Válvula reductora - Filtro del sistema	1.61	0.17	6	SCHD 40	168.3	0.1541
Succión y descarga de la bomba del sistema de lubricación de la prensaestopa	1.05	0.06	3	SCHD 40	88.9	0.0779
Colectora del sistema de lubricación de la prensaestopa	2.10	0.39	3	SCHD 40	88.9	0.0779
Colectora del sistema de lubricación - Válvula del sistema de lubricación	1.05	0.31	3	SCHD 40	88.9	0.0779
Válvula del sistema de lubricación - Punto de lubricación de la prensaestopa	1.80	0.01	1	SCHD 40	33.4	0.0266
Succión y descarga de la bomba del sistema de lubricación de los impulsores	1.05	0.06	3	SCHD 40	88.9	0.0779
Colectora del sistema de lubricación de los impulsores	2.10	0.39	3	SCHD 40	88.9	0.0779
Colectora del sistema de lubricación - Válvula del sistema de lubricación	1.05	0.31	3	SCHD 40	88.9	0.0779
Válvula del sistema de lubricación - Punto de lubricación de los impulsores	1.80	0.00	1	SCHD 40	33.4	0.0266
Succión y descarga de la bomba del sistema de desarenado	1.07	0.05	6	SCHD 40	168.3	0.1541
Colectora del sistema de desarenado	1.07	0.75	6	SCHD 40	168.3	0.1541
Colectora del sistema de desarenado - Válvula del sistema de desarenado	2.43	0.13	4	SCHD 40	114.3	0.1023
Válvula del sistema de desarenado - Punto de desarenado	2.43	0.07	4	SCHD 40	114.3	0.1023

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados anteriores y calculando las demás pérdidas de carga, se determinó la presión requerida por el sistema de lubricación y por el sistema de desarenado. Así mismo, se calculó el caudal de las bombas, según el número de unidades que iban a lubricar o desarenar a las bombas de impulsión. A partir de la presión y caudal calculados se obtuvo los puntos de operación de las electrobombas del sistema de lubricación y desarenado. Cabe resaltar que la presión del sistema de lubricación debe ser mayor que la presión de impulsión para que el agua pueda inyectarse en los puntos de lubricación (prensaestopas e impulsores). Por este motivo se calculó y comparo la presión ofertada por las bombas de lubricación y por las bombas de impulsión en los puntos de lubricación (ver Cuadros 14, 15 y 16).

Cuadro 14. Presión requerida por el sistema de lubricación – Prensaestopa

PARÁMETRO	VALOR
Altura de succión (m)	1.30
Pérdida en tuberías (m)	6.23
Pérdida en singularidades (m)	6.80
Desnivel (m)	2.00
Diferencia de cota al punto de lubricación (m)	0.00
Porcentaje de seguridad (m)	1.63
Presión requerida (mca)	17.96

PARÁMETRO	VALOR
Caudal total (l/s)	10.0
Número de bombas	2.0
Caudal por bomba (l/s)	5.0

PUNTO DE OPERACIÓN DE LA BOMBA	
Caudal de bomba (l/s)	5.0
Presión de bomba (mca)	147.0

PARÁMETRO	VALOR
Presión en el punto de lubricación - ofertada por el sistema (mca)	129.0
Presión en el punto de lubricación - ofertada por la impulsión (mca)	115.5
Presión post válvula de ingreso al punto de lubricación (mca)	129.0

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15. Presión requerida por el sistema de lubricación - Impulsores

PARÁMETRO	VALOR
Altura de succión (m)	1.30
Pérdida en tuberías (m)	5.85
Pérdida en singularidades (m)	6.80
Desnivel (m)	2.00
Diferencia de cota al punto de lubricación (m)	-9.50
Porcentaje de seguridad (m)	0.65
Presión requerida (mca)	7.10

PARÁMETRO	VALOR
Caudal total (l/s)	10.0
Número de bombas	2.0
Caudal por bomba (l/s)	5.0

PUNTO DE OPERACIÓN DE LA BOMBA	
Caudal de bomba (l/s)	5.0
Presión de bomba (mca)	147.0

PARÁMETRO	VALOR
Presión en el punto de lubricación - ofertada por el sistema (mca)	139.9
Presión en el punto de lubricación - ofertada por la impulsión (mca)	125.0
Presión post válvula de ingreso al punto de lubricación (mca)	130.4

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 16. Presión requerida por el sistema de desarenado

PARÁMETRO	VALOR
Altura de succión (m)	1.40
Pérdida en tuberías (m)	3.54
Pérdida en singularidades (m)	5.70
Desnivel (m)	2.00
Diferencia de cota al punto de desarenado (m)	-9.50
Porcentaje de seguridad (m)	0.31
Presión requerida (mca)	3.45

PARÁMETRO	VALOR
Caudal total (l/s)	20.0
Número de bombas	1.0
Caudal por bomba (l/s)	20.0

PUNTO DE OPERACIÓN DE LA BOMBA	
Caudal de bomba (l/s)	20.0
Presión de bomba (mca)	30.5

PARÁMETRO	VALOR
Presión en el punto de desarenado (mca)	27.0

Fuente: Elaboración propia

Según los cuadros anteriores, el sistema de lubricación se diseñó con seis electrobombas de eje vertical, cada una de las cuales daba un caudal de 5.0 l/s a una presión de 147 mca. Mientras que el sistema de desarenado contó con una electrobomba

de eje horizontal que daba un caudal de 20 l/s a una presión de 30.5 mca. A partir de estos resultados, el proveedor de bombas recomendó un modelo para la lubricación y otro para el desarenado, verificando que los puntos de operación obtenidos tengan un comportamiento eficiente en las curvas de funcionamiento de las electrobombas seleccionadas.

A partir de la curva de funcionamiento de las electrobombas de lubricación se determinó que sus motores tendrían una potencia nominal de 20 HP. La curva de la electrobomba de desarenado indicó que su motor eléctrico tendría una potencia nominal de 15 HP. Se consideró que el prendido/apagado de las electrobombas se realizara a través de tableros eléctricos con variadores de frecuencia de 20 HP / 440 V y 15 HP / 440 V respectivamente. Los variadores de frecuencia en los tableros de las electrobombas de lubricación y desarenado permitieron que la presión en los sistemas sea constante sin importar el caudal con que estuvieran operando.

4.4.4. EVALUACION DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

A continuación se muestra los resultados obtenidos durante la operación de la red de abastecimiento para evaluar este. Se midió las presiones a la salida de las electrobombas que abastecen a los reservorios, en dos fechas distintas para poder evaluar el funcionamiento del sistema en el tiempo y con diferentes capacidades de bombeo para determinar las relaciones entre caudal y presión (ver Cuadros 17 y 18).

Cuadro 17. Presiones medidas a la salida de las electrobombas que abastecen al reservorio 02

CANTIDAD DE BOMBAS OPERANDO	NUMERO DE BOMBA	CAPACIDAD DE BOMBEO (l/s)	DICIEMBRE 2013		JULIO 2014	
			PRESIÓN EN LA LINTERNA DE DESCARGA DE LA BOMBA (mca)	PRESIÓN POST VÁLVULA SOSTENEDORA-REDUCTORA (mca)	PRESIÓN EN LA LINTERNA DE DESCARGA DE LA BOMBA (mca)	PRESIÓN POST VÁLVULA SOSTENEDORA-REDUCTORA (mca)
1	1	192.0	86.0	82.0	-----	-----
2	1	384.0	90.0	84.0	-----	-----
	2		88.0	84.0	-----	-----
3	1	576.0	94.0	90.0	-----	-----
	2		94.0	90.0	-----	-----
	3		96.0	90.0	-----	-----
4	1	768.0	100.0	94.0	99.0	93.0
	3		100.0	94.0	98.0	94.0
	4		98.0	93.0	98.0	93.0
	5		98.0	94.0	97.0	93.0
5	1	960.0	108.0	104.0	108.0	104.0
	2		109.0	104.0	108.0	104.0
	3		109.0	105.0	109.0	104.0
	4		109.0	105.0	108.0	105.0
	5		108.0	104.0	107.0	104.0

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 18. Presiones medidas a la salida de las electrobombas que abastecen al reservorio 03

CANTIDAD DE BOMBAS OPERANDO	NUMERO DE BOMBA	CAPACIDAD DE BOMBEO (l/s)	DICIEMBRE 2013		JULIO 2014	
			PRESIÓN EN LA LINTERNA DE DESCARGA DE LA BOMBA (mca)	PRESIÓN POST VÁLVULA SOSTENEDORA-REDUCTORA (mca)	PRESIÓN EN LA LINTERNA DE DESCARGA DE LA BOMBA (mca)	PRESIÓN POST VÁLVULA SOSTENEDORA-REDUCTORA (mca)
1	8	192.0	88.0	80.0	-----	-----
2	8	384.0	96.0	92.0	-----	-----
	9		94.0	92.0	-----	-----
3	8	576.0	107.0	105.0	107	105
	9		107.0	105.0	106	104
	10		107.0	105.0	107	105

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados que se midieron en diciembre del 2013, para la máxima capacidad de bombeo, la presión promedio a la salida de las electrobombas que abastecen al reservorio 02 (post válvula sostenedora-reductora) fue 104 mca, mientras que la presión a la salida de las electrobombas que abastecen al reservorio 03 (post válvula sostenedora-reductora) fue 105 mca. Así mismo, las presiones medidas en estos mismos puntos pero con fecha de julio del 2014 cambiaron muy poco respecto a las obtenidas en un principio. De la misma manera se midió las presiones en los manómetros colocados en las caldererías de acero instaladas en el trazo de las aducciones (ver Cuadro 19).

Cuadro 19. Presiones medidas en las caldererías de acero

CALDERERÍA	CAPACIDAD DE BOMBEO (l/s)	DICIEMBRE 2013	JULIO 2014
		PRESIÓN (mca)	PRESIÓN (mca)
Pase del canal Sur - Aducción del reservorio 02	960.0	98.0	97.5
Pase del canal Sur - Aducción del reservorio 03	576.0	98.0	97.5
Calderería de la esquina del fundo Lobo - Aducción del reservorio 02	960.0	9.5	9.0
Calderería de la esquina del fundo Lobo - Aducción del reservorio 03	576.0	7.5	7.5

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se muestran en el Cuadro 19, indican que para la máxima capacidad de bombeo, las presiones medidas en las caldererías de acero son muy similares en las dos fechas donde se recopiló dicha información. Además se midió las presiones en varios puntos del sistema de lubricación y desarenado, tal y como se muestra en el Cuadro 20. Junto con esto se tomó nota de los valores de los parámetros técnicos que controla el PLC durante la operación del sistema, para verificar que estos se encontraran dentro de los rangos recomendados (ver Cuadro 21). Como se muestra en el cuadro de parámetros técnicos controlados por el PLC, estos se encuentran dentro de los rangos recomendados, según las mediciones que se hicieron en ambas fechas.

Por último, se analizó en laboratorio las muestras de agua que se tomaron en la toma del río y en la poza de almacenamiento, para determinar la cantidad de solidos suspendidos que tenía el agua antes y después del proceso de filtración que se realiza en el sistema de lubricación y desarenado, de tal forma que se pudiera evaluar qué tan eficiente es este. Los resultados que se obtuvieron de los análisis de agua (ver ANEXOS 18 y 19), nos indican que el agua en la toma del rio tuvo 12.67 mg/L de solidos suspendidos, mientras que en la poza de almacenamiento el agua presento 5.40 mg/L de solidos suspendidos, por tanto durante el proceso de filtración se eliminó 7.27 mg/L de arenas u otras partículas pequeñas.

Cuadro 20. Presiones medidas en el sistema de lubricación y desarenado

CANTIDAD DE BOMBAS DE IMPULSION OPERANDO	CANTIDAD DE BOMBAS DE LUBRICACION Y/O DESARENADO	PUNTO DE MEDICIÓN	CAUDAL (l/s)	PRESIÓN (mca)
10	2	Caldería colectora del sistema de lubricación de la prensaestopa	10.0	134.0
		Post válvula de ingreso al punto de lubricación de la prensaestopa	1.0	132.0
10	2	Caldería colectora del sistema de lubricación de los impulsores	10.0	134.0
		Post válvula de ingreso al punto de lubricación de los impulsores	1.0	132.0
1	1	Descarga electrobomba de desarenado	20.0	32.0
	-----	Antes del filtro del sistema de lubricación (sin retroclar)	30.0	60.0
	-----	Después del filtro del sistema de lubricación (sin retroclar)	30.0	55.0
	-----	Antes del filtro del sistema de lubricación (retrolavando)	35.0	55.0
	-----	Después del filtro del sistema de lubricación (retrolavando)	35.0	50.0

Cuadro 21. Parámetros técnicos controlados por el PLC

PARÁMETRO	VALOR DE OPERACIÓN MÁXIMO Y/O MÍNIMO	VALOR DE OPERACIÓN	
		DICIEMBRE 2013	JULIO 2014
Temperatura en la bobina del motor - Fase 1 (R1)	120 °C	55°C - 105°C	50°C - 100°C
Temperatura en la bobina del motor - Fase 2 (R2)	120 °C	55°C - 105°C	50°C - 100°C
Temperatura en la bobina del motor - Fase 3 (R3)	120 °C	55°C - 105°C	50°C - 100°C
Temperatura en el rodamiento superior del motor (RD1)	120 °C	55°C - 105°C	50°C - 100°C
Temperatura en el rodamiento inferior del motor (RD2)	120 °C	55°C - 105°C	50°C - 100°C
Presión post válvula de ingreso al punto de lubricación de la prensaestopa	120 mca	140 mca	140 mca
Presión post válvula de ingreso al punto de lubricación de los impulsores	120 mca	140 mca	140 mca
Flujo de caudal en el punto de lubricación de la prensaestopa	No	Si	Si
Flujo de caudal en el punto de lubricación de los impulsores	No	Si	Si
Presión a la salida de la caldería de bombeo del reservorio 02	-----	104 mca	103 mca
Presión a la salida de la caldería de bombeo del reservorio 03	-----	105 mca	104 mca

4.5. DISCUSIONES

Respecto a los resultados obtenidos podemos discutir los siguientes puntos:

- Vemos que algunas de las presiones obtenidas durante el diseño hidráulico de la red de abastecimiento (presiones post válvulas sostenedora – reductoras del cabezal de bombeo y presiones post válvulas de ingreso a los puntos de lubricación) son muy similares a las medidas durante la operación del sistema. Esto pudo ocurrir por los siguientes factores:
 - La red de abastecimiento se ha diseñado correctamente, según las condiciones del terreno y la calidad física del agua.
 - Los elementos con los que se realizó las mediciones durante la operación estuvieron bien calibrados, dando resultados precisos.

- Las pequeñas variaciones entre las presiones medidas durante la operación (post válvulas sostenedora – reductoras del cabezal de bombeo) con respecto las presiones obtenidas en el diseño se debe a que la red de abastecimiento es un sistema abierto, por tanto su presión y caudal se autorregulan según las condiciones que le exige el sistema. Por tanto, durante la operación de la red, este le pidió a las electrobombas de impulsión un mayor caudal del diseñado (debido a que las resistencias al flujo eran menores a las proyectadas), trayendo como consecuencia una reducción de la presión respecto a la que se diseñó.

- Vemos que los valores de los parámetros técnicos controlados por el PLC (de las diez bombas de impulsión) que se recopilaron durante la operación de la red en dos fechas diferentes, se encuentran en los rangos recomendados por los fabricantes y/o en los rangos diseñados. Esto se debe a las siguientes causas:
 - Se ha cumplido con el procedimiento indicado en el manual de operación para asegurarnos que el sistema funcione correctamente.
 - La instalación de los componentes de la red se realizaron según los parámetros técnicos diseñados.
 - La regulación de los componentes hidráulicos y eléctricos del sistema se ha hecho de manera adecuada, permitiendo que este opere según lo regulado.

- La programación en el PLC se ha hecho según los rangos recomendados por los fabricantes, para que los componentes de la red operen sin producir fallas.
- Al recopilar los valores de los parámetros técnicos controlados por el PLC (de las diez bombas de impulsión) en dos fechas diferentes, pudimos evaluar el funcionamiento de la red de abastecimiento en el tiempo. Al comparar los resultados de las dos fechas, vemos que estos son muy similares. Esta similitud entre los resultados se puede deber a los siguientes motivos:
 - Se ha cumplido con el mantenimiento preventivo según los tiempos indicados en el manual de mantenimiento, lo cual permite que la red opere correctamente durante el mayor tiempo posible sin que falle.
 - Si cualquiera de los parámetros técnicos controlados por el PLC (para alguna de las bomba de impulsión) ha tenido un valor fuera del rango recomendado, el PLC ha ordenado apagar la bomba que presenta el problema, de tal forma que se ha protegido a estas de que tengan una falla más grave que ocasione el deterioro de las bombas al transcurrir el tiempo.
- Revisando en el PLC las lecturas de temperatura en las bobinas y rodamientos de los motores de las electrobombas, vemos que los valores obtenidos en diciembre del 2013 son en promedio 5°C mayores que las medidas en julio del 2014. Esta variación se produce debido a que la temperatura ambiental influye en la temperatura de operación de los motores eléctricos, aumentándola o disminuyéndola según varíe la temperatura del ambiente. Si bien en el distrito de La Huaca, lugar donde se instaló la red de abastecimiento, la temperatura promedio durante todo el año es 30°C, en los meses de verano (diciembre – marzo) la temperatura puede subir hasta 40°C durante el día mientras que en los meses de invierno (julio – setiembre) puede bajar hasta 25°C (durante el día). Por esta razón en diciembre se obtuvo valores mayores de temperatura en el motor que en julio.

V. CONCLUSIONES

1. Se realizó un diseño, instalación y evaluación de la red de abastecimiento, pues desde el 2014 los reservorios del Fundo Lobo de Agrícola del Chira son abastecidos por la red, con un caudal y presión adecuados, que permiten satisfacer la demanda de agua de las 2031 has. de caña de azúcar.
2. Se realizó el diseño hidráulico de la red de abastecimiento según los parámetros técnicos adecuados, pues los resultados obtenidos en la realidad, durante la operación del sistema se asemejan a los valores diseñados. Esto se puede constatar al comparar las presiones post válvulas sostenedora - reductoras obtenidas durante la operación de la red, cuyos valores fueron 104 mca y 105 mca, en las caldererías que conducen el agua hacia los reservorios 02 y 03 respectivamente. Las presiones para estos mismos puntos que se obtuvieron en el diseño fueron 107 mca. De igual manera, cuando se operó manualmente el sistema de lubricación y desarenado se obtuvieron presiones post válvulas de ingreso a los puntos de lubricación de la prensaestopa y de los impulsores de 132 mca. Las presiones obtenidas en el diseño para estos puntos fueron de 129 mca para la prensaestopa y 130.4 mca para los impulsores.
3. La instalación de la red de abastecimiento fue eficiente, pues se cumplió con los tiempos de instalación propuestos en el diagrama de Gantt que se elaboró. Así mismo, se comprobó que el agua llegaba a los reservorios con un caudal y presión adecuados, teniendo en cuenta los grandes volúmenes de agua que se debían impulsar a través de largas distancias en un terreno con una topografía irregular.
4. A partir de la evaluación de la red de abastecimiento, podemos indicar que se está realizando una correcta operación de la red, ya sea porque se está cumpliendo con el procedimiento indicado en el manual de operación y/o porque la regulación y programación de los componentes del sistema se han hecho correctamente, permitiendo que el sistema opere sin fallas. Esto lo concluimos al revisar el cuadro donde se indican los parámetros técnicos controlados por el PLC, y donde vemos que las lecturas de temperatura de los motores eléctricos (de sus cinco sensores), las presiones post válvulas de ingreso a los puntos de lubricación y los flujos de caudal

en estos puntos, se mantienen dentro de los rangos recomendados mientras está operando la red.

5. Evaluando los valores de los parámetros técnicos controlados por el PLC, que se recopilaron en diciembre del 2013 y julio del 2014, se puede indicar que la temperatura en los motores de las electrobombas, la presión y caudal después de las válvulas de ingreso a los puntos de lubricación y desarenado, y la presión después de las válvulas sostenedoras del cabezal de bombeo se han mantenido casi iguales en dichas fechas. Esta similitud nos permite concluir que los componentes de la red no se han deteriorado, permitiendo que operen de manera similar durante el mayor tiempo posible. La razón por la cual los componentes no se han deteriorado, es que han recibido el mantenimiento preventivo recomendado en el manual de mantenimiento.

6. A partir de las presiones que se midieron a la salida de las electrobombas de impulsión, según varias capacidades de bombeo, podemos indicar que en una red de abastecimiento abierta que utiliza bombas centrifugas para impulsar el agua, mientras mayor sea el caudal del sistema (como consecuencia de que una mayor cantidad de bombas están operando), mayor será la presión en el sistema. Esto se debe a que el sistema le exige a las electrobombas una mayor presión para vencer la resistencia al flujo que este está produciendo, debido a que un mayor caudal produce mayores pérdidas de fricción y por tanto mayores resistencias al flujo. De esta forma, el sistema autorregulara la presión y caudal de las electrobombas para que el agua pueda llegar a los reservorios.

7. Según los análisis de agua que se hizo a las muestras tomadas en la toma del rio y en la poza de almacenamiento, se obtuvo que el agua en la toma tenía 12.67 mg/L de solidos suspendidos, mientras que el agua en la poza tenía 5.40 mg/L de solidos suspendidos, por tanto durante el proceso de filtración que se realiza en el sistema de lubricación y desarenado se eliminó 7.27 mg/L de arenas u otras partículas pequeñas. Esto nos indica, que el proceso de filtración es eficiente pues elimina 57.4% de las arenas que vienen con el agua. El porcentaje de partículas que quedan en el agua desgastaran los componentes de la red con la intensidad que lo hace un agua con mejor calidad física.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se debe verificar que las curvas del plano topográfico se hayan levantado de forma adecuada. Pues según su precisión se obtendrá un mejor o peor diseño hidráulico de la red de abastecimiento.
2. Durante la elaboración del cronograma de actividades de instalación, es recomendable que se considere tiempos extras para las labores más importantes y para las que denoten más tiempo. De esta forma, si ocurre un imprevisto durante la ejecución de estas, se utilizara los tiempos extras para no atrasar la instalación de la red.
3. Se debe programar las actividades de instalación en función a los tiempos de llegada de los materiales a campo. Así se evitara tiempos muertos durante la instalación que traerán como consecuencia sobrecostos.
4. Durante el marcado de zanjas, la longitud de las marcas debe estar en función al avance de la excavación, pues la línea de yeso se borra a los pocos días de ser marcada en el terreno por acción del viento.
5. En el caso de redes de abastecimiento que son instalados en paralelo a redes que ya se encuentran operando (como es el caso de la red presentado en el trabajo), se debe tener mucho cuidado durante la excavación de las zanjas, pues una mala maniobra de la excavadora puede ocasionar que las aducciones existentes se rompan.
6. La medición de los parámetros técnicos de la red de abastecimiento se debe realizar al menos tres veces. De tal forma que al comparar, descartar y promediar las mediciones se obtengan resultados más óptimos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DOROT CONTROL VALVES (2010), Catalogo válvulas Serie 100. 15-16, 18, 24 pp.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (2004). Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural. 4, 7 pp.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (2005). Guía para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. 3, 6 pp.
- ORTIZ MASEK, Gustavo (2006). El golpe de ariete en sistemas de abastecimiento de agua potable. 2, 4, 7, 10, 15 pp.
- PIZARRO CABELLO, Fernando (1996). Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF). 272, 278 pp.
- RIVAL, DIVISION PRFV. Tuberías de PRFV (2010). 5-8 pp.
- RIVAL, DIVISION PRFV. Manual de tuberías de PRFV (2010). 5 pp.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de agua del río Chira

INFORME DE ENSAYO - AGUA					
Nº de Referencia:	A-14/05669	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente:	AGRICOLA DEL CHIRA S.A.
Análisis:	A-0001-PE	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	CAR.IG.ESCUADERO - TAMARINDO KM.65ULLANA - IGNACIO ESCUDERO
Tipo Muestra:	AGUA RIEGO	Fecha Toma Muestra:	21/02/2014	Cod Cliente:	0013429
Lugar de Muestreo:	FUNDO EL LOBO	Fecha Recepción:	27/02/2014	Contrato:	PRE-PE13-03680
Punto de Muestreo:		Fecha Inicio:	28/02/2014	Cliente tercero:	
Muestreado por:	Cliente	Fecha Fin:	03/03/2014		
Descripción:	DREN 1 LA CHIRA				

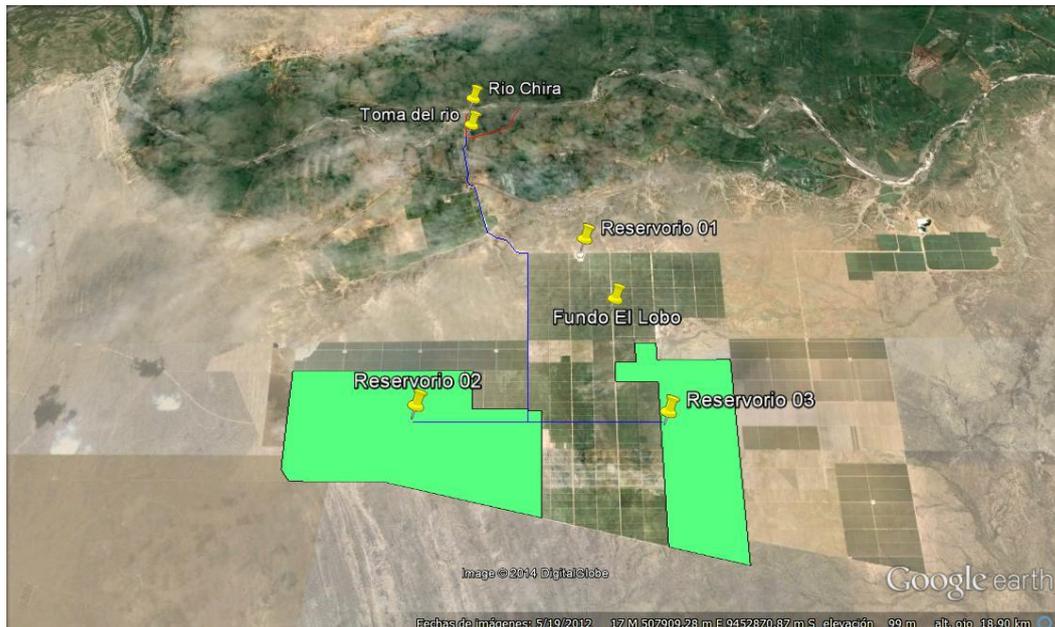
RESULTADOS ANALITICOS						
Parámetro	Resultado	Unidades	Resultado	Unidades	PNT	Técnica
Alcalinidad	200	mg/l CO3H-	3,28	meq/l	PEC-011	Electrometria
Boro	< 0,05	mg/l			PEC-009	Espect ICP-OES
Cobre	< 0,05				PEC-009	Espect ICP-OES
Hierro	< 0,05	mg/l			PC-200	Espect ICP-OES
Magnesio	32,9	mg/l	2,71	meq/l	PEC-009	Espect ICP-OES
Manganeso	< 0,05	mg/l			PEC-009	Espect ICP-OES
Níquel	74,6	mg/l	1,20	meq/l	PE-336	Análiz Flujo Cont
pH	8,04				PEC-001	Electrometria
Potasio	2,87	mg/l	0,07	meq/l	PEC-009	Espect ICP-OES
Sodio	219	mg/l	9,54	meq/l	PEC-009	Espect ICP-OES
Zinc	< 0,05	mg/l			PEC-009	Espect ICP-OES
Características Básicas						
Conductividad Eléctrica	1620	µS/cm a 25°C	1,62	mS/cm a 25°C	PEC-002	Electrometria
Composición Química. Aniones -						
Cloruros	258	mg/l	7,27	meq/l	PE-336	Análiz Flujo Cont
Sulfatos	255	mg/l	5,31	meq/l	PEC-009	Espect ICP-OES
Composición Química. Cationes +						
Calcio	145	mg/l	7,25	meq/l	PEC-009	Espect ICP-OES

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

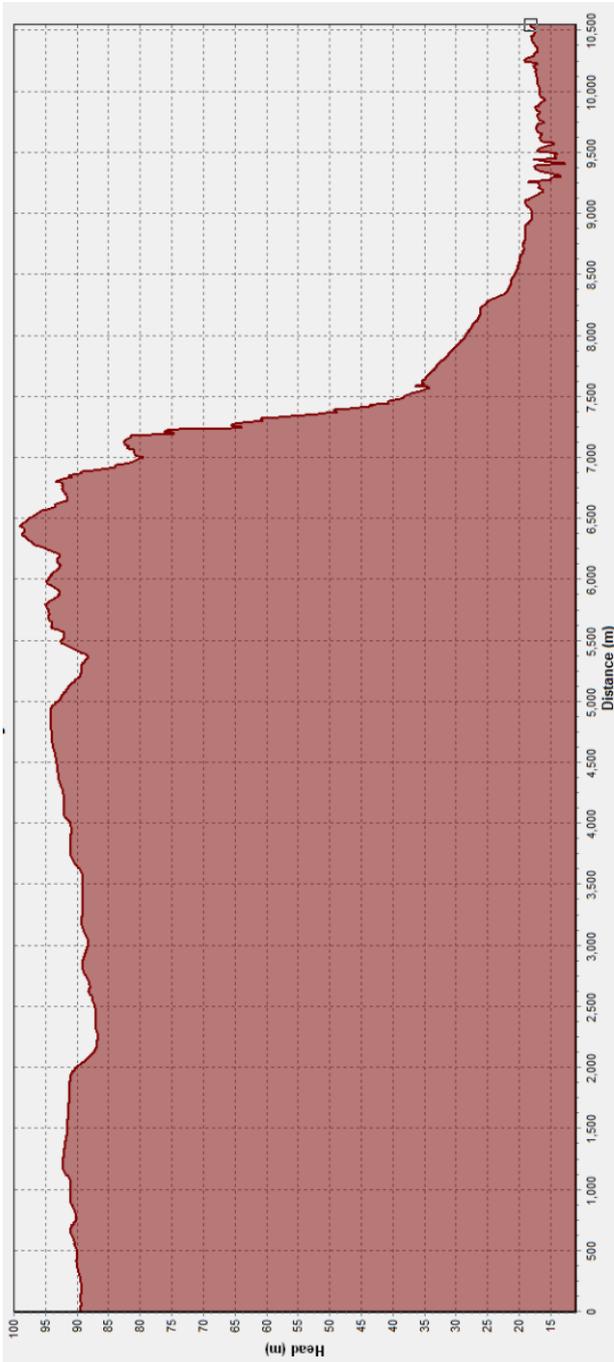
[Firma] P.A.

Yoel Inigo CQP N° 826
Resp. Lab. Inorgánico

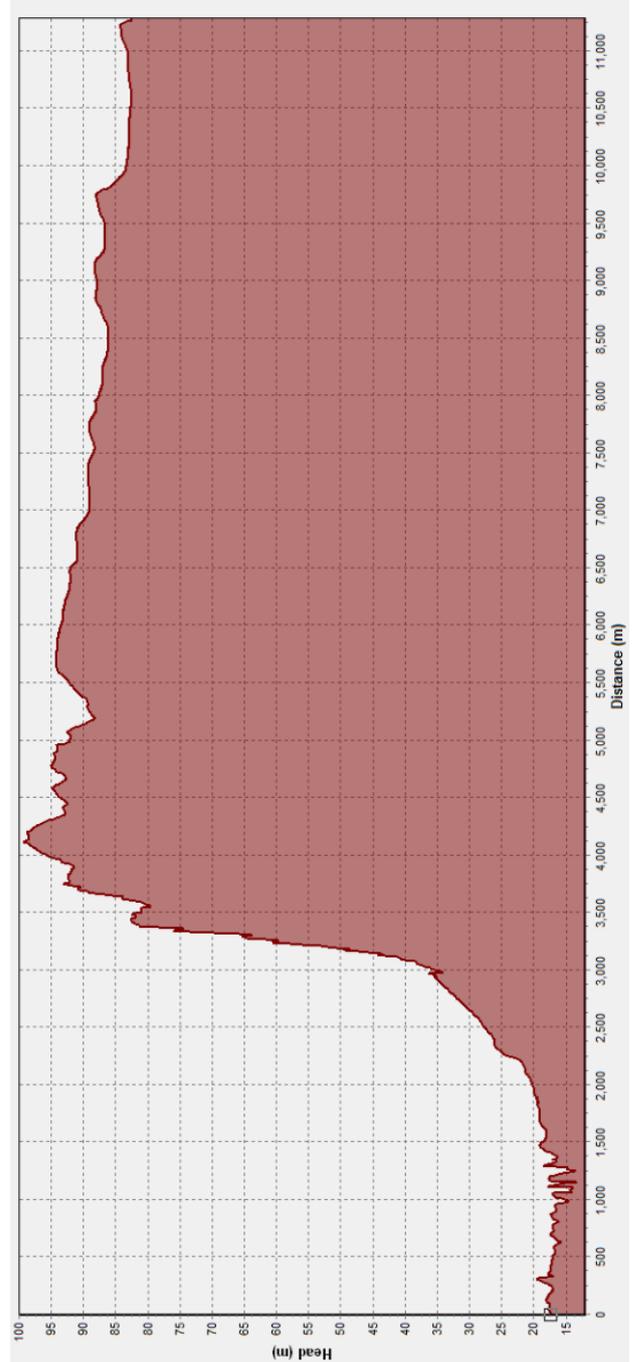
ANEXO 2. Imagen satelital de la ubicación de la red de abastecimiento de agua



ANEXO 3. Perfil longitudinal del trazo de la aducción del reservorio 02



ANEXO 4. Perfil longitudinal del trazo de la aducción del reservorio 03



ANEXO 5. Plano topográfico con la ubicación de las aducciones y válvulas de la red de abastecimiento

ANEXO 6. Plano con la distribución y medidas de las aducciones de la red de abastecimiento

ANEXO 7. Plano del cabezal del equipo de bombeo

ANEXO 8. Plano del pase sobre las aducciones del reservorio 01

ANEXO 9. Plano del pase del canal Sur

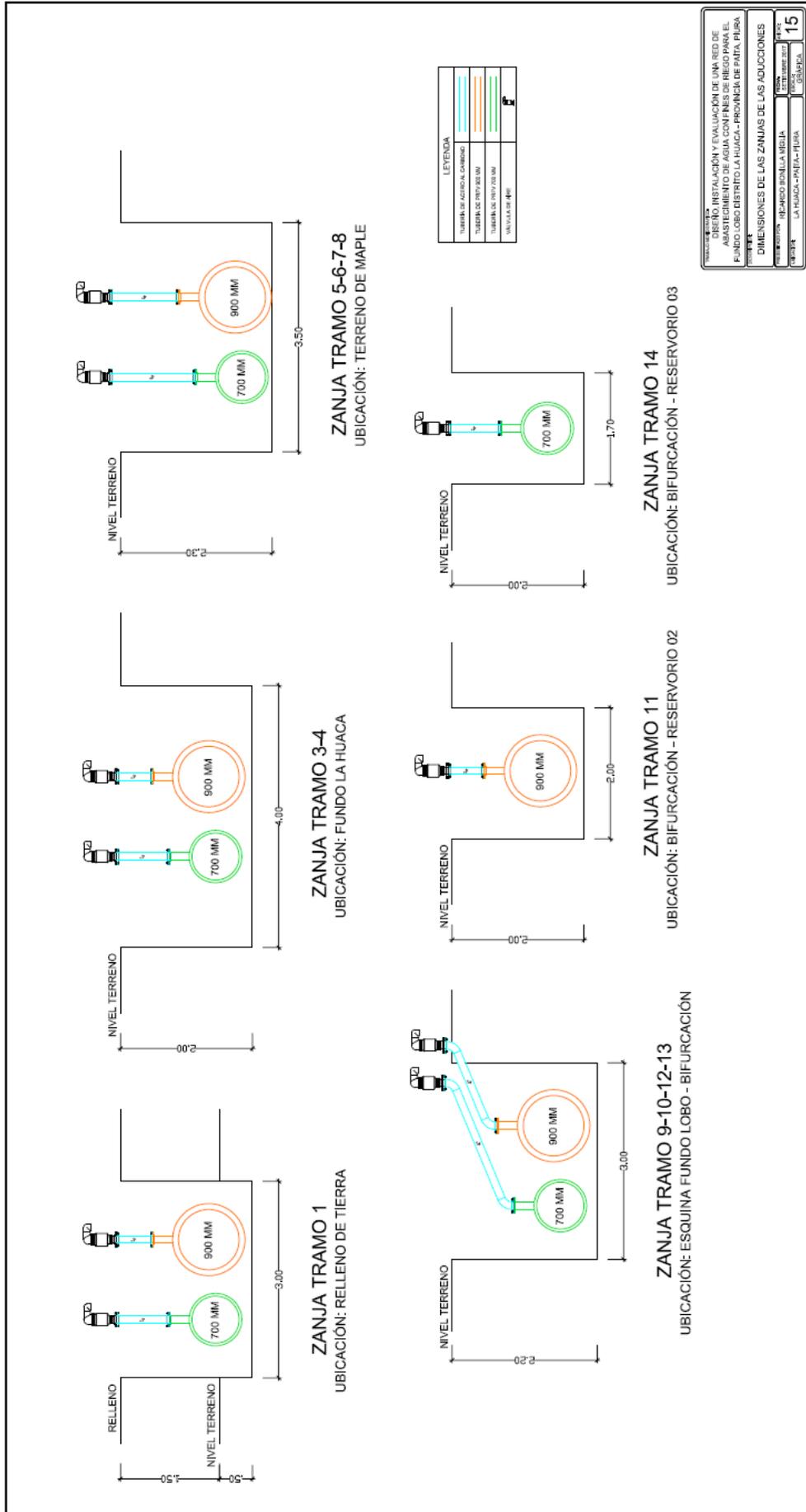
ANEXO 10. Plano de la calderería de la esquina del fundo Lobo

**ANEXO 11. Plano del sistema de lubricación y desarenado del equipo de bombeo –
Vista de planta**

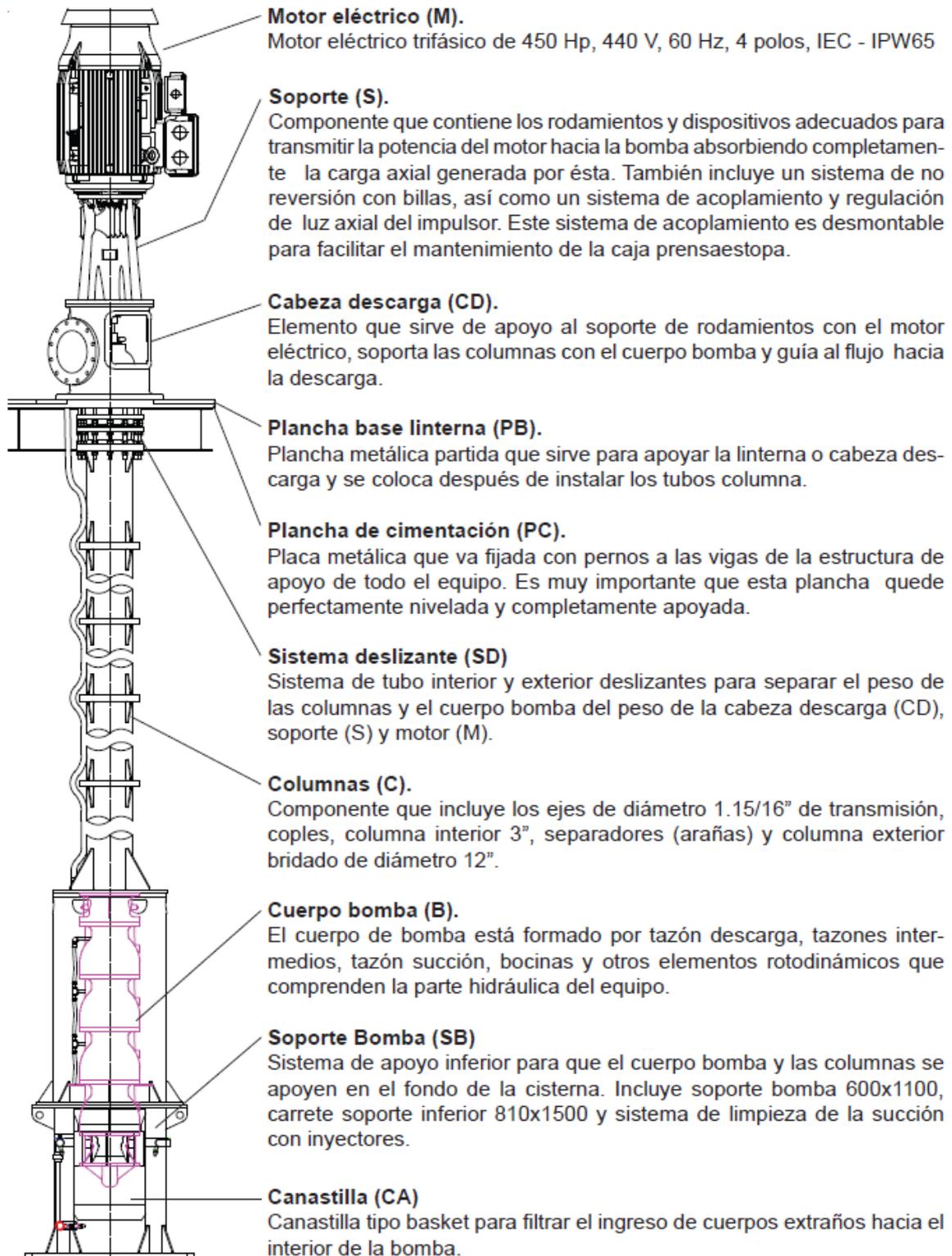
ANEXO 13. Presupuesto de la red de abastecimiento

MATERIAL Y/O SERVICIO	PRECIO TOTAL (US\$)
TUBERÍAS PRFV	3,904,939.23
ACCESORIOS DE PRFV	262,778.09
VÁLVULAS Y ACCESORIOS	147,048.00
EQUIPO DE BOMBEO	2,350,020.89
CABEZALES DE ACERO	223,421.53
SISTEMA DE LUBRICACIÓN Y DESARENADO	195,135.53
OTROS MATERIALES	10,084.25
SERVICIOS	651,651.42
OBRAS CIVILES	999,968.90
VALOR DE VENTA (US\$)	8,745,047.83
IGV 18 % (US\$)	1,574,108.61
PRECIO VENTA TOTAL (US\$)	10,319,156.44

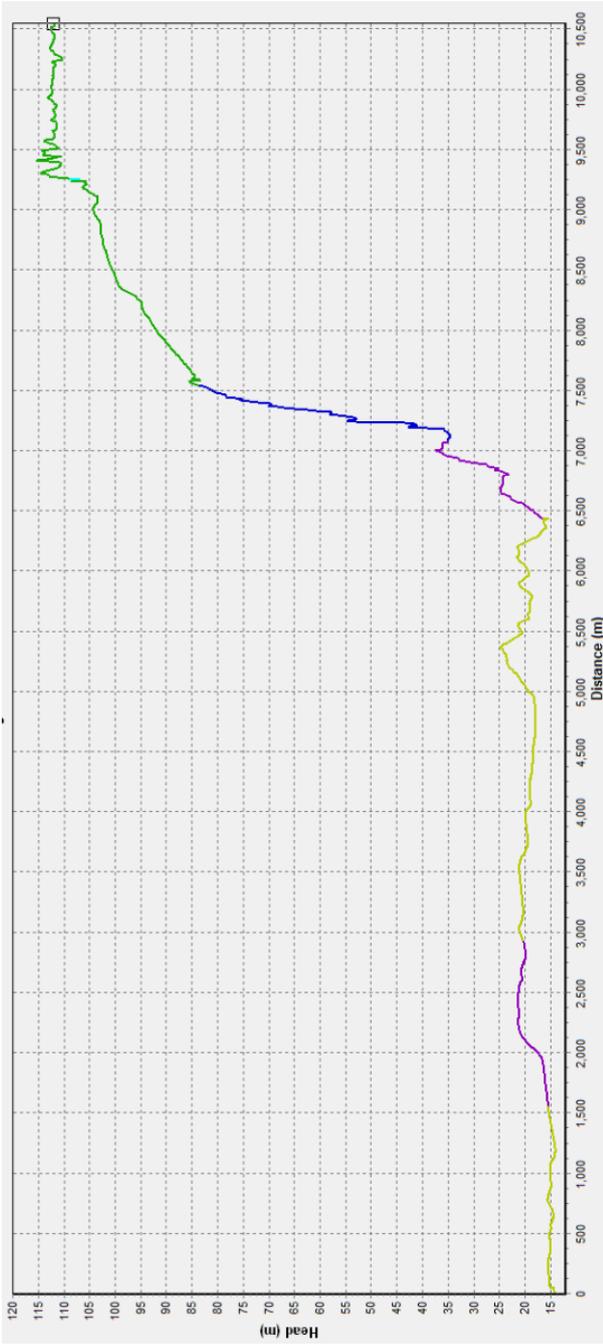
ANEXO 15. Dimensiones de las zanjas de las aducciones



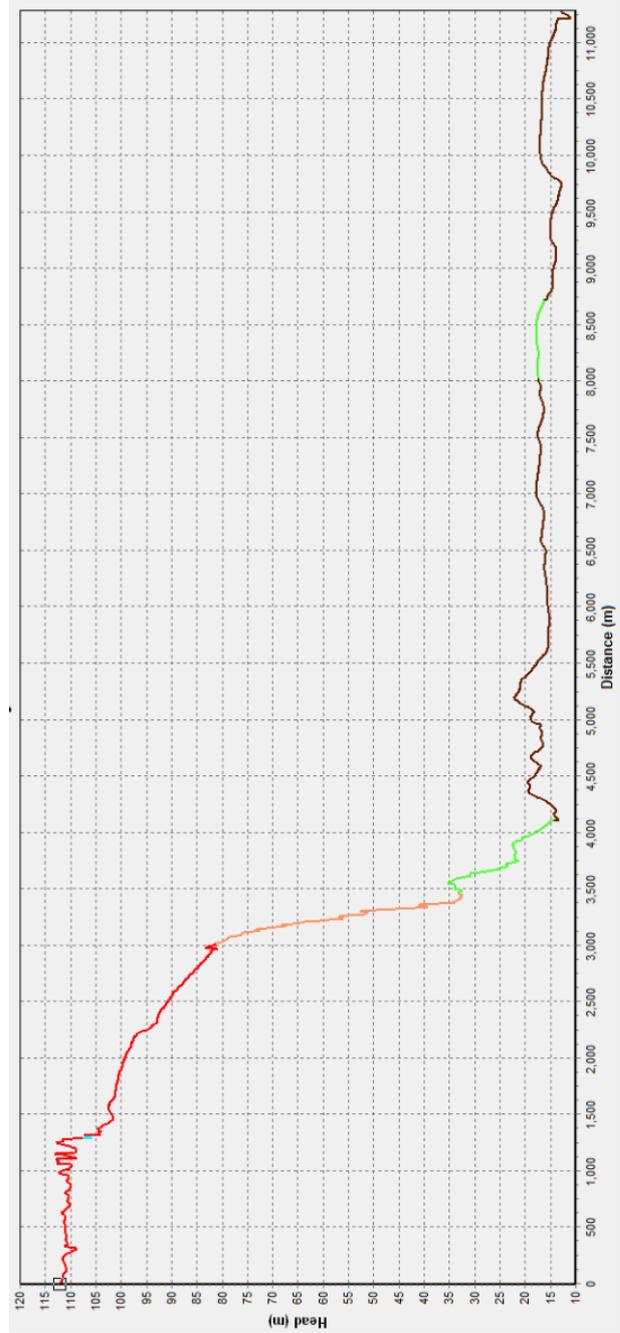
ANEXO 16. Componentes de las electrobombas del equipo de bombeo



**ANEXO 17. Línea de gradiente
hidráulico - Aducción del reservorio 02**



**ANEXO 18. Línea de gradiente
hidráulico - Aducción del reservorio 03**



ANEXO 19. Análisis de agua de la muestra tomada en la toma del río


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe
 

N° 002064

ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : RICARDO BONILLA
PROYECTO : Río Chira
PROCEDENCIA : Río Chira
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 08 de Agosto del 2014

N° LABORATORIO	002064
N° DE CAMPO	P - 1
Sólidos Suspendidos mg/L	12.67

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO


 Facultad de Ing. Agrícola
 UNALM

ANEXO 20. Análisis de agua de la muestra tomada en la poza de almacenamiento


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe
 

N° 002065

ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : RICARDO BONILLA
PROYECTO : Río Chira
PROCEDENCIA : Río Chira
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 08 de Agosto del 2014

N° LABORATORIO	002065
N° DE CAMPO	1.2
Sólidos Suspendidos mg/L	5.40

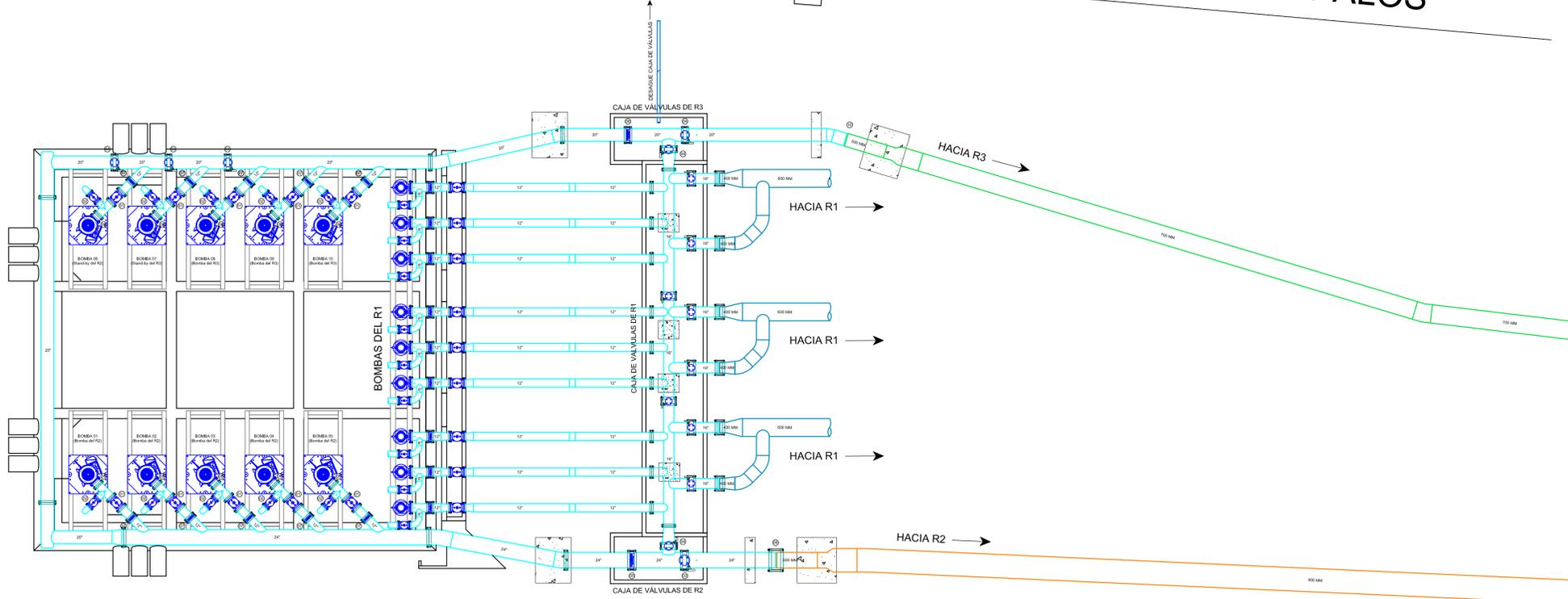
LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO


 Facultad de Ing. Agrícola
 UNALM

BAÑO

CERCO ALAMBRE Y PALOS



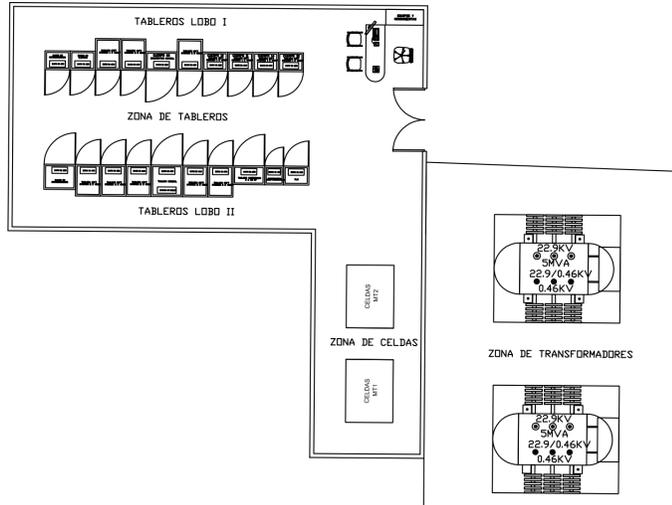
VISTA DE PLANTA

LEYENDA

TUBERIA DE ACERO AL CARBONO	
TUBERIA DE PRFPV 900 MM	
TUBERIA DE PRFPV 700 MM	
TUBERIA DE GRP 600 MM	
TUBERIA DE PVC 4"	
MANÓMETRO	
VÁLVULA DE AIRE	
DADO DE CONCRETO	

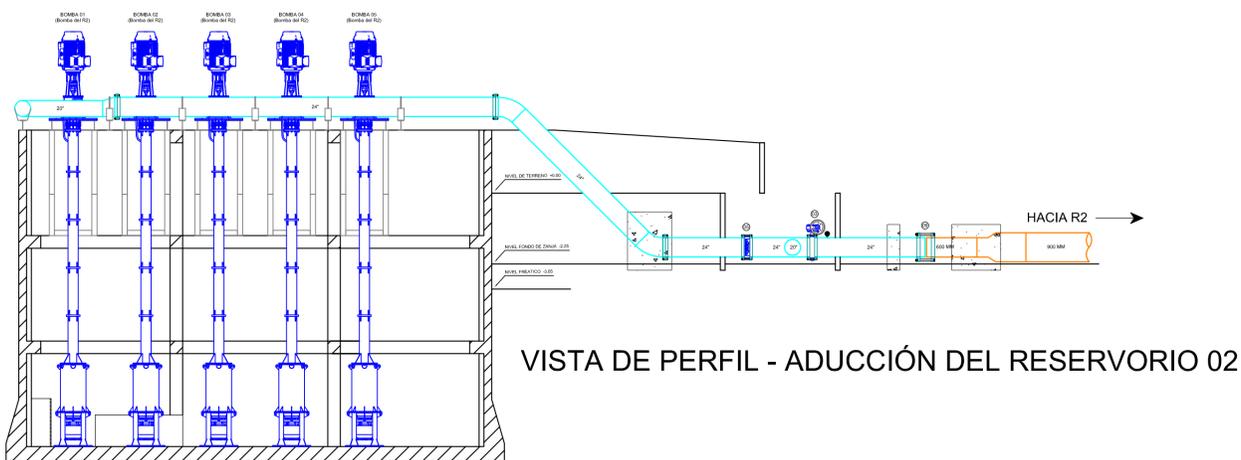
CUADRO DE VÁLVULAS

CLASE DE VÁLVULA	NÚMERO	TIPO Y DIMENSIÓN
VÁLVULA HIDRÁULICA	01	VÁLVULA SOSTENEDORA - REDUCTORA 12"
VÁLVULA HIDRÁULICA	02	VÁLVULA DE ALIVIO RAPIDO DE PRESIÓN 8"
VÁLVULA MARIPOSA	03	VÁLVULA MARIPOSA 24"
VÁLVULA MARIPOSA	04	VÁLVULA MARIPOSA 20"
VÁLVULA DUO-CHECK	05	VÁLVULA DUO-CHECK 24"
VÁLVULA DUO-CHECK	06	VÁLVULA DUO-CHECK 20"
VÁLVULA DUO-CHECK	07	VÁLVULA DUO-CHECK 12"
JUNTA ANTIVIBRATORIA	08	JUNTA ANTIVIBRATORIA 12"
JUNTA DRESSER	09	JUNTA DRESSER 24"
JUNTA DRESSER	10	JUNTA DRESSER 20"

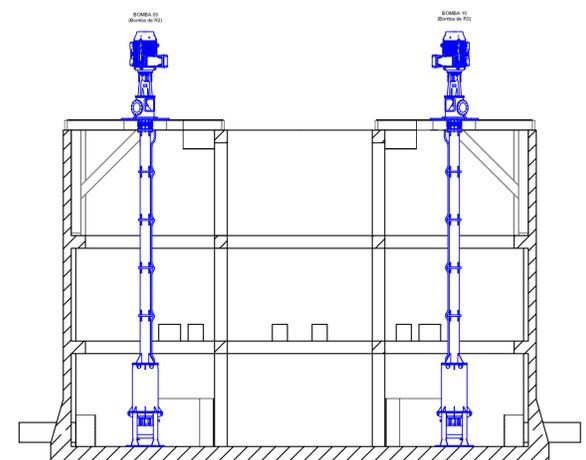


CUADRO DE REGULACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

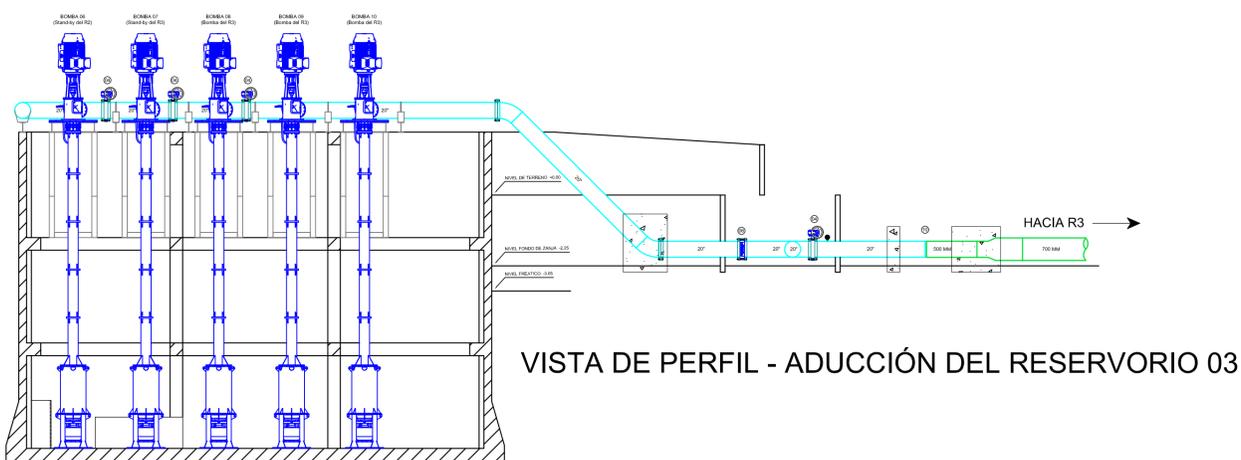
CLASE DE VÁLVULA	NÚMERO	PRESIÓN REGULADA EN EL PILOTO
VÁLVULA HIDRÁULICA	01	SOSTENEDOR DE PRESIÓN = 83 mca
VÁLVULA HIDRÁULICA	02	ALVIADOR DE PRESIÓN = 115 mca



VISTA DE PERFIL - ADUCCIÓN DEL RESERVORIO 02



VISTA FRONTAL



VISTA DE PERFIL - ADUCCIÓN DEL RESERVORIO 03

TRABAJO MONOGRAFICO:
 DISEÑO, INSTALACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CON FINES DE RIEGO PARA EL FUNDO LOBO DISTRITO LA HUACA - PROVINCIA DE PAITA, PIURA

DESCRIPCIÓN:
 PLANO DEL CABEZAL DEL EQUIPO DE BOMBEO

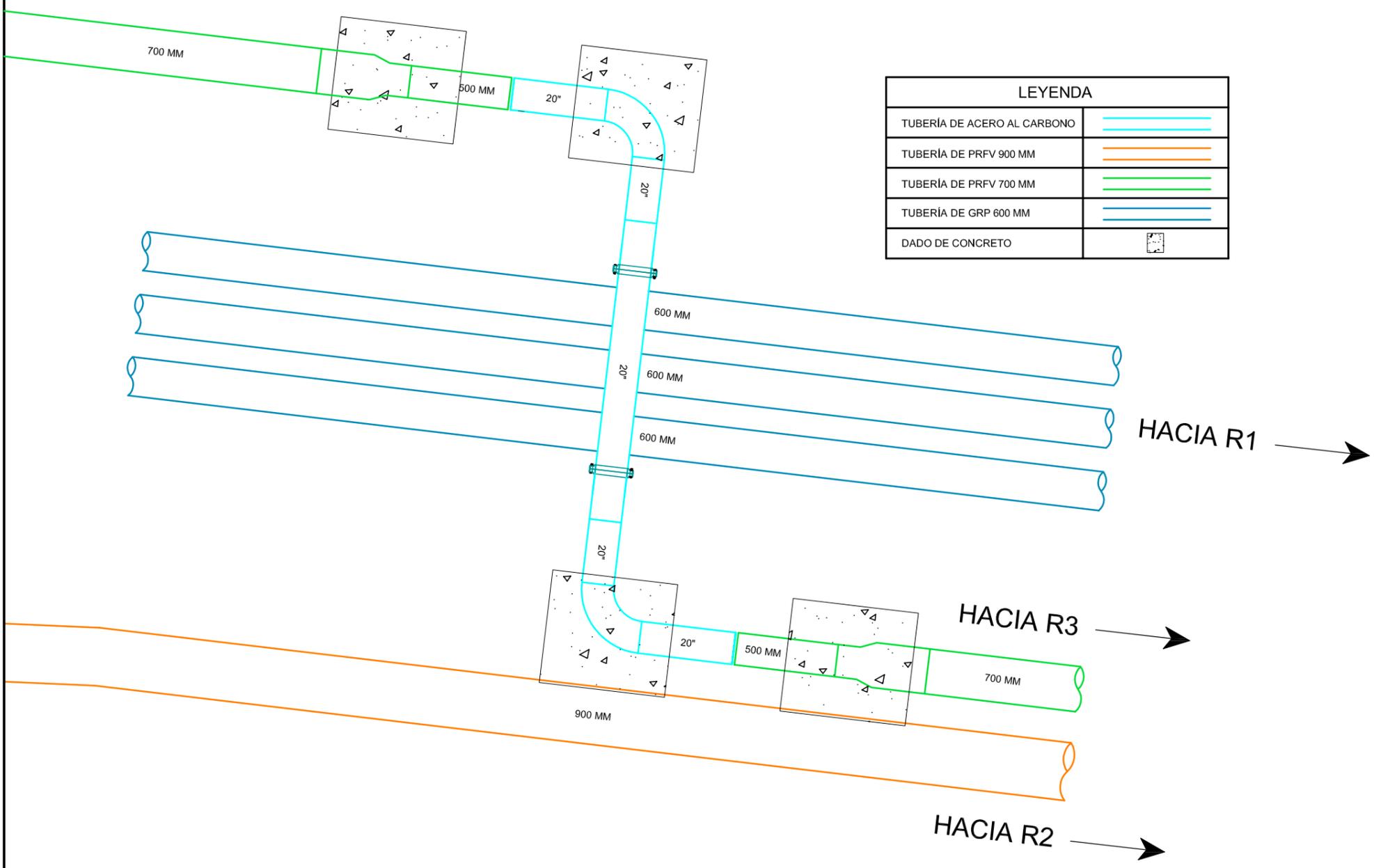
PRESENTADO POR: RICARDO BONILLA MIGLIA

FECHA: SETIEMBRE 2017

UBICACIÓN: LA HUACA - PAITA - PIURA

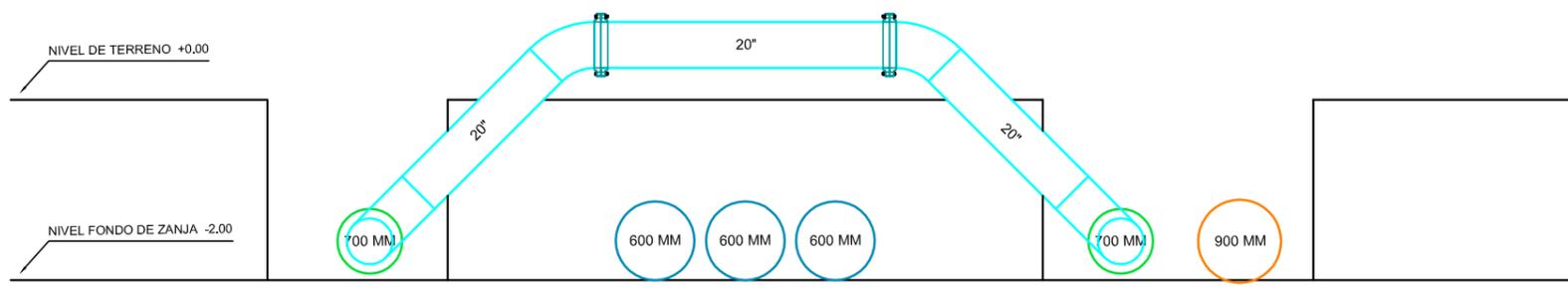
ESCALA: GRÁFICA

ANEXO: 07



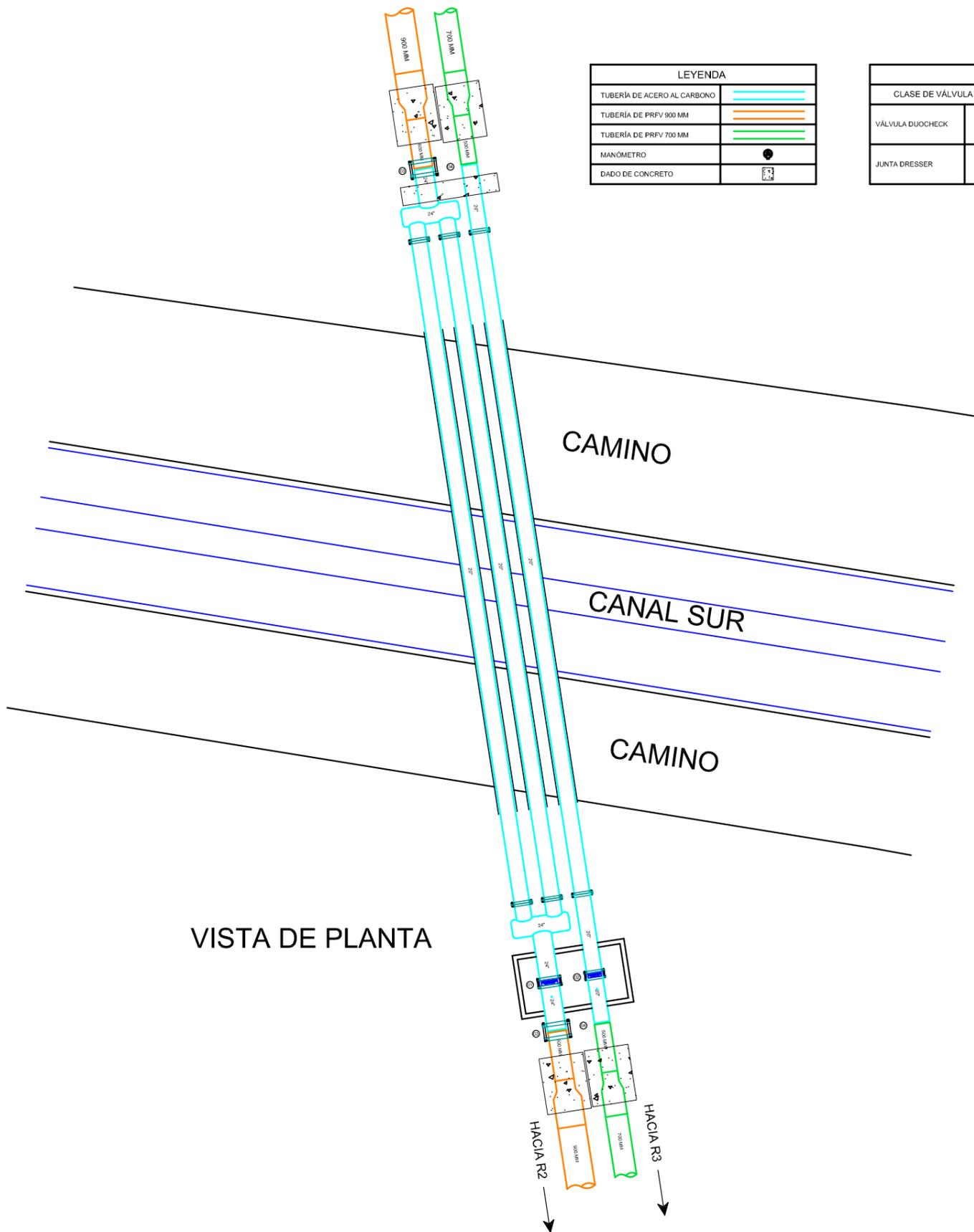
LEYENDA	
TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO	
TUBERÍA DE PRFV 900 MM	
TUBERÍA DE PRFV 700 MM	
TUBERÍA DE GRP 600 MM	
DADO DE CONCRETO	

VISTA DE PLANTA



VISTA FRONTAL

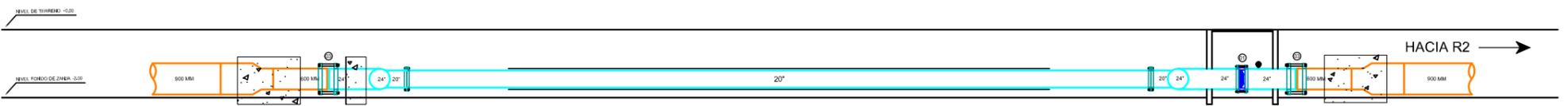
TRABAJO MONOGRAFICO:		
DISEÑO, INSTALACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CON FINES DE RIEGO PARA EL FUNDO LOBO DISTRITO LA HUACA - PROVINCIA DE PAITA, PIURA		
DESCRIPCIÓN:		
PLANO DEL PASE SOBRE LAS ADUCCIONES DEL RESERVORIO 01		
PRESENTADO POR:	RICARDO BONILLA MIGLIA	FECHA:
		SEPTIEMBRE 2017
UBICACIÓN:	LA HUACA - PAITA - PIURA	ESCALA:
		GRÁFICA
		ANEXO:
		08



LEYENDA	
TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO	
TUBERÍA DE PRFV 800 MM	
TUBERÍA DE PRFV 700 MM	
MANÓMETRO	
DADO DE CONCRETO	

CUADRO DE VÁLVULAS		
CLASE DE VÁLVULA	NÚMERO	TIPO Y DIMENSIÓN
VÁLVULA DUOCHECK	01	VÁLVULA DUOCHECK 24"
	02	VÁLVULA DUOCHECK 20"
JUNTA DRESSER	03	JUNTA DRESSER 24"
	04	JUNTA DRESSER 20"

VISTA DE PLANTA

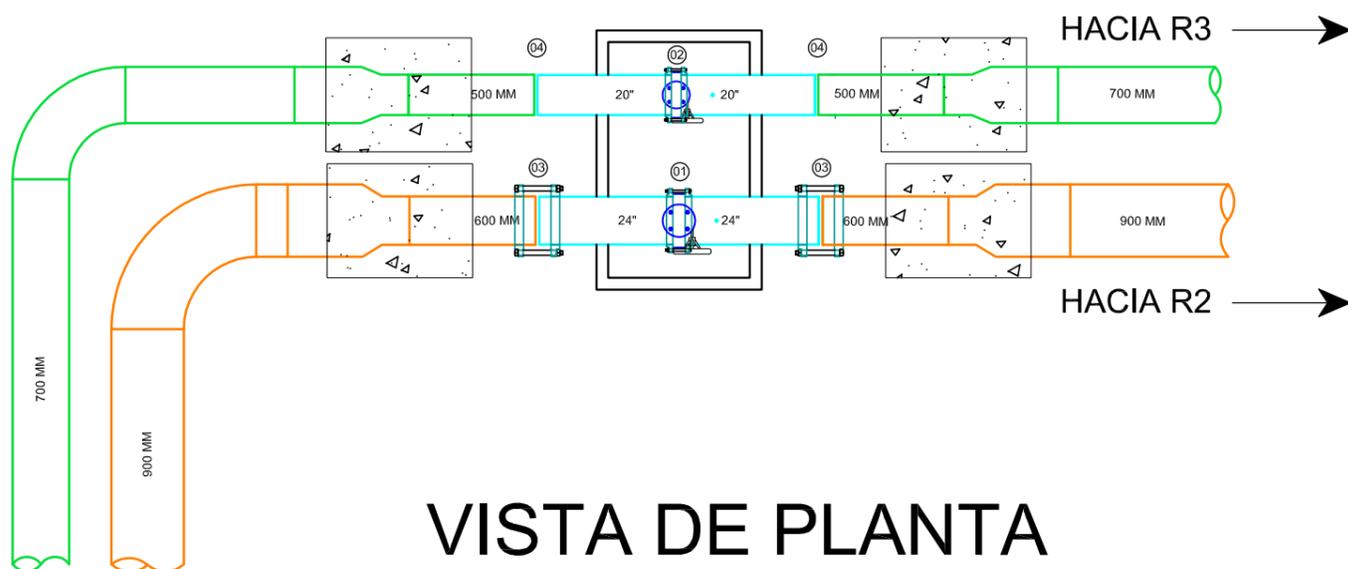


VISTA DE PERFIL - ADUCCIÓN DEL RESERVORIO 02

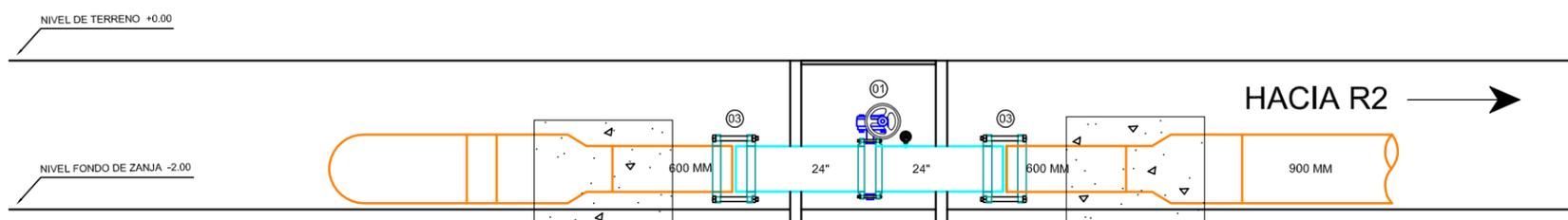


VISTA DE PERFIL - ADUCCIÓN DEL RESERVORIO 03

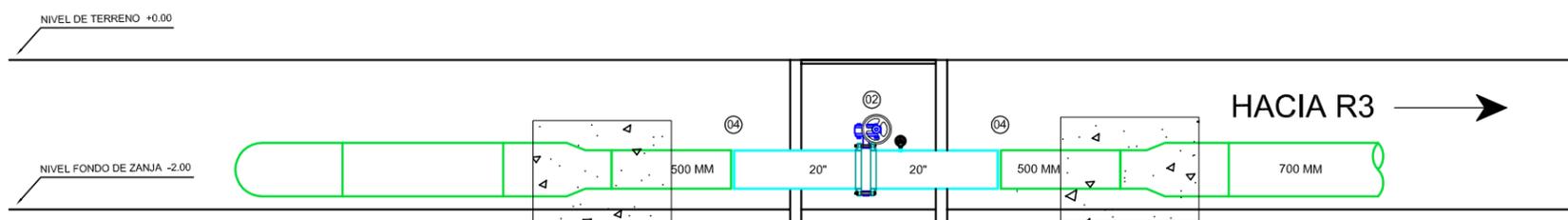
TRABAJO MONOGRAFICO:		
DISEÑO, INSTALACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CON FINES DE RIEGO PARA EL FUNDO LOBO DISTRITO LA HUACA - PROVINCIA DE PAITA, PIURA		
DESCRIPCIÓN:		
PLANO DEL PASE DEL CANAL SUR		
PRESENTADO POR:	RICARDO BONILLA MIGLIA	FECHA:
		SEPTIEMBRE 2017
UBICACIÓN:	LA HUACA - PAITA - PIURA	ESCALA:
		GRÁFICA
		ANEXO:
		09



VISTA DE PLANTA



VISTA DE PERFIL - ADUCCION DEL RESERVORIO 02



VISTA DE PERFIL - ADUCCION DEL RESERVORIO 03

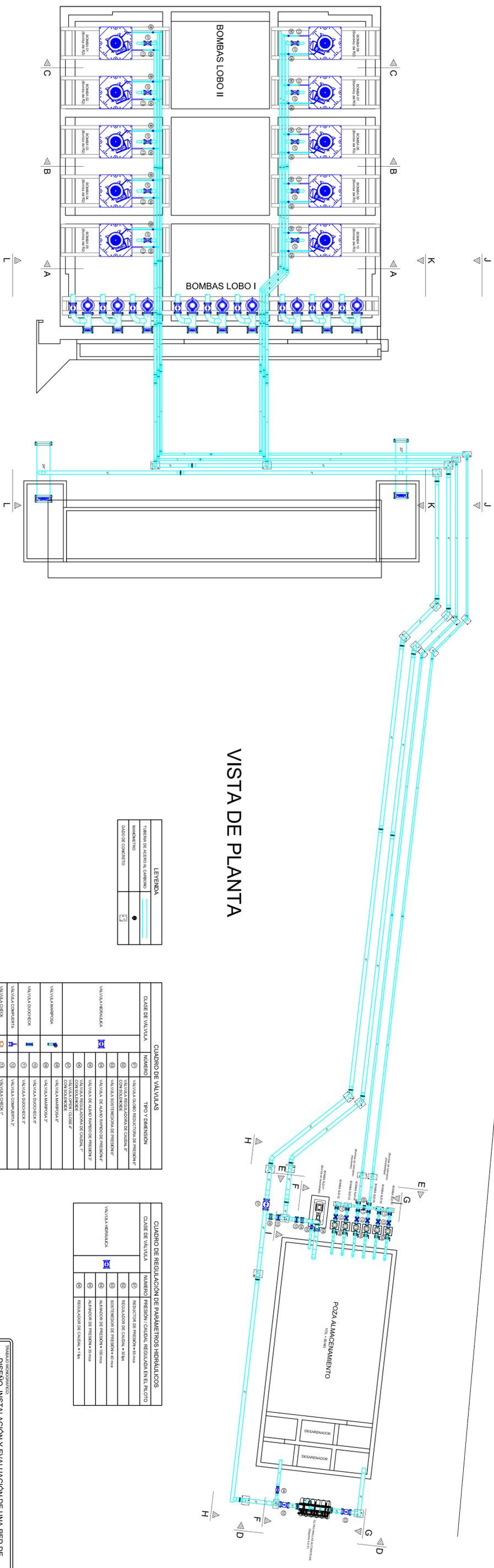
LEYENDA	
TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO	
TUBERÍA DE PRFV 900 MM	
TUBERÍA DE PRFV 700 MM	
MANÓMETRO	
DADO DE CONCRETO	

CUADRO DE VÁLVULAS		
CLASE DE VÁLVULA	NÚMERO	TIPO Y DIMENSIÓN
VÁLVULA MARIPOSA	01	VÁLVULA MARIPOSA 24"
	02	VÁLVULA MARIPOSA 20"
JUNTA DRESSER	03	JUNTA DRESSER 24"
	04	JUNTA DRESSER 20"

TRABAJO MONOGRAFICO:		
DISEÑO, INSTALACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CON FINES DE RIEGO PARA EL FUNDO LOBO DISTRITO LA HUACA - PROVINCIA DE PAITA, PIURA		
DESCRIPCIÓN:		
PLANO DE LA CALDERERÍA DE LA ESQUINA DEL FUNDO LOBO		
PRESENTADO POR:	RICARDO BONILLA MIGLIA	FECHA:
UBICACIÓN:	LA HUACA - PAITA - PIURA	SEPTIEMBRE 2017
		ESCALA:
		GRÁFICA
		ANEXO:
		10

CERCO ALAMBRE Y PALOS

BAÑO



VISTA DE PLANTA

LEYENDA	
TUBERIA DE ACERO AL CARBONO	—
MANOMETRO	⊙
CAÑO DE CONCRETO	—

CLASE DE VALVULA	NÚMERO	TIPO Y DIMENSION
VALVULA HIBRIDADA	1	VALVULA REGULADORA DE Caudal de Presión 4"
	2	VALVULA GLOBO REDUCTORA DE Caudal 4"
	3	CON SOLINOR
	4	VALVULA SOSTENIDORA DE PRESION 4"
	5	VALVULA DE ALTO SORBO DE PRESION 4"
	6	VALVULA REGULADORA DE Caudal 1 1/2"
	7	VALVULA DE ALTO SORBO DE PRESION 4"
	8	CON SOLINOR
	9	VALVULA MAMPORA 4"
	10	VALVULA MAMPORA 4"
VALVULA MAMPORA	11	VALVULA MAMPORA 4"
VALVULA DIAPHRAGMA	12	VALVULA DIAPHRAGMA 4"
VALVULA COMPLETA	13	VALVULA COMPLETA 4"
VALVULA CHECK	14	VALVULA CHECK 4"

CLASE DE VALVULA	NÚMERO	REGULACION DE PARAMETROS HIDRAULICOS
VALVULA HIBRIDADA	1	REDUCCION DE PRESION + 45 mca
	2	REDUCCION DE Caudal + 45 mca
	3	SOSTENIDOR DE PRESION + 40 mca
	4	ALAMON DE PRESION + 50 mca
5	ALAMON DE PRESION + 50 mca	
6	REGULACION DE Caudal + 1 1/2"	

TITULO DEL PROYECTO:		DISEÑO, INSTALACION Y EVALUACION DE UNA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CON FINES DE RIEGO PARA EL FUNDO LOBO DISTRITO LA HUACA - PROVINCIA DE PATATE, PIURA	
DISEÑADOR:		RICARDO BONILLA MINGLA	
PRESENTACION:		SEPTIEMBRE 2017	
DIRECCION:		LA HUACA - PATATE - PIURA	
ESCALA:		SISMAFICA	
FOLIOS:		11	