ALCALDÍA DE SANTA MARTA
Distrito Turístico, Cultural e Histórico

CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DENOMINADO "EL CURVAL" EN LA ZONA URBANA Y RURAL DE SANTA MARTA D.T.C.H.



INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CONDUCCION

DICIEMBRE 2022

CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DENOMINADO "EL CURVAL" EN LA ZONA URBANA Y RURAL DE SANTA MARTA D.T.C.H.

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Título documento: INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CONDUCCION					
Código del documento: CURSAM_AC_D_IN_03_Instructivo_OP&MTO_COND_V2					
APROBACIÓN	**NÚMERO DE REVISIÓN**		**1**	**2**	**3**
	Elaboración	**Nombre**	Fernando Taborda	Fernando Taborda	
		Firma			
		Fecha	Diciembre 2022	Diciembre 2022	
	Revisión	**Nombre**	Fernando Taborda	Fernando Taborda	
		Firma			
		Fecha	Diciembre 2022	Diciembre 2022	
	Interventoría	**Nombre**	Universidad de Antioquia	Universidad de Antioquia	
		Firma			
		Fecha	Diciembre 2022	Diciembre 2022	

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **6**

OBJETIVO **6**

1 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES **7**

1.1 DEFINICIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO **7**

1.2 ESTRATEGIAS PARA LOS PROCESOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO **7**

1.2.1 Preparación del plan 7
1.2.2 Personal de Operación y Mantenimiento 8
1.2.3 Disponibilidad de Herramientas, Planos y Repuestos. 8
1.2.4 Récords de Mantenimiento 9

1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS **9**

1.3.1 Línea de Conducción 9

1.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO LÍNEAS DE CONDUCCIÓN **13**

1.4.1 Procesos para la puesta en marcha de la conducción 13
1.4.2 Operación de la línea de Conducción 16
1.4.3 Aspectos del mantenimiento 19

2 BIBLIOGRAFÍA **22**

LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1. Válvulas ventosa proyectadas en la Conducción..... 9

TABLA N° 2. Válvulas de purga proyectadas en la Conducción PTAP "El Curval" – Tanque Mamancana..... 10

TABLA N° 3. Cruces aéreos en línea de Conducción PTAP "El Curval" - Tanques..... 11

TABLA N° 4. Rango de caudales para los medidores de la línea PTAP "El Curval"..... 14

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N° 1. Cruce Río Bonda (Manzanares) 12

FIGURA N° 2. Cruce Quebrada Mojada 12

FIGURA N° 3. Cruce Quebrada Seca 13

FIGURA N° 24. Cruce 11 DE NOVIEMBRE 13

INTRODUCCIÓN

Normalmente las interrupciones en el servicio se producen debido a la avería de los equipos y accesorios como resultado del mal mantenimiento. Por lo anterior es necesario que el operador del sistema implemente y ejecute prácticas de operación y mantenimiento preventivo válidas con el fin de asegurar un mantenimiento adecuado de la infraestructura.

Las indicaciones generales aquí dadas en este instructivo, tiene como finalidad ilustrar al Operador de las acciones típicas que se ejecutan normalmente en un sistema, y no pretende sustituir los manuales de Operación y Mantenimiento que debe realizar el Contratista de Obra de los equipos finalmente instalados, una vez se haya ejecutado las actividades.

Así mismo las sugerencias generales para el mantenimiento aquí expresadas, deben ser validadas por el Operador, quien finalmente es el encargado de realizar la tarea y de aceptar o no su aplicabilidad.

OBJETIVO

De acuerdo a lo anterior es necesario establecer las indicaciones para la operación y mantenimiento de la red de conducción; y la red matriz de distribución que lleva el agua potable hacia algunos barrios de Santa Marta D.T.C.H.

1 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES

1.1 DEFINICIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Desde el punto de vista técnico, la operación se refiere como las actividades periódicas (horarias, diarias, semanales, etc.) a realizar sobre los componentes de un sistema, ejecutadas por el operador del sistema de tal forma que la infraestructura cumpla con el objetivo de transmisión del agua potable desde la Planta de Potabilización "El Curval" y hacia algunos barrios de Santa Marta.

El termino mantenimiento contempla todas aquellas actividades necesarias para asegurar que la infraestructura esté en óptimas condiciones de operación y/o funcionamiento. El mantenimiento incluye todas aquellas actividades, preventivas o correctivas, que permitan la operación permanente del sistema en forma eficiente.

1.2 ESTRATEGIAS PARA LOS PROCESOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los procesos de operación y mantenimiento deben planearse correctamente y por ello los requerimientos mínimos son:

a. Preparación del plan de operación y mantenimiento.
b. Proveer el personal requerido para la operación y mantenimiento del sistema.
c. Disponer de los recursos para el cumplimiento de los planes de operación y mantenimiento.
d. Disponer de los repuestos y herramientas para asegurar el mantenimiento.
e. Preparación del catastro del sistema.
f. Contar y mantener con un sistema de información de las actividades de mantenimiento incluyendo historial de los equipos, costos, vida útil, etc.

1.2.1 Preparación del plan

El plan general de operación y mantenimiento de un sistema se compone de la recopilación de programas de operación y mantenimiento de unidades funcionales individuales. Este plan debe incluir procedimientos para tareas de rutina, controles e inspecciones a intervalos a saber, diario, semanal, trimestral, semestral o anual.

Los planes individuales deben estar preparados para todas las unidades y todos los equipos. Cada unidad debe tener un plan para fijar la responsabilidad, el momento de la acción, los medios para lograr la realización de las acciones y los objetivos que se pretenden lograr con dicha acción. Generalmente las acciones recomendadas por el fabricante o por el ingeniero que ha suministrado e instalado el equipo o que ha supervisado la instalación pueden ser incluidas. A menudo, los procedimientos de operación y mantenimiento recomendados por el contratista en el momento del diseño o la construcción serán un buen punto de partida para escribir un programa sólido.

Este plan debe ser seguido por el personal de operación y mantenimiento y también será la base para su supervisión e inspección, adicionalmente puede utilizarse para evaluar el estado de la operación y mantenimiento del sistema.

Si los costos de mano de obra para operación y mantenimiento son altos en comparación con el costo de reemplazo, esta última acción será preferible.

1.2.2 Personal de Operación y Mantenimiento

El operador deberá asignar y capacitar al personal requerido para las labores de operación y mantenimiento del sistema. El personal requerido consistirá principalmente en un grupo de recorrido de la línea con el fin de inspeccionar el estado de la misma y sus accesorios, el cual deberá estar capacitado para verificar la operatividad de todos los accesorios (Ventosas, purgas, bocas de acceso, viaductos, cajas, cerramientos, entre otros) que componen las líneas.

Este personal deberá estar familiarizado con los procesos de verificación y revisión de los accesorios de acuerdo a los manuales entregados por el constructor y/o fabricantes de los mismos. Para esto el operador deberá coordinar durante la etapa de entrega del proyecto la capacitación, por parte de los proveedores y el constructor, del personal asignado para estas labores.

1.2.3 Disponibilidad de Herramientas, Planos y Repuestos.

La disponibilidad de piezas de repuesto para reparaciones y reemplazos se debe garantizar a través de un sistema de control de pedidos y entrega de piezas de repuesto mediante la organización de un sistema de inventario. La gestión eficiente de las bodegas es necesaria para garantizar que las piezas de repuesto requeridas estén disponibles en todo momento. La lista de repuestos de las partes que deben adquirirse puede elaborarse sobre la base de las recomendaciones del fabricante, en ausencia de estos debe preparar una lista de piezas de recambio de acuerdo a los registros de las piezas utilizadas en los años anteriores.

Como base para la creación del programa, lo mejor es comenzar generando una lista con las partes probables de mantenimiento de cada uno de los equipos y/o accesorios de acuerdo a lo sugerido por los proveedores de los mismos. Existen casos en que los repuestos toman un mayor tiempo de consecución, fabricación y entrega, por lo que para estos el plan de mantenimiento deberá contener cuándo estos deben ser ordenados. Los encargados de las actividades y gerentes deberán revisar periódicamente los planes de mantenimiento y verificar los requerimientos de piezas especiales con el fin de tomar las acciones correspondientes para asegurar que las piezas de recambio estén a mano cuando se necesiten. Los repuestos requeridos para un período de cinco años podrían obtenerse en el momento en que los equipos sean instalados inicialmente.

El siguiente paso importante es asegurar la disponibilidad de las herramientas necesarias para reparar y corregir correctamente tanto los problemas de rutina como para facilitar las reparaciones y reemplazos. De ahí, una lista de herramientas, planos y manuales de los equipos deben tenerse a la mano, partiendo de nuevo del plan de mantenimiento para cada unidad. También será necesario organizar el mantenimiento rutinario de las herramientas, manuales y planos para que estén en un estado apto para ser utilizados cuando se realicen actividades de reparación y/o remplazo de los equipos y accesorios.

Una unidad de bodegas y almacenes bien organizada deberá estar disponible y estará accesible en todo momento al personal de operación y mantenimiento. Estas bodegas y/o almacenes

tendrán disponibles todas las piezas de recambio, herramientas y equipos requeridos para permitir el mantenimiento, reparación o sustitución de las mismas de acuerdo al plan de mantenimiento.

1.2.4 Récords de Mantenimiento

Un buen sistema de registro de datos de mantenimiento debe tener lo siguiente:

a. Nombre y localización de accesorios y/o equipo.
b. Cantidad de equipos instalados y disponibles.
c. Números de serie si lo tienen.
d. Tipo y clase de los equipos.
e. Presión nominal.
f. Fecha de compra y/o instalación.
g. Nombre del fabricante, dirección y teléfono.
h. Nombre del distribuidor y/o representante en Colombia con dirección y teléfono.
i. Manuales de operación y mantenimiento.
j. Rehabilitaciones mayores, fecha, naturaleza y costo.
k. Próxima fecha de mantenimiento y/o rehabilitación.
l. Fecha, tipo y costo de reparaciones y mantenimientos preventivos.
m. Costo de los repuestos y de la mano de obra.

Esta información permitirá a los encargados mantener un seguimiento de todos los componentes del sistema, ajustar las frecuencias de mantenimiento y conocer con anterioridad los costos correspondientes.

1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

1.3.1 Línea de Conducción

Para transportar un caudal de agua potable desde la Planta de Potabilización "El Curval", se tiene una (1) línea principal de conducción que se conecta en la interconexión a la red de acueducto a la salida de la PTAP Mamatoco.

Además, se proyectó la instalación de un sistema de válvulas de purga en los puntos más bajos a lo largo de la línea conducción para limpieza y mantenimiento, y un sistema de válvulas ventosas ubicadas de forma estratégica en los puntos más elevados de la línea de conducción para evitar la generación de bolsas de aire. Las características de cada una de estas válvulas se muestran a continuación.

TABLA N° 1. VÁLVULAS VENTOSA PROYECTADAS EN LA CONDUCCIÓN

ID	ABSCISA	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	TIPO DE VÁLVULA	COORDENADAS		DIÁM. (pulg.)
				ESTE	NORTE	
VV1	K0+241,97	237	TRIPLE EFECTO	1.001.550,83	1.734.470,40	6
VV2	K0+707,93	216	TRIPLE EFECTO	1.001.140,58	1.734.613,73	6
VV3	K1+347,23	199	TRIPLE EFECTO	1.000.578,41	1.734.417,43	6

ID	ABSCISA	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	TIPO DE VÁLVULA	COORDENADAS		DIÁM. (pulg.)
				ESTE	NORTE	
VV4	K1+842,54	178	TRIPLE EFECTO	1.000.135,91	1.734.230,43	6
VV5	K2+043,45	178	TRIPLE EFECTO	999.946,73	1.734.166,13	6
VV6	K2+572,04	160	TRIPLE EFECTO	999.470,20	1.734.316,45	6
VV7	K3+323,05	126	TRIPLE EFECTO	998.748,87	1.734.480,65	6
VV8	K3+741,98	134	TRIPLE EFECTO	998.331,71	1.734.442,31	6
VV9	K4+369,33	114	TRIPLE EFECTO	997.720,43	1.734.578,57	6
VV10	K5+195,41	90	TRIPLE EFECTO	996.962,04	1.734.339,26	6
VV11	K5+968,75	57	TRIPLE EFECTO	996.240,40	1.734.302,53	6
VV12	K6+141,67	59	TRIPLE EFECTO	996.162,10	1.734.151,55	6
VV13	K6+171,96	59	TRIPLE EFECTO	996.151,43	1.734.123,21	6
VV14	K6+801,81	49	TRIPLE EFECTO	995.570,48	1.734.206,41	6
VV15	K7+231,29	45	TRIPLE EFECTO	995.168,81	1.734.326,93	6
VV16	K7+659,46	57	TRIPLE EFECTO	994.757,98	1.734.207,02	6
VV17	K8+386,59	47	TRIPLE EFECTO	994.054,79	1.734.025,90	6
VV18	K8+815,83	50	TRIPLE EFECTO	993.626,29	1.734.043,87	6
VV19	K9+374,45	36	TRIPLE EFECTO	993.075,87	1.734.035,09	6
VV20	K9+403,31	37	TRIPLE EFECTO	993.048,04	1.734.027,46	6
VV21	K9+597,09	45	TRIPLE EFECTO	992.880,38	1.733.937,59	6
VV22	K9+933,16	42	TRIPLE EFECTO	992.634,85	1.733.714,31	6
VV23	K9+949,31	42	TRIPLE EFECTO	992.620,63	1.733.706,67	6
VV24	K10+024,79	42	TRIPLE EFECTO	992.561,45	1.733.665,15	6
VV25	K10+207,71	43	TRIPLE EFECTO	992.405,19	1.733.570,08	6
VV26	K10+885,49	37	TRIPLE EFECTO	991.808,61	1.733.253,26	6
VV27	K11+535,51	41	TRIPLE EFECTO	991.209,23	1.733.012,19	6
VV28	K11+576,94	41	TRIPLE EFECTO	991.170,27	1.732.998,10	6

Fuente: *SANEAR S.A.*

TABLA N° 2. VÁLVULAS DE PURGA PROYECTADAS EN LA CONDUCCIÓN PTAP "EL CURVAL" – TANQUE MAMANCANA

ID	COORDENADAS		DIÁMETRO (pulg)
	ESTE	NORTE	
VP1	1.001.558,767	1.734.468,557	10
VP2	1.001.145,365	1.734.616,966	10
VP3	1.000.585,348	1.734.422,320	10
VP4	1.000.142,115	1.734.233,118	10
VP5	999.953,994	1.734.166,637	10
VP6	999.464,927	1.734.320,334	10
VP7	998.754,758	1.734.481,178	10

ID	COORDENADAS		DIÁMETRO (pulg)
	ESTE	NORTE	
VP8	998.568,077	1.734.463,508	10
VP9	997.439,645	1.734.549,033	10
VP10	996.870,069	1.734.323,840	10
VP11	996.243,738	1.734.307,850	10
VP12	996.153,061	1.734.102,853	10
VP13	995.576,337	1.734.204,046	10
VP14	995.173,607	1.734.328,374	10
VP15	994.449,753	1.734.111,744	10
VP16	994.060,471	1.734.026,611	10
VP17	993.091,470	1.734.037,182	10
VP18	993.038,642	1.734.022,363	10

Fuente: *SANEAR S.A.*

1.3.1.1 Resumen

Todos los tramos cuentan en su recorrido con accesorios para su operación como válvulas de ventosa, purgas, válvulas de segmentación y macromedidores (electromagnéticos y ultrasónicos) a la salida de la PTAP "El Curval".

Los tramos serán instalados en su mayoría bajo tierra, pero a lo largo del trazado se deben superar varios obstáculos como ríos o quebradas en el que se hizo necesario la proyección de estructuras aéreas tipo cercha. A continuación, en la TABLA N° 3 se muestra la descripción de cada uno de los cruces aéreos en su respectiva línea.

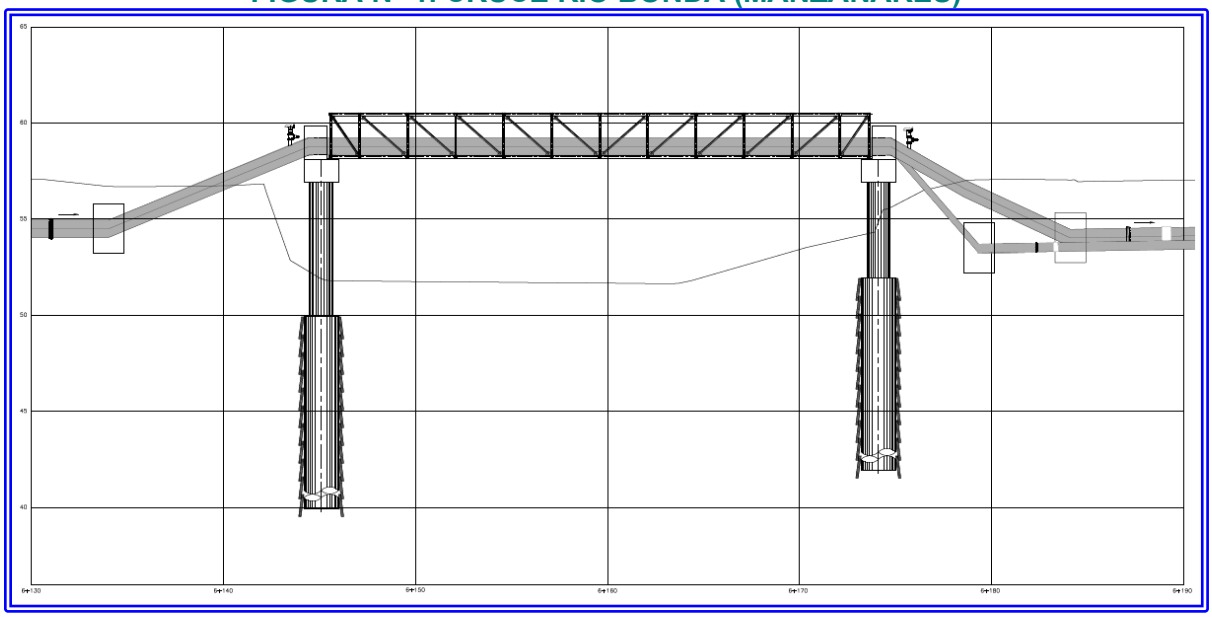
TABLA N° 3. CRUCES AÉREOS EN LÍNEA DE CONDUCCIÓN PTAP "EL CURVAL" - TANQUES

TRAMO	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	NOMBRE DEL CRUCE	LONGITUD (m)
1	PTAP "El Curval" – PTAP Mamatoco	Río Bonda (Manzanares)	30
		Quebrada Mojada	29
		Quebrada Seca	16
		Puente 11 de noviembre	41

Fuente: *SANEAR S.A.*

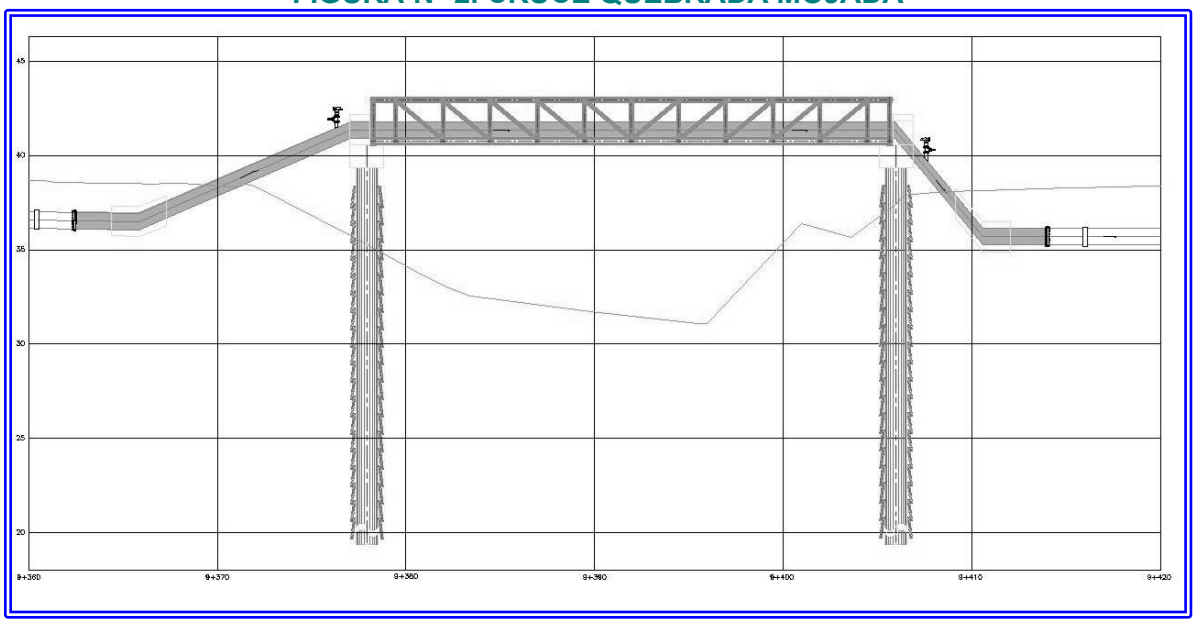
A continuación, se muestra cada uno de los cruces aéreos descritos anteriormente:

FIGURA N° 1. CRUCE RÍO BONDA (MANZANARES)



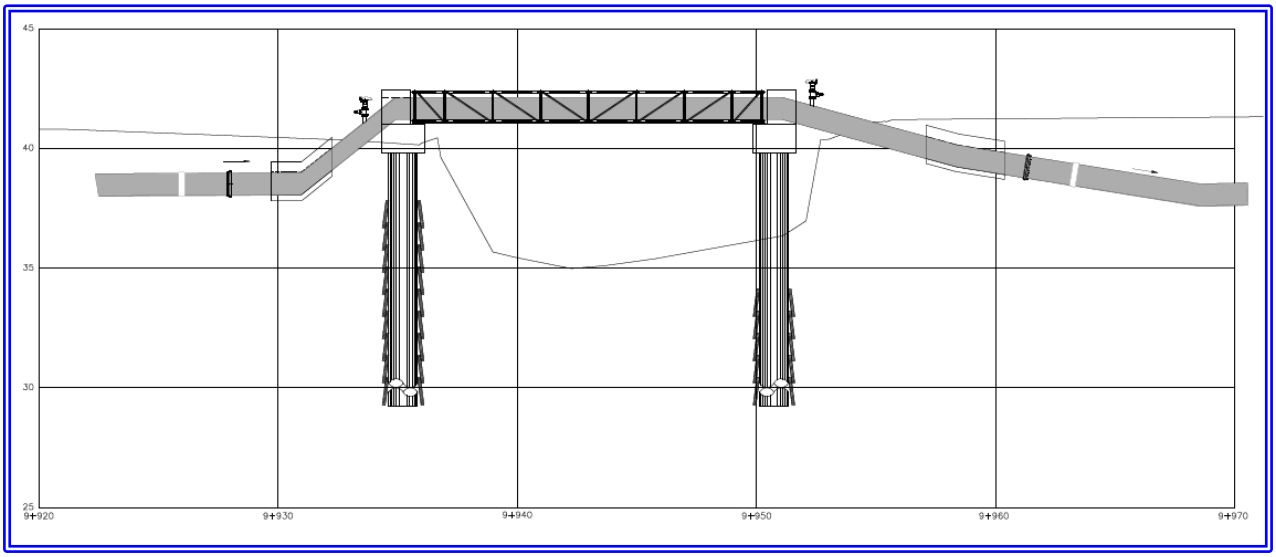
Fuente: *SANEAR S.A.*

FIGURA N° 2. CRUCE QUEBRADA MOJADA



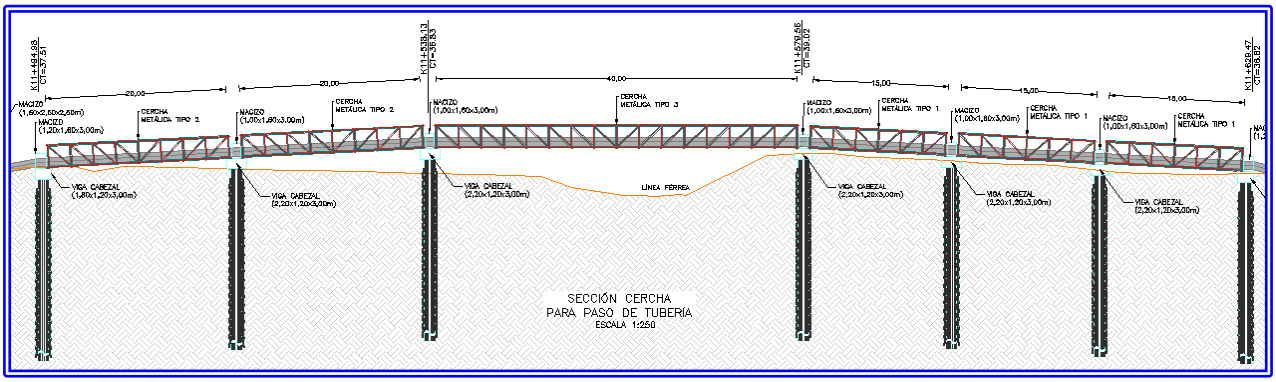
Fuente: *SANEAR S.A.*

FIGURA N° 3. CRUCE QUEBRADA SECA



Fuente: *SANEAR S.A.*

FIGURA N° 4. CRUCE 11 DE NOVIEMBRE



Fuente: *SANEAR S.A.*

1.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

1.4.1 Procesos para la puesta en marcha de la conducción

En el presente capítulo se establecen aquellas condiciones de las pruebas que se deben medir y cumplir para la puesta en marcha de la conducción.

1.4.1.1 Medición de caudales

En el momento en que el que se finalicen las pruebas hidrostáticas a cada una de las líneas de conducción, se deben verificar los caudales de operación. Para verificar dichos caudales debe aforarse el caudal de entrada y el caudal de salida.

Cada una de las líneas cuenta con medidores, con el fin de medir y controlar en todo momento el volumen de agua que se conduce a través de ellas, y a su vez cumplir con las diversas necesidades de operación, vigilar los procesos y tomar decisiones oportunamente. A continuación, se relacionan los medidores que se proyectaron para los tramos de conducción.

Conducción PTAP

Para la conducción de la PTAP se proyecta un medidor electromagnético a la salida del tanque de paso (localizado en la futura PTAP "El Curval") y un (1) medidor de ultrasonico, ubicado en un punto estratégico para controlar pérdidas, identificar fugas.

En la TABLA N° 4, se presenta los rangos de caudal para cada uno de los medidores proyectados de los tramos de conducción:

TABLA N° 4. RANGO DE CAUDALES PARA LOS MEDIDORES DE LA LÍNEA PTAP "EL CURVAL"

RANGO DINÁMICO DE MEDICIÓN (m3/h)	AÑO	
	2023	2048
Caudal mínimo abs: Qa (Según fabricante)		
Caudal mínimo Q1:	**1440,00**	7200,00
Caudal Transición Q2 = 1,6*Q1	2304,00	11520,00
Caudal Permanente: Q3	1440,00	7200,00
Caudal sobrecarga: Q4=1,25*Q3	1800,00	**9000,00**
Rango dinámico R = Q3/Q1	1,00	1,00

Fuente: SANEAR S.A.

Dependiendo del medidor instalado, el nivel de duración de la prueba será establecido por el fabricante del aparato de medición.

1.4.1.2 Línea piezométrica de la Conducción

Con el fin de verificar lo establecido por el diseño, debe medirse la altura piezométrica en diferentes puntos de la tubería para diferentes condiciones de caudal incluyendo el caudal máximo y el mínimo. Esta verificación se debe hacer mediante los medidores establecidos en la tubería, especialmente los puntos de medición de presiones instalados en las válvulas de segmentación.

1.4.1.3 Desinfección de la Conducción

La desinfección debe realizarse por el instalador de la tubería y debe realizarse de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma técnica AWWA C-651. A continuación, se describen los requerimientos que deben tenerse en cuenta para la desinfección:

1. Antes de la aplicación del desinfectante, la tubería debe lavarse haciendo circular agua a través de ella y descargándolas por las válvulas de purga con el objeto de remover todas las materias extrañas. El desinfectante debe aplicarse al inicio de la Conducción. Para secciones de la Conducción, el desinfectante debe aplicarse por medio de una llave de incorporación.

2. Preferiblemente debe utilizarse cloro o hipoclorito de sodio como desinfectante. La tasa de entrada de la mezcla de agua con gas de cloro a la tubería debe ser proporcional al caudal que entra al tubo. En particular debe seguirse lo establecido por la norma AWWA C-651.
3. La cantidad de cloro debe ser tal que produzca una concentración mínima de 50 ppm.

4. El periodo de retención del agua desinfectada dentro de la red de Conducción y Red Matriz de agua potable no debe ser menor que *24 horas.* Después de este periodo de retención, el contenido de cloro residual en los extremos del tubo, en las llegadas a los tanques de almacenamiento, deben ser de por lo menos 5 ppm.

5. Una vez se haya hecho la cloración y haya transcurrido el periodo mínimo de retención, la tubería debe ser desocupada completamente. Cuando se hagan cortes en alguna de las tuberías que conforman la red de Conducción y Red Matriz con el fin de hacer reparaciones, o ampliaciones, la tubería cortada debe someterse a cloración a lado y lado del punto de corte.

6. Se debe hacer un muestreo final para llevar a cabo un análisis bacteriológico. En caso de que la muestra no tenga resultados de calidad de agua adecuados, teniendo en cuenta lo establecido por el Artículo 35, Decreto Nacional 1575 de 2007, de los Ministerios de Vivienda y Medio Ambiente y de Salud y Protección Social, por el cual se expiden las normas técnicas de calidad del agua potable, debe repetirse el proceso de desinfección.

1.4.1.4 Golpe de ariete

Teniendo en cuenta lo establecido en el diseño respecto al golpe de ariete en la tubería de Conducción, se debe realizar las maniobras de cierre de las válvulas de segmentación dentro de los valores dados en el diseño, por ningún motivo se podrá cerrar las válvulas en un tiempo menor al tiempo crítico Tc calculado en los diseños.

Finalmente se debe verificar por parte del Contratista de Obra, que las válvulas instaladas cumplan con el tiempo de cierre igual o mayor al tiempo crítico de diseño, para disminuir los efectos del transitorio.

1.4.1.5 Accesorios y Válvulas

Una vez finalizada la construcción de la Conducción, se debe verificar la estanqueidad de cada uno de los accesorios contenidos en las líneas. Con respecto a las válvulas y otros equipos electromecánicos, debe verificarse su correcto funcionamiento antes de proceder a cerrar la zanja en la cual se encuentra la tubería.

1.4.1.6 Válvulas de lavado o purga

Las estructuras utilizadas para el lavado de la Conducción y Red Matriz, con el fin de remover biopelículas o depósitos de partículas inorgánicas, o prevenir el crecimiento de biopelículas, deben someterse al procedimiento establecido en el protocolo de pruebas con el fin de verificar su correcto funcionamiento, midiendo el caudal de lavado en función de la presión en el sitio de descarga.

En todas las válvulas de lavado o purga que existan a lo largo de la línea de Conducción y Red Matriz debe verificarse su correcto funcionamiento y debe medirse el caudal y la velocidad de salida del agua, bajo condiciones normales de operación de lavado.

En el caso de descargas que cuenten con estructuras de disipación de energía y canales de descarga a la red de drenaje natural, debe verificarse el correcto funcionamiento de las estructuras y de los canales, midiendo las velocidades de salida, el nivel de agua en los canales y las velocidades en estos.

1.4.1.7 Ventosas

En todas las ventosas a lo largo de la línea de conducción deben hacerse las pruebas correspondientes, que aseguren su correcto funcionamiento para las diferentes condiciones normales de operación establecidas por el diseño. En particular debe cumplirse con la norma técnica AWWA C-512.

1.4.2 Operación de la línea de Conducción

1.4.2.1 Mediciones de caudal

Con el fin de verificar la cantidad de agua se debe medir el caudal a la entrada del sistema, en forma continua y se deben guardar los registros de caudal, con el fin de mantener una base de datos que permita establecer el balance de agua en la red. En el caso de las medidas de caudal es obligatorio tener mediciones telemétricas.

1.4.2.2 Golpe de ariete

Se deben medir las sobrepresiones y las subpresiones generadas bajo condiciones normales de operación de flujo no permanente, anotando en forma específica la forma de operación de las válvulas. El diseño debe establecer en forma clara los puntos de medición, la frecuencia de toma de datos y el nivel de precisión conforme el Operador del servicio indique que va a realizar dichas tomas de datos.

1.4.2.3 Línea piezométrica

A lo largo de toda la vida útil del proyecto debe hacerse una revisión de la línea piezométrica o línea de gradiente hidráulico a lo largo de todas las tuberías. La medición de la línea piezométrica debe ser permanente. Para la red de Conducción es obligatorio tener instrumentación telemétrica a lo largo de todas las líneas, con el fin de que el operador conozca en tiempo real las presiones a lo largo de la tubería para diferentes condiciones de operación.

1.4.2.4 Instrumentación y telemetría

En todos los puntos del sistema en los cuales exista instrumentación telemétrica, establecida en el diseño, debe verificarse que la presión de los instrumentos en el momento de entrar en operación esté dentro del rango $\pm$1%. Adicionalmente, debe verificarse su correcta instalación en los diferentes puntos de las tuberías, en forma permanente a lo largo de la vida útil del proyecto.

En el caso específico de los sensores o transductores de presión, debe verificarse que la capacidad de estos cubra todo el rango de presiones que pueda presentarse en la tubería, tanto bajo condiciones normales de operación como bajo condiciones de emergencia, en particular las sobrepresiones y subpresiones ocasionadas por los casos de flujo no permanente, bajo la conducción de operación extrema.

Con respecto a los medidores de velocidad y de caudal, debe verificarse que la capacidad de estos cubra todo el rango de velocidades que puedan presentarse en la tubería, tanto bajo condiciones normales de operación como bajo condiciones de emergencia. En particular debe verificarse que la instrumentación para la medida de caudales y de velocidades cubra también las operaciones extremas de lavado.

1.4.2.5 Reglas de operación para evitar desprendimientos de biopelículas y resuspensión de depósitos inorgánicos

El objetivo es el establecer reglas para operaciones rutinarias, operaciones especiales tales como la puesta en marcha de una conducción nueva, el reemplazo de una conducción, el mantenimiento de planta de tratamiento de agua potable u operaciones de emergencia, de tal forma que no se induzca el desprendimiento de biopelículas y/o al resuspensión de partículas inorgánicas depositadas que deterioren la calidad del agua potable entregada por la empresa.

Bajo ninguna operación se debe permitir incrementos de velocidad, por encima de la velocidad normal de operación, superiores al ciento por ciento de ésta, y se deben evitar reservas de flujo en las líneas.

Para establecer las reglas de operación, el diseño debe establecer el tipo de modelo hidráulico que debe ser utilizado para este propósito. El modelo hidráulico de la red deber estar calibrado de tal forma que permita probar diferentes alternativas de operación, especialmente para operaciones no normales, con el objetivo de escoger aquella que se acerque más a los criterios antes establecidos.

1.4.2.6 Lavado de las tuberías

Este periodo de tiempo para el lavado de las tuberías debe ser al menos una vez al año. El lavado debe realizarse cuando se detecte un deterioro en las condiciones de calidad de agua, en la red o antes de condiciones de operaciones especiales que impliquen cambios drásticos en la hidráulica de las tuberías, tales como incrementos de velocidad, sobre la velocidad media, superiores al ciento por ciento o reserva en la dirección del flujo.

Se debe establecer el porcentaje de apertura y el tiempo de apertura de las válvulas, indicando claramente cuáles de éstas deben abrirse para una operación de lavado en particular. Las reglas de operación establecidas garantizarán que se produzcan velocidades superiores a 1,50 m/s en las tuberías objeto del lavado. Durante las operaciones de lavado se deben tomar las siguientes mediciones, preferiblemente mediante el uso de telemetría:

1. Velocidad de flujo en las tuberías objeto del proceso de lavado.
2. Los caudales descargados a través de las válvulas de descarga.
3. Los niveles de flujo en los canales de descarga.
4. Calidad del agua antes y después de la operación de lavado.
5. Seguimiento de la evaluación de la calidad del agua hasta un periodo de por lo menos una semana después del lavado.

El diseño también debe establecer cuáles datos, incluyendo su presión y frecuencia de medición deben ser almacenados en las bases de datos, con el fin de alimentar los modelos hidráulicos y permitir la calibración de estos bajo operaciones de emergencia y/o lavado.

1.4.2.7 Calidad de agua

La calidad de agua en el sistema debe ser tal que la entrega de agua al cliente final dé cumplimiento a lo establecido en el Artículo 35, Decreto Nacional 1575 de 2007, de los Ministerios de Vivienda y Medio Ambiente y Salud y Protección Social, o aquel que lo reemplace, sobre calidad de agua en sistemas de acueducto. EL Operador debe establecer las metodologías para hacer un análisis permanente de la evolución de la calidad de agua en toda la red, a lo largo de todo el día, para las condiciones de abastecimiento actuales y futuras. Para el cálculo de calidad de agua se debe hacer uso de los valores de coeficientes de decaimiento.

Para conocer las condiciones de calidad de agua, se debe utilizar un modelo hidráulico calibrado desde el punto de vista hidráulico y se debe hacer una calibración de los coeficientes de decaimiento desde el punto de vista de calidad de agua. El modelo hidráulico de simulación de la red de agua potable debe tener capacidad de análisis de evolución de la calidad de agua para periodos extendidos, y en particular debe hacer uso del método del gradiente para el cálculo de las condiciones hidráulicas.

1.4.2.8 Uso de tecnologías de información para la operación

La operación se debe modelar en un programa de modelación hidráulica que use el método del gradiente para sus cálculos, que permita la modelación en periodo extendido y que tenga rutinas de calidad de agua. El uso del modelo tiene el objetivo de establecer reglas de operación para

para el sistema con base en restricciones tales como no permitir velocidades que impliquen riesgo de desprendimiento de biopelículas, o como no permitir la inversión de direcciones de flujo, etc.

El modelo hidráulico digital utilizado debe tener en cuenta la altimetría, planimetría, demandas y patrones de consumo de la zona de interés. La topología del modelo debe representar de manera precisa a la condición actual de las redes. La operación de la red se debe modelar sobre un modelo hidráulico calibrado para representar el comportamiento real de las redes. Por consiguiente, el modelo hidráulico utilizado debe contar con rutinas de calibración.

1.4.3 Aspectos del mantenimiento

1.4.3.1 Mantenimiento correctivo y preventivo

Todas las estructuras y tuberías que formen parte de las obras deben tener programas de mantenimiento correctivo y preventivo de acuerdo con los siguientes requisitos:

1. Las labores de mantenimiento deben ser de tipo preventivo. Para esto, el diseño debe considerar las rutinas de mantenimiento desde la época de concepción del proyecto.
2. Las labores de mantenimiento de todo equipo electromecánico que forme parte de la red, deben ser de tipo preventivo.

En el caso de que las labores de mantenimiento impliquen la suspensión del servicio de abastecimiento de agua potable, la ESSMAR E.S.P debe informar a la comunidad sobre los horarios y cortes programados en el suministro de agua. Para esto, el diseño debe establecer, haciendo uso de modelos hidráulicos de la red de distribución, aquellos clientes que van a ser afectados por la suspensión del servicio o por bajas temporales en la presión del suministro de agua potable.

1.4.3.2 Suspensión del servicio por mantenimiento

Los mantenimientos programados no afectan el servicio. En caso de que por un mantenimiento no programado sea necesario suspender el servicio de la Conducción y de la Red Matriz, ésta debe limitarse a un periodo máximo de 18 horas en las zonas afectadas del municipio.

1.4.3.3 Registro de mantenimientos

Es obligatorio anotar la fecha del daño, el tipo de daño ocurrido, la causa del daño, los repuestos utilizados y los procedimientos de reparación, cuando se trate de enfrentar una situación de emergencia. En el caso de mantenimientos preventivos, tanto de las líneas de tuberías como del equipo electromecánico, es obligatorio anotar la fecha del mantenimiento, el tipo de mantenimiento, los repuestos utilizados y los procedimientos desarrollados durante las labores de mantenimiento. La ESSMAR E.S.P debe llevar una base de datos con los registros históricos de los daños ocurridos en la red, así como de los mantenimientos preventivos que se hagan en éstas.

1.4.3.4 Disponibilidad de repuestos

En el caso de que se requieran repuestos para labores de mantenimiento de las estructuras y/o accesorios que conforman la red, debe tenerse en cuenta que la consecución y localización in

situ de los repuestos debe ser inmediata para aquellos casos que impliquen la suspensión del servicio, ya sea por mantenimiento preventivo o por situaciones de emergencia. Para los repuestos que no impliquen suspensión del servicio, la consecución y localización in situ de estos debe hacerse como máximo en un día.

1.4.3.5 Válvulas de purga

Con el fin de mantener un control efectivo y un perfecto estado de funcionamiento de las válvulas de purga en las tuberías, debe tenerse en cuenta, desde la etapa de diseño, que la apertura de válvulas de purga se haga de forma periódica y con base en los criterios de operación.

1.4.3.6 Verificación de asentamiento en los anclajes

Deben verificarse los asentamientos de los anclajes en uniones, codos, válvulas y otros tipos de accesorios una vez cada 3 meses como mínimo. Sin embargo, si la línea cruzan terrenos inestables, terrenos con una alta actividad tectónica o que el municipio se encuentra localizado en una zona de amenaza sísmica media o alta, durante los primeros tres años de operación deben verificarse los asentamientos de los anclajes al menos una vez al mes.

1.4.3.7 Limpieza de tuberías y desprendimiento de biopelículas y/o depósitos inorgánicos

Se debe establecer el periodo de limpieza de tuberías, especificando su velocidad mínima y su duración, con el fin de controlar el crecimiento de biopelículas, de provocar el desprendimiento de depósitos inorgánicos al interior de la tubería. La labor de lavado de las tuberías se debe hacer en los periodos de demanda mínima, a lo largo del día, de tal manera que ésta pueda ser abastecida directamente desde los tanques de almacenamiento y/o compensación. El Operador debe establecer las medidas de calidad de agua que permitan el corregir los periodos de lavado, cuando esto sea necesario.

Una vez lavada la tubería se debe proceder a desinfección química de ésta con cloro, cloramina, ozono, dióxido de cloro, yodo o peróxido de hidrógeno.

1.4.3.8 Limpieza de canales de descarga y estructuras de disipación de energía

En el caso de los canales de descarga y las estructuras de disipación de energía localizadas aguas debajo de las válvulas de descarga, él debe establecer el periodo óptimo de mantenimiento con el fin de asegurar la limpieza total de estas estructuras y su correcta operación para las operaciones de lavado de la red.

1.4.3.9 Mantenimiento de accesorios

Para el caso de los accesorios que formen parte de la estructura de las líneas de Conducción y Red Matriz, se requieren las siguientes labores de mantenimiento: en el caso de las válvulas debe verificarse el estado, la apertura y el cierre de las válvulas, purgas, ventosas, compuertas, etc. Al menos una vez cada mes, En todo caso deben seguirse las recomendaciones establecida en las normas técnicas correspondientes para cada válvula y accesorio.

El mantenimiento de accesorios debe realizarse teniendo en cuenta las normas técnicas respectivas para cada uno.

1.4.3.10 Uso de tecnologías de información para labores de mantenimiento

Las operaciones de mantenimiento se deben apoyar en un modelo hidráulico calibrado con el fin de dimensionar el impacto de las acciones de intervención sobre la red. De esta manera, si se planea realizar cierres en las redes, éstos deben ser modelados para entender el comportamiento y el impacto de la acción a realizar.

Las intervenciones en campo deben estar apoyadas por sistemas de posicionamiento global, GPS, de manera que se permita una rápida actualización de cualquier cambio de las redes sobre la cartografía digital de la zona.

1.4.3.11 Aspectos ambientales en la Operación y Mantenimiento

Los impactos más relevantes que se puedan presentar son debidos a la intervención de trabajadores y equipos mecanizados, con alteración de la vegetación y del suelo.

Si la operación se hace en zona rural o suburbana, el diseño debe incluir lo relacionado con el acceso y anchos de servidumbre para las inspecciones y labores de operación y mantenimiento. Estos accesos deben ser diseñados lo más cerca posible de la línea de conducción y red matriz para evitar la movilización del equipo y maquinaria de mantenimiento, altere el suelo y la vegetación de la zona.

2 BIBLIOGRAFÍA

- Rubio Patiño, Diva Patricia. Determinación de reglas de operación en redes de distribución de agua potable a fin de lograr un mantenimiento eficiente para el desprendimiento de biopelículas haciendo uso del lavado unidireccional. Universidad de los Andes, Bogotá.

- Empresas Públicas de Medellín E.S.P., Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto.

- REGLAMENTO TÉCNICO PARA EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO – RAS. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (08 de junio de 2017). Resolución 0330 de 2017 - Bogotá, Colombia

- LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 1995