

Mejoramiento de las condiciones sociales y económicas



Objetivo 1. Tarea 1b – Año 1
Construcción y/o mejoramiento de al menos 2
sistemas de abastecimiento de agua

Agosto, 2019

Contrato de consultoría No. 023 (2016)

“Estudios para la elaboración del diseño conceptual del reservorio multipropósito en la Cuenca de Río Indio y proyectos complementarios para el manejo de la cuenca”

Celebrado entre el Ministerio de Ambiente y la Autoridad del Canal de Panamá

Objetivo 1. Tarea 1b
Construcción y/o mejoramiento de al menos 2 sistemas de abastecimiento de agua

Contrato: CMCA-399500

Contratista: COPASA

Proyecto de Capacidad Hídrica

Autoridad del Canal de Panamá



SIGLAS Y ABREVIATURAS

SIGLA O ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
ACP	Autoridad del Canal de Panamá
CHRI	Cuenca Hidrográfica de Río Indio
CONAGUA	Consejo Nacional del Agua
DISAPAS - MINSA	Dirección del Subsector de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario - Ministerio de Salud
JAARs	Juntas Administradoras de Acueductos Rurales
MiAMBIENTE	Ministerio de Ambiente
MINSA	Ministerio de Salud
ORCs	Oficinas de Relaciones Comunitarias
PNSH	Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050
SIASAR	Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural
UG - PNUD	Unidad de Gestión dependiente del Programa de las Naciones Unidas Panamá
COPASA	Constructora Pacífico Atlántico S.A.

CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO	5
2.	OBJETIVO.....	5
3.	GENERALES DEL PROYECTO.....	6
3.1.	Alcance general	6
3.2.	Descripción general de las comunidades	6
3.3.	Estructura organizativa del servicio de abastecimiento de agua.....	7
4.	METODOLOGÍA.....	9
4.1.	Condiciones iniciales del sistema de acueducto en Tres Hermanas	9
4.1.1.	Sector la Conga Abajo – Tres Hermanas Centro	9
4.1.2.	Sector Barriada San Antonio	14
4.2.	Condiciones iniciales del sistema de acueducto de El Limón	17
4.3.	Calidad del agua	20
4.4.	Identificación de actividades de mejoras por desarrollar	22
4.5.	Análisis y diseño de mejoras a los sistemas de acueductos.....	23
4.5.1.	Cálculos estructurales e hidráulicos - comunidad de Tres Hermanas..	23
4.5.2.	Cálculos estructurales e hidráulicos - comunidad de El Limón.....	24
4.5.3.	Diseños finales	24
5.	RESULTADOS DE IMPLEMENTACION DE MEJORAS.....	24
5.1.	Actividades desarrolladas en los sectores de la Conga Abajo y Tres Hermanas Centro, comunidad de Tres Hermanas.....	25
5.1.1.	Primera captación de manantial	25
5.1.2.	Segunda captación de manantial	26
5.1.3.	Tanque de Almacenamiento.....	27
5.1.4.	Construcción de nuevo cruce aéreo de la quebrada La Conga Abajo..	30
5.2.	Actividades desarrolladas en el sector Barriada San Antonio, comunidad de Tres Hermanas.....	30
5.2.1.	Captación	31
5.2.2.	Tanque de Almacenamiento.....	32
5.3.	Mejoras al cruce aéreo - río Teriá, comunidad de Tres Hermanas	33
5.4.	Construcción de cajas e instalación de válvulas de limpieza y expulsión de aire - comunidad de Tres Hermanas.....	35
5.5.	Actividades desarrolladas en la comunidad de El Limón	37
5.5.1.	Captación de ojo de agua o manantial	37
5.5.2.	Captación superficial- Quebrada El Tornito	37
5.5.3.	Tanques de almacenamiento	39

5.5.4. Cruces aéreos	42
5.5.5. Construcción e instalación de cajas de válvulas de limpieza y expulsión de aire.....	45

Anexos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Vistas de condiciones iniciales de captación 1- Sector Tres Hermanas Centro y La Conga Abajo	10
Figura 2- Vistas de condiciones iniciales de captación 2- Sector Tres Hermanas Centro y La Conga Abajo	11
Figura 3- Imagen de condición inicial de tanque de almacenamiento del sector Tres Hermanas Centro	12
Figura 4- Imagen de condición inicial de tanque de almacenamiento del sector La Conga Abajo	13
Figura 5- Vistas de condiciones iniciales del cruce aéreo en la quebrada La Conga Abajo	13
Figura 6- Vistas de condiciones iniciales de captación - Barriada San Antonio	14
Figura 7- Vistas de condiciones iniciales de tanque de almacenamiento - Barriada San Antonio.....	15
Figura 8- Vistas condiciones iniciales cruce aéreo río Teriá	17
Figura 9- Vistas de condiciones inicial de captación de manantial - El Limón.....	18
Figura 10- Vistas de condiciones iniciales de captación superficial en la quebrada El Tornito - El Limón	19
Figura 11- Vistas de condición inicial de tanque de almacenamiento - El Limón	20
Figura 12- Vistas de captación de manantial 1 mejorada - Tres Hermanas y La Conga Abajo	26
Figura 13- Vistas de caja de segunda captación mejorada - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro	27
Figura 14- Nuevo tramo de tubería de conducción con soportes - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro.....	27
Figura 15- Vistas de los tanques de almacenamiento mejorados - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro.....	28
Figura 16- Vistas de cajas de válvulas con sus tapas, válvulas y filtro - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro	29
Figura 17- Caja y clorinador nuevo - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro	29
Figura 18- Vistas de nuevo cruce Aéreo de quebrada La Conga Abajo.....	30
Figura 19- Cajas de captación mejoradas - La Barriada San Antonio.....	31
Figura 20- Vistas de tanque de almacenamiento mejorado - Barriada San Antonio	32
Figura 21- Cajas de válvulas con su tapa, válvulas y filtro - Barriada San Antonio..	33
Figura 22- Caja y clorinador nuevo - Barriada San Antonio	33
Figura 23- Vistas de cruce aéreo sobre río Teriá mejorado	35
Figura 24- Vistas de cajas de válvulas de Limpieza.....	36
Figura 25- Vistas de cajas de válvulas de expulsión de aire	36
Figura 26- Captación de manantial mejorada - El Limón	37
Figura 27- Entrada de agua a captación superficial - El Limón	38
Figura 28- Nueva captación superficial - El Limón	38
Figura 29- Vista de tuberías perforadas y muro laterales-El Limón	39

Figura 30- Caja donde está instalado el clorinador, válvulas de control de flujo, válvula de limpieza y filtro de malla – El Limón	39
Figura 31- Canal de captación superficial - El Limón	39
Figura 32- Cruce área de tubería de conducción - El Limón	39
Figura 33- Vista de tanque de almacenamiento mejorado con su caja de válvula - El Limón	40
Figura 34- Vista de caja y clorinador - El Limón.....	40
Figura 35- Visas de nuevo tanque de almacenamiento - El Limón	42
Figura 36- Vistas de primer cruce aéreo - El Limón	43
Figura 37- Vistas del segundo cruce aéreo - El Limón.....	43
Figura 38- Vista de tercer cruce aéreo - El Limón	44
Figura 39- Vista de cuarto cruce aéreo - El Limón	44
Figura 40- Vistas de cajas de válvulas de limpieza - El Limón.....	46
Figura 41- Vistas de cajas de válvulas de expulsión de aire - El Limón.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- JAAR Barriada San Antonio	8
Tabla 2- JAAR Conga Abajo - Tres Hermanas Centro.....	8
Tabla 3- Junta directiva de la comunidad de El Limón	9
Tabla 4- Resultados de prueba de pH.....	21
Tabla 5- Resultados de prueba de presencia de coliformes fecales	21
Tabla 6- Sector Tres Hermanas	35
Tabla 7- Sector La Conga Abajo	35
Tabla 8- Sector Barriada San Antonio.....	35
Tabla 9- Cuadro resumen de cruces aéreos	45
Tabla 10- Comunidad de El Limón- cuadro de válvulas.....	45

1. RESUMEN EJECUTIVO

El Plan Nacional de Seguridad Hídrica (PNSH) 2015-2050 “Agua para Todos”, es el resultado de un trabajo interinstitucional, y luego de una amplia consulta pública, Panamá lo aprobó a través de la Resolución de Gabinete N° 114 del 23 de agosto de 2016 (Gaceta Oficial Digital N° 28104-A), con el objetivo de garantizar el acceso justo y equitativo de agua a toda la población y sectores productivos, en cantidad suficiente y calidad aceptable, asegurando la disponibilidad y protección de los recursos hídricos y los ecosistemas en un clima cambiante. A su vez, este instrumento legal creó el Consejo Nacional del Agua (CONAGUA), para dar seguimiento a la implementación del PNSH y contar con una estructura de apoyo y coordinación para el cumplimiento de las metas del Plan.

En implementación de la meta 2 del PNSH, cuyo contexto es “Agua para el desarrollo económico inclusivo”, CONAGUA aprobó, en su Plan de Trabajo 2016-2018, acciones a corto plazo, la realización de estudios de pre-inversión de nuevos reservorios multipropósito en tres regiones del país: Para tal fin, el 15 de diciembre de 2016, MiAMBIENTE firmó tres contratos de consultoría con la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), fundamentándose en la experiencia de la ACP en materia de gestión de cuencas, manejo de su sistema de lagos, y el desarrollo de estudios y análisis de pre factibilidad y factibilidad, así como ejecución de proyectos de gran envergadura.

Uno de los contratos de consultoría antes descritos, es el No. 023 (2016) que corresponde a los “Estudios para la elaboración del diseño conceptual del reservorio multipropósito en la cuenca hidrográfica de río Indio (CHRI) y proyectos complementarios para el manejo de la cuenca”, mediante el cual se llevan a cabo los estudios técnicos, ambientales, sociales y económicos, para el diseño conceptual de un reservorio multipropósito y se ejecutan proyectos para el mejoramiento de las condiciones socioeconómicas y la gestión integral de la Cuenca de río Indio.

Cómo parte de este contrato, se ha ejecutado el proyecto de Construcción y mejoramiento dos sistemas de abastecimiento de agua en las comunidades de Tres Hermanas, en la provincia de Panamá Oeste y El Limón en la provincia de Colón. Las actividades se desarrollaron entre los meses de marzo 2018 y julio 2019.

La implementación de las obras se dio a través de un contrato (CMCA-399500), “Estudio, diseño y construcción de las mejoras de los acueductos de las comunidades de El Limón y Tres Hermanas en la Cuenca del río Indio”, a través de la empresa Constructora Pacífico Atlántico S.A. (COPASA).

2. OBJETIVO

Mejorar la calidad de servicio de los acueductos rurales de las comunidades de El Limón y Tres Hermanas, desarrollando diseños y construcciones de nuevas infraestructuras de los componentes del acueducto, además de realizar el mantenimiento y reparación de la infraestructura existente.

3. GENERALES DEL PROYECTO

3.1. Alcance general

El Proyecto abarcó el diseño y construcción de nuevas infraestructuras para dos acueductos rurales que se encuentran en la Cuenca del río Indio, las cuales mejoraron considerablemente sus condiciones operativas. Además, se realizaron labores de mantenimiento y reparación de infraestructuras existentes tales como: cajones de concreto para filtro lento, tanques de concreto, sistemas de cloración, cruces aéreos de tuberías, y la instalación de nuevas válvulas de control y expulsión de aire, entre otras.

Las actividades antes mencionadas se realizaron en las comunidades de El Limón, que se encuentra en el corregimiento de La Encantada, distrito de Chagres, provincia de Colón y Tres Hermanas, corregimiento de Cirí de los Sotos, distrito de Capira, provincia de Panamá Oeste.

3.2. Descripción general de las comunidades

Comunidad de Tres Hermanas

La comunidad de Tres Hermanas, está ubicada en la provincia de Panamá Oeste, distrito de Capira, corregimiento de Cirí de Los Sotos. El acceso es a través de la comunidad de El Espino de La Chorrera, donde la carretera es de asfalto hasta llegar al río Teriá. Una vez se cruza el río, se llega al centro de la comunidad. De allí en adelante, para llegar a los puntos de acueductos, se requiere de vehículos 4x4, con llantas adecuadas para caminos de difícil acceso. Ver mapa de ubicación en el **Anexo A**.

La comunidad de Tres Hermanas cuenta con una población aproximada de 250 personas, según el Censo de 2010. Dentro de los servicios públicos, no cuenta con suministro eléctrico, tampoco cuenta con un sistema de recolección de basura, por lo cual se practica la quema de la misma. Por otro lado, los habitantes tienen acceso al agua de consumo, a través de un sistema de acueducto rural comunitario activo y acueductos rurales individuales o familiares. Además, la comunidad cuenta con un centro educativo con modalidad primaria y pre media, con una matrícula de 115 estudiantes; dos (2) iglesias católicas, un puesto de salud, casa local y un campo santo.

Comunidad de El Limón de Chagres

La comunidad de El Limón, está ubicada en la provincia de Colón, distrito de Chagres, corregimiento de La Encantada, cuenta con una población aproximada de 150 personas, según el Censo de 2010.

El acceso a esta comunidad, una vez se cruzan las esclusas de Gatún del Canal de Panamá, es a través de carretera de asfalto, hasta la comunidad de La Encantadita, luego la carretera pasa a ser de tierra hasta llegar a El Limón. Cabe destacar que, para poder acceder por la carretera de tierra, se necesita vehículos 4x4, con llantas adecuadas para caminos de difícil acceso. Ver mapa de ubicación en el **Anexo A**.

Dentro de los servicios públicos, no cuenta con suministro eléctrico, tampoco con un sistema de recolección de basura comunal, por lo cual se practica la quema de la misma. Por otro lado, los habitantes tienen acceso al agua de consumo a través de un sistema de acueducto rural comunitario activo y acueductos rurales individuales o familiares. Además, la comunidad cuenta con un centro educativo en la modalidad de primaria y pre media, con una matrícula de 40 estudiantes; adicionalmente, cuenta con otras estructuras comunitarias tales como; iglesia católica, centro salud, casa local y campo santo.

3.3. Estructura organizativa del servicio de abastecimiento de agua

La estructura organizacional de los prestadores de servicio de abastecimiento de agua de consumo de las comunidades, está conformada por los mismos pobladores, quienes, en base a la necesidad del servicio, se organizaron para la administración de los sistemas de agua de consumo que abastecen a sus comunidades. Estas organizaciones de base comunitaria son denominadas Juntas Administradoras de Acueductos Rurales (JAARs), y son reguladas por el Ministerio de Salud (MINSA), a través del Decreto Ejecutivo No.1839 del 5 de diciembre de 2014.

Se define a las JAARs, como una organización comunitaria, con personería jurídica, sin fines de lucro y de interés público responsable, en condiciones de administradores del usufructo de los bienes e inversiones realizadas por el Estado y de la operación y mantenimiento para la continuidad del servicio de los sistemas de abastecimiento de agua potable. De igual manera faculta a la JAAR para inscribir en el Registro Público los bienes, infraestructuras, equipo y otros que adquieran con el fin de garantizar el bien común del acueducto rural sobre beneficios particulares.

Las JAAR está compuesta por siete (7) miembros de la comunidad, elegidos democráticamente por mayoría, en votación durante una asamblea general, para asumir voluntariamente y por un periodo de cuatro (4) años, la administración del sistema. La junta directiva asume este rol de manera no remunerada, para encargarse principalmente de la administración financiera del sistema, penalidades, mantenimientos, etc. Por otro lado, los miembros de la junta directiva del prestador de servicio son quienes contratan al personal técnico (operador), responsable de darle un mantenimiento preventivo y correctivo a su sistema de agua. En algunas ocasiones, debido a la cercanía entre las comunidades y a la pequeña cantidad de viviendas que la componen, un mismo prestador puede atender 2 o más comunidades con la misma Junta directiva.

Dentro de la operación de mantenimiento del sistema de acueductos rurales, existe la figura del operador de acueducto. Esta persona es contratada por la Junta directiva para operar y mantener el sistema, según el grado de complejidad, previa aprobación de la Asamblea General de la JAAR.

Para ser reconocidas como JAAR, deben haber realizado y culminado los procesos exigidos por el MINSA, y deben contar con su resolución correspondiente. Caso contrario, estos prestadores son considerados Comités de Agua de sus respectivas comunidades.

Para el caso de las comunidades donde se desarrolló el proyecto, se puede describir lo siguiente sobre el prestador de servicio:

- **Comunidad de Tres Hermanas**

El sistema del acueducto rural de Tres Hermanas está dividido en dos sectores, la Barriada San Antonio, con 34 viviendas y La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro, con 36 viviendas.

Ambos sectores cuentan con una JAAR elegida a través de asamblea general con los usuarios del sistema y ratificada por el MINSA. Sin embargo, actualmente los acueductos no cuentan con un operador del sistema.

Las juntas directivas están compuestas por las siguientes personas:

Tabla 1- JAAR Barriada San Antonio

Cargo	Nombre	Sexo
Presidente	Cirilo Flores Alonzo	Masculino
Vice Presidente	María E. Alabarca	Femenino
Secretario	José Luis Soto	Masculino
Tesorero	Mariela Núñez	Femenino
Fiscal	Eufemio Rodríguez	Masculino
Vocal	Mariano Torres Soto	Masculino
Vocal	Elixenia Daneth Sáenz	Femenino

Fuente: MINSA, Centro de salud de El Espino, departamento de Promoción de la Salud

Tabla 2- JAAR Conga Abajo - Tres Hermanas Centro

Cargo	Nombre	Sexo
Presidente	Francisco Núñez Valdez	Masculino
Vice Presidente	Antonio Cedeño Gil	Masculino
Secretario	Lucio Torres Soto	Masculino
Tesorero	Marcial Núñez Rodríguez	Masculino
Fiscal	Egberto Alabarca Gil	Masculino
Vocal	Alcides Flores	Masculino
Vocal	Adelina Domínguez	Femenino

Fuente: MINSA, Centro de salud de El Espino, departamento de Promoción de la Salud

- **Comunidad El Limón**

El sistema del acueducto rural abastece actualmente a 30 viviendas, en donde se benefician aproximadamente 150 usuarios, cuenta con una junta directiva constituida y se está a la espera de la resolución, por parte del MINSA.

Tabla 3- Junta directiva de la comunidad de El Limón:

Cargo	Nombre	Sexo
Presidente	Olegario Cedeño	Masculino
Vice Presidente	Edwin Almanza	Masculino
Secretario	Linaida Carrión	Masculino
Tesorero	Olegario Hernández	Masculino
Fiscal	Nicolás Hernández	Masculino
Vocal	Oliberto Troya	Masculino
Vocal	Jesús Hernández	Masculino
Operador del sistema	Luis Cevallos	Masculino

Fuente: Base de actores de la cuenca de río Indio 2018

4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de las tareas del Proyecto estudio, diseño y construcción de las mejoras de dos acueductos rurales en la cuenca de río Indio, se hizo un levantamiento del estado inicial de las infraestructuras, así como de su operación; también, se registraron las principales limitaciones de infraestructura encontradas en los sistemas y las alternativas empleadas, a través de cálculos, análisis y diseños establecidos, para realizar posteriormente las actividades de mejoramiento, construcción y mantenimiento de las mejoras que se realizaron.

4.1. Condiciones iniciales del sistema de acueducto en Tres Hermanas

El sistema de acueducto rural en la Comunidad de Tres hermanas, se divide en dos sistemas independientes que atienden a tres sectores de la comunidad. La condición inicial de cada sistema, se describe de la siguiente manera:

4.1.1. Sector la Conga Abajo – Tres Hermanas Centro

El sistema de acueducto rural para los sectores de la Conga Abajo y Tres Hermanas Centro, se abastecía de dos ojos de agua o manantiales.

Primera captación de manantial

El agua del primer manantial, era captada en una caja de bloques de hormigón repellido en ambas caras, con una dimensión de 0.80 metros de largo por 0.80 metros de ancho y 0.60 metros de profundidad. La misma, contaba con una tapa de hormigón de 0.05 metros de espesor, con ruptura en uno de sus lados, a causa de deslizamiento de tierra; esto, permitía que entrasen hojas, ramas pequeñas e insectos, que pudieran afectar la calidad del agua captada. En mediciones realizadas con GPS, las coordenadas registradas fueron N: 986091.012 y E: 596286.688, a una elevación de 136 metros sobre el nivel del mar.

De la caja de captación, salían dos tuberías de PVC de 2 pulgadas, cada una con su válvula de PVC de 2 pulgadas, una ubicada a ras del suelo, para sacar el agua después de realizar la limpieza y la otra a unos 0.10 cm del piso, para transportar el agua sedimentada a través de la línea de conducción, a los tanques de almacenamiento.

Cabe resaltar que dicha caja de captación, se encontró en una pendiente pronunciada e inestable que impedía la construcción de nuevas galerías.



Figura 1- Vistas de condiciones iniciales de captación 1- Sector Tres Hermanas Centro y La Conga Abajo

Segunda captación de manantial

El agua del segundo manantial, era captado en una caja de bloques de hormigón repellado en ambas caras, con una dimensión de 1.20 metros de largo por 0.80 metros de ancho y 0.60 metros de profundidad, con una capacidad de almacenamiento mayor, en comparación a la caja anterior. Esta captación contaba con tres tapas de aproximadamente 0.05 metros de espesor, donde se apreciaba el desgaste del hormigón. Además, se encontraba cubierta de rastros, maleza y moho. En mediciones realizadas con GPS, las coordenadas registradas fueron N: 986074.722 E: 596318.278, a una elevación de 136 metros sobre el nivel del mar.

De la caja de captación, salían dos tuberías de PVC de 1 pulgadas, cada una con su válvula de PVC del mismo diámetro, una ubicada a ras del suelo, para sacar el agua después de realizar la limpieza y la otra a unos 0.15 metros del piso, para transportar el agua sedimentada a través de la línea de conducción, a los tanques de almacenamiento.

Cabe resaltar que dicha caja de captación, se encontró en una pendiente pronunciada e inestable, que impedía la construcción de nuevas galerías.



Figura 2- Vistas de condiciones iniciales de captación 2- Sector Tres Hermanas Centro y La Conga
Abajo

Tubería de conducción:

Se identificó que el agua captada y sedimentada de ambas fuentes, se unía a una tubería de conducción de PVC de 2 pulgadas que abastece los tanques de almacenamiento.

En el alineamiento de la tubería de conducción, se encontraron tramos apoyados en unas bases de piedras sueltas, mientras que en otros no contaban con base de apoyo, presentando ondulaciones. Por otro lado, se visualizaron tramos cristalizados a causa de su exposición a diferentes condiciones ambientales, típicas de la zona.

Tanques de almacenamiento

El sistema contaba con dos tanques de almacenamiento de bloques de hormigón rellenos de concreto y reforzado con barras de acero corrugado. Los mismos se abastecían de las dos captaciones antes descritas, a través de la tubería de conducción, que dividía por medio de una T de PVC de 2 pulgadas, en dos tuberías de PVC de 2 pulgadas, que conducían el agua en cada uno de los tanques simultáneamente.

El tanque de almacenamiento del sector de Tres Hermanas Centro, contaba con dimensiones externas de 3.50 metros de largo por 3.50 metros de ancho y una altura de 1.90 metros, con una capacidad de almacenamiento aproximado de 7,000 galones. En mediciones realizadas con GPS, sus coordenadas registradas fueron N: 985763.49 E: 596218.25, a una elevación de 102.14 metros sobre el nivel del mar.

Por otro lado, se encontró con un alto estado de deterioro por falta de mantenimiento, sedimentos en su piso interior, maleza en sus alrededores, limo y moho en su parte externa e interna y repello deficiente. Además, contaba con dos tubos de PVC de 2 pulgadas, el primero ubicado al ras del piso, para sacar el agua al momento de su limpieza y el segundo estaba a 0.20 metros del piso, para la salida del agua a la red

de distribución; cada tubería tenía instalada una válvula de control de PVC. No tenía escalera, y utilizaban un tronco de madera para acceder a la parte superior del tanque y poder realizar el mantenimiento.

El tanque de almacenamiento del sector de La Conga Abajo, cuenta con dimensiones externas de 3.00 metros de largo por 3.00 metros de ancho y una altura de 1.90 metros, con una capacidad de almacenamiento aproximado de 5,000 galones. En mediciones realizadas con GPS, sus coordenadas registradas fueron de N: 985768.72, E: 596219.64, a una elevación de 102.61 metros sobre el nivel del mar.

Por otro lado, se encontró un alto estado de deterioro por falta de mantenimiento, sedimentos en su piso interior, maleza en sus alrededores, limo y moho en su parte externa e interna y repello deficiente. Además, contaba con dos tubos de PVC de 2 pulgadas, el primero ubicado al ras del piso, para sacar el agua al momento de su limpieza y el segundo estaba a 0.20 metros del piso, para la salida del agua a la red de distribución, cada tubería tenía instalada una válvula de control de PVC. No se contaba con escalera y se utilizaba un tronco de madera, para acceder a la parte superior del tanque.

Las válvulas antes mencionadas en ambos tanques, eran deficientes y muchas de ellas ausentes, tales como las válvulas de alimentación y salida. También, se observó la ausencia de las cajas de protección para las existentes.

Las tuberías de conexiones presentaban fugas, filtraciones, obstrucciones y cristalización, específicamente en las líneas de entrada, salida, limpieza y respiraderos.



Figura 3- Imagen de condición inicial de tanque de almacenamiento del sector Tres Hermanas Centro



Figura 4- Imagen de condición inicial de tanque de almacenamiento del sector La Conga Abajo

Cruce Aéreo Quebrada La Conga Abajo

Para distribuir el agua al sector de La Conga Abajo, la tubería de distribución debe cruzar una quebrada que tiene el mismo nombre del sector, este cruce tiene una longitud aproximada de 15 metros lineales.

La tubería del cruce aéreo, era sostenida con dos cuerdas de alambre de púas y amarrada a varios árboles del sitio, por lo que presentaba varias ondulaciones que ocasionaban roturas constantes y pérdidas de presión del agua en las viviendas.



Figura 5- Vistas de condiciones iniciales del cruce aéreo en la quebrada La Conga Abajo

4.1.2. Sector Barriada San Antonio

Captación

El sistema de acueducto rural del sector Barriada San Antonio, se abastecía de un ojo de agua o manantial, era captado por dos cajas de bloques de hormigón, repellados en ambas caras, con dimensiones de 0.60 metros largo por 0.60 metros de ancho para la primera caja y 0.60 metros largo por 0.60 metros de ancho para la segunda. Ambas cajas, contaban con una tapa de hormigón de 0.05 metros de espesor promedio, donde se apreciaba el desgaste del hormigón. En mediciones realizadas con GPS, sus coordenadas registradas fueron de N: 986091.012

E: 596286.688, a una elevación de 135.89 metros sobre el nivel del mar.

En las cajas de captación, se observó que las estructuras de concreto presentaban fallas y falencias en los requerimientos mínimos constructivos para un elemento estructural (cimentación, concreto, acero), carecían de repello en ambas caras, y aunado a ello, las tuberías y conexiones mostraron cristalización, ya que tampoco cumplen con los estándares mínimos en el calibre que se requiere para tuberías a la intemperie; muchas de las conexiones se encontraron con deficiencias en acoplamiento o uniones con material no aprobado (cinta adhesiva).

De las cajas de captación, salía una tubería de PVC de 2 pulgadas, ubicada a unos 0.10 metros del piso, para sacar el agua después de realizar la limpieza y para trasportar el agua sedimentada a través de la línea de conducción, a los tanques de almacenamiento. Esto implica que, por la misma tubería, se realizaban ambas actividades, sin ninguna válvula de control.



Figura 6- Vistas de condiciones iniciales de captación - Barriada San Antonio

Tanque de Almacenamiento Existente

El sistema cuenta con un tanque de almacenamiento de bloques de hormigón, rellenos de concreto, reforzado con barras de acero corrugado. El mismo se abastece de la captación antes descrita, a través de una tubería de conducción de PVC de 2 pulgadas. En mediciones realizadas con GPS, sus coordenadas registradas fueron N: 984509.00 E: 596340.500, a una elevación de 114.20 metros sobre el nivel del mar.

El tanque de almacenamiento, cuenta con dimensiones externas de 2.70 metros de largo por 2.70 metros de ancho y una altura de 1.90 metros, con una capacidad de almacenamiento aproximada de 4,000 galones. Por otro lado, se encontró un alto estado de deterioro por falta de mantenimiento, sedimentos en su piso interior, maleza en sus alrededores, limo y moho en su parte externa e interna y repello deficiente. Además, contaba con dos tubos de PVC de 2 pulgadas, el primero ubicado al ras del piso, para sacar el agua al momento de su limpieza y el segundo estaba a 0.20 metros del piso, para distribuir el agua sedimentada a la comunidad; cada tubería tenía instalada una válvula de control de PVC. También, contaba con una escalera de madera poco segura, para acceder a la parte superior del tanque.



Figura 7- Vistas de condiciones iniciales de tanque de almacenamiento - Barriada San Antonio

Cruce aéreo río Teriá

Las captaciones que abastecen los tres sectores antes descritos en la comunidad de Tres Hermanas, están ubicadas en la misma zona, las tres tuberías de distribución para poder llevar el agua a los sectores atraviesan un cruce aéreo sobre el río Teriá, por un tramo de 66 metros lineales aproximadamente.

Las tres (3) tuberías de distribución, se encontraron en un estado de cristalización, ya que estaban expuestas al sol; aunado a ello, se hallaron con maleza y suciedad en toda la superficie y su línea de recorrido presentaba ondulaciones. Por otro lado, se observaron tramos deteriorados en las juntas entre las tuberías, debido al rozamiento entre ellas, por falta de separación.

Los elementos estructurales que sirven de soporte de las tuberías, se hallaron en estado de deterioro, en ellos se encontraron fisuras, grietas y cambios en su condición física en la superficie del hormigón, a causa del desgaste frente a las acciones corrosivas ambientales. Por otro lado, se halló maleza y suciedad sobre toda la superficie de las estructuras.

Para sostener las tuberías, el cruce tenía un cable de acero de 3/8 pulgadas, anclado a las estructuras de hormigón ubicadas en ambos extremos del río. Las tres tuberías de distribución, se unían al cable de acero a través de estribos de acero corrugado de 1/2 pulgada. Tanto los estribos como el cable, estaban en estado de oxidación, debido a las acciones corrosivas ambientales.

Cabe resaltar, que no se halló ninguna caja para válvulas de control de las tres líneas; adicionalmente, no se observó en ninguno de los tramos, válvulas de expulsión de aire en el cruce.





Figura 8- Vistas condiciones iniciales cruce aéreo río Teriá

4.2. Condiciones iniciales del sistema de acueducto de El Limón

El sistema del acueducto rural, se abastecía de dos fuentes de agua, una es un ojo de agua o manantial y la otra es de agua superficial, en la quebrada El Tornito. Su condición inicial se describe de la siguiente manera:

Captación de manantial

El agua del primer manantial era captada en una caja de bloques de hormigón repellado en ambas caras, con una dimensión de 1.20 metros de largo por 1.00 metro de ancho y 1 metros de profundidad, con una tapa de 0.05 metros de espesor. Se pudo observar en la superficie maleza, moho y deterioro de repello, a causa del desgaste frente a las acciones corrosivas ambientales (humedad). Al momento en que se realizó el aforo del mismo, aportaba al sistema un caudal de 0.80 L/s. Además, mediciones con GPS, las coordenadas registradas fueron N: 995264.05 E: 591954.71, a una elevación de 90 metros sobre el nivel del mar.

Dentro de la caja de captación salía una tubería de PVC de 3 pulgadas, que se encontraba con suciedad y moho, ubicada a unos 0.10 metros del piso aproximadamente, y tenía la función de trasportar el agua sedimentada a través de la línea de conducción, al tanque de almacenamiento. Además, se utilizaba para sacar el agua de la caja, cuando se realizaba la limpieza.



Figura 9- Vistas de condiciones inicial de captación de manantial - El Limón

Captación superficial

El sistema del acueducto rural, contaba con una fuente alterna de agua superficial en la quebrada El Tornito, que solo la utilizaban en épocas de verano. La misma, era captada a través de un cajón de bloques de concreto sin repellar, con dimensiones de 1.00 metro de largo por 1.00 metro de ancho y 1.00 metro de profundidad. Por otro lado, no poseía tapa de concreto para su protección de rastrojos, sedimentos y deslaves que ocurren en época de invierno; solo contaba con una lámina de zinc oxidada que funcionaba como tapa. Al momento en que se realizó el aforo, la captación aportaba al sistema un caudal de 1.75 l/s. Además, en mediciones realizadas con GPS, las coordenadas registradas fueron N: 995226.2 y E: 591869.81, a una elevación de 75 metros sobre el nivel del mar.

Las dimensiones de la caja de captación, eran insuficientes para el caudal esta fuente, ya que se observó constantemente el desborde del agua por su dimensionamiento. Además, tenía grietas y filtraciones en las juntas entre los bloques, por ausencia de repello en las paredes internas y externas de la estructura.

El agua se captaba directamente de la quebrada, sin filtro, ya que no existía un sistema de filtración o depuración que garantizase la salubridad y calidad para el consumo humano. De la caja de captación, salía una tubería de PVC de 2 pulgadas, que temporalmente se conectaba al sistema manualmente (no existían válvulas de control), a través de una Y de PVC de 2 pulgadas, a la línea de distribución que salía del tanque de almacenamiento.



Figura 10- Vistas de condiciones iniciales de captación superficial en la quebrada El Tornito - El Limón

Tanque de Almacenamiento Existente

El sistema cuenta con un tanque de almacenamiento de bloques de hormigón, rellenos de concreto, reforzado con barras de acero corrugado. El mismo, se abastece de la captación del manantial antes descrita, a través de una tubería de conducción de PVC, que inicia de 3 y se reduce a 2 pulgadas. En mediciones realizadas con GPS, las coordenadas registradas fueron N: 995258.101 E: 591891.447, a una elevación de 82.198 metros sobre el nivel del mar.

El tanque de almacenamiento, cuenta con dimensiones externas de 2.80 metros de largo por 2.84 metros de ancho y una altura de 1.80 metros, con una capacidad de almacenamiento aproximada de 3,800 galones. Por otro lado, se encontró en condiciones aceptables, con pocos rastros de sedimentos en su piso interior, ni maleza en sus alrededores, o limo y moho en su parte externa y repello aceptable. Además, contaba con dos tubos de PVC de 2 pulgadas, el primero ubicado al ras del piso, para sacar el agua al momento de su limpieza y el segundo estaba a 0.20 metros del piso, para distribuir el agua sedimentada a la comunidad; cada tubería tenía instalada una válvula de control de PVC.



Figura 11- Vistas de condición inicial de tanque de almacenamiento - El Limón

Línea de distribución

En el recorrido realizado por la tubería de distribución, desde el tanque de almacenamiento hasta la comunidad, se observó que la tubería era de PVC de 2 pulgadas hasta llegar a la comunidad. La misma, en algunos tramos expuestos, presentaba cristalización, moho y pequeños orificios que los lugareños realizaban, para liberar el aire que podrían tener. En todo este recorrido, no se encontró válvulas de limpieza de acueducto, ni válvulas de expulsión de aire.

Dentro de la línea de distribución, se pudo observar 3 cruces de pequeñas quebradas de 16 metros lineales aproximadamente. Estos cruces, se encontraban en mal estado, las tuberías estaban amarradas con alambre de púas en arboles de los alrededores. Por otro lado, se identificó en la línea, un tramo de 130 metros lineales, donde por la topografía del lugar, la tubería caía 21 metros de profundidad, lo que provocaba pérdidas considerables de presión de agua, tomando en cuenta que el sistema era por gravedad.

En mediciones realizadas con GPS, las coordenadas registradas donde se ubicaron los tres cruces son:

N: 994398.817 E: 591229.502

N: 994391.62 E: 591210.18

N: 994997.971 E: 591728.58

Mientras que, el punto donde bajaba la presión, se ubicó en la siguiente coordenada:
N: 995227.03 E: 591790.65

4.3. Calidad del agua

Se realizaron las inspecciones a los 2 sistemas de acueductos rurales que abastecen de agua (parcial o total) a las comunidades de Tres Hermanas y El Limón, para lo cual se llevaron a cabo pruebas físico-químicas y bacteriológicas básicas (cualitativa), a muestras de agua tomadas en los tanques de almacenamiento de los sistemas.

Cabe destacar, que ninguna de los sistemas de acueducto, contaban con ningún tipo de tratamiento del agua. Los resultados obtenidos, fueron los siguientes:

Los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos consistieron en 5 parámetros: Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, pH, Cloro residual y Coliformes fecales. Para comparar los resultados, se usó como norma de referencia el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT-23-199 “Agua Potable” que define los límites máximos permisibles (LMP) para los sistemas de agua potable para el consumo humano. En cuanto a los resultados obtenidos de estos análisis, resaltamos:

- En cuanto a **sólidos totales disueltos**, la norma de referencia establece un LMP de 500 mg/L, observándose que los 2 sistemas reportaron valores inferiores a este LMP.
- En cuanto a **pH** (potencial de hidrógeno del agua), el rango permisible es entre 6,5 y 8,5 unidades de pH.

Tabla 4- Resultados de prueba de pH

Tanque almacenamiento	Resultado	Dentro de rango
Barriada San Antonio	7.50	x
La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro	7.40	x
El Limón de Chagres	6.50	x

Fuente: Elaboración por parte de Aguilar & Asociados de acuerdo con el levantamiento de información en campo.

- En cuanto a **cloro residual**, el rango permisible es entre 0.8 – 1.5 mg/L. Ningún sistema reflejó presencia de cloro residual en el tanque de almacenamiento en los rangos de potabilidad.
- En cuanto a **coliformes fecales** la norma establece cero UFC/100mL. La prueba cualitativa (presencia positiva o negativa) reportó 2 casos (muestra tomada en el tanque de agua) con presencia de coliformes fecales y 2 sin su presencia.

Tabla 5-Resultados de prueba de presencia de coliformes fecales

Comunidades	Positivo	Negativo
El Limón de Chagres	X	-
San Antonio de Tres Hermanas	X	-
Conga Abajo	-	X
Tres Hermanas Centro	-	X

Fuente: Elaboración por parte de Aguilar & Asociados de acuerdo con el levantamiento de información en campo.

La calidad del agua impacta directamente en la salud de los pobladores de estas comunidades, para lo cual deben realizarse campañas de concientización en cuanto al cuidado de las fuentes y las infraestructuras, así como la necesidad de realizar un apropiado tratamiento (cloración) que debe tener su sistema. Debe explicárseles las ventajas que esto conlleva y que la erogación mensual para dicho fin es menor en comparación a la situación en que tengan que acudir a un centro hospitalario por alguna enfermedad relacionada al consumo del agua.

4.4. Identificación de actividades de mejoras por desarrollar

Dentro de las necesidades de mejoramiento de los sistemas en cada comunidad, se determinaron las actividades listadas a continuación:

Diseño y construcción en Tres Hermanas

- Levantamiento topográfico del sistema de abastecimiento de agua.
- Diseño y construcción de cruces aéreos, utilizando como referencia los detalles constructivos del MINSA que se encuentran en el **Anexo B**.
- Diseño y construcción de ampliación de la captación del sector de La Conga Abajo, mediante una nueva galería de infiltración (tipo cajón), a un lado de la captación existente.
- Construcción e instalación de cajas de válvulas de control, limpieza y expulsión de aire.
- Instalación de nuevo sistema de cloración para tanque de almacenamiento existente a base de pastillas de cloro, de acuerdo al detalle típico del MINSA, que se encuentra en el **Anexo B**.

Mantenimiento en captaciones de Tres Hermanas

- Limpieza interna y externa de los cajones.
- Resane e impermeabilización de las paredes internas de cada cajón.
- Repello de las paredes exteriores de cada Cajón.
- Levantamiento de cordón de concreto de al menos 4 pulgadas de alto que evite la entrada de sedimentos y lodo en cada cajón.
- Construcción de tapas de concreto para cada cajón, utilizando como referencia los planos típicos para caja de válvulas del Ministerio de Salud (MINSA) **Anexo B**.

Mantenimiento en tanques de almacenamiento de Tres Hermanas

- Limpieza de las paredes internas y externas de los tanques.
- Resane e impermeabilización de las paredes internas de los tanques.
- Repello de las paredes exteriores de los tanques.
- Aplicación de pintura.
- Suministro e instalación de escalera metálica según diseño aprobado, para cada tanque.
- Prueba de estanqueidad y proceso de desinfección.

Reemplazo de tuberías en Tres Hermanas

Consiste en el reemplazo de tuberías de 2 pulgadas de diámetro de PVC, en puntos de las líneas de aducción y conducción que presenten fugas, roturas o cristalización.

Diseño y construcción en El Limón

- Levantamiento topográfico del sistema de abastecimiento de agua.
- Diseño y construcción de cruces aéreos, utilizando como referencia los detalles constructivos del MINSA que se encuentran en el **Anexo B**.
- Diseño y construcción de ampliación de captaciones existentes, de acuerdo al detalle típico del MINSA que se encuentran en el **Anexo B**.
- Diseño y construcción de nuevo tanque de almacenamiento.

- Construcción e instalación de cajas de válvulas de control, limpieza y expulsión de aire.
- Instalación de nuevo sistema de cloración para tanque de almacenamiento existente a base de pastillas de cloro, de acuerdo al detalle típico del MINSA que se encuentra en el **Anexo B**

Mantenimiento en captación superficial en El Limón

- Limpieza interna y externa del cajón.
- Resane e impermeabilización de las paredes internas del cajón.
- Repello de las paredes exteriores del cajón.
- Instalación de nuevo filtro lento en la captación existente.
- Construcción / Colocación de nueva tapa para el cajón de captación.

Mantenimiento en captación del ojo de agua o manantial en El Limón

- Limpieza interna y externa del cajón.
- Resane e impermeabilización de las paredes internas del cajón.
- Repello de las paredes exteriores del cajón.

Mantenimiento de tanque de almacenamiento existente en El Limón

- Limpieza de las paredes internas y externas del tanque.
- Resane e impermeabilización de las paredes internas del tanque.
- Repello de las paredes exteriores del tanque.
- Aplicación de pintura.
- Prueba de estanqueidad y proceso de desinfección.

Reemplazo de tuberías en la comunidad de El Limón

Consiste en el reemplazo de tuberías de 2 pulgadas de diámetro de PVC, en puntos de las líneas de aducción y conducción que presenten fugas, roturas o cristalización.

4.5. Análisis y diseño de mejoras a los sistemas de acueductos

En esta sección, se describen los análisis y cálculos necesarios para realizar los diseños de las mejoras a los acueductos de Tres Hermanas y El Limón, según fueron construidas.

4.5.1. Cálculos estructurales e hidráulicos - comunidad de Tres Hermanas

- Conformación de memoria técnica de cálculos hidráulicos para el diseño del proyecto: Estudio, diseño y construcción de las mejoras del acueducto de Tres Hermanas Centro, La Conga Abajo y Barriada San Antonio. La memoria se puede apreciar en el **Anexo C**.
- Conformación de memoria técnica de diseño, para la ampliación de la captación del sector de la Barriada San Antonio, mediante una nueva galería de infiltración (tipo cajón), la cual se ubicó al lado de la captación existente. La memoria técnica se puede apreciar en el **Anexo D**.
- Conformación de memoria técnica de diseño, para el cruce aéreo en quebrada La Conga Abajo, utilizando como referencia los detalles constructivos del MINSA (**Anexo B**). La memoria se encuentra descrita en el **Anexo E**.

- Conformación de memorias técnicas de diseños de cajas para válvulas de control y limpieza, utilizada en ambos sistemas. Además de la sustentación del uso de válvulas de expulsión de aire. Las memorias se encuentran descritas en el **Anexo F**.

4.5.2. Cálculos estructurales e hidráulicos - comunidad de El Limón

Se realizaron las siguientes actividades:

- Conformación de memoria técnica de cálculos hidráulicos para el diseño del proyecto: Estudio, diseño y construcción de las mejoras del acueducto de El Limón. La memoria se puede apreciar en el **Anexo J**.
- Conformación de memoria técnica de diseño, para la ampliación de la captación superficial de la quebrada Tornito mediante un filtro lento. Para el diseño de este nuevo filtro lento, se utilizó de referencia el detalle típico del MINSA (**Anexo B**). La memoria técnica se encontrara en el **Anexo K**.
- Conformación de memoria técnica de diseño, para cuatro nuevos cruces aéreos de tubería, los cuales reemplazarán los cruces artesanales existentes a lo largo de la línea de distribución, utilizando como referencia los detalles constructivos del MINSA (**Anexo B**). La memoria se encuentra descrita en el **Anexo L**.
- Conformación de memoria técnica, para nuevo tanque de almacenamiento de concreto de 5000 galones, utilizando como referencia los detalles constructivos del MINSA (**Anexo B**). La memoria se encuentra descrita en el **Anexo O**.
- Conformación de memorias técnicas de diseños de cajas para válvulas de control y limpieza. Además, de la sustentación del uso de válvulas de expulsión de aire. Las memorias se encuentran descritas en el **Anexo M**.

4.5.3. Diseños finales

Una vez realizados los recorridos, modelaciones hidráulicas y calculo estructurales en los dos sistemas de abastecimiento de agua de los sectores de La Conga Abajo – Tres Hermanas Centro, Barriada San Antonio y El Limón, se procedió a realizar los planos para su construcción, basados en los datos del Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIASAR) y los planos de referencia del MINSA descritos en el Anexo, los cuales fueron la base para el diseño de las mejoras.

Como parte de los diseños, se podrá observar:

- Lineamiento de tuberías de conducción y distribución principal.
- Ubicación de estructuras que componen el acueducto.
- Dimensiones y especificaciones de las estructuras construidas.

Los mismos se pueden apreciar en el **Anexo G** para la comunidad de Tres Hermanas y **Anexo N** para la comunidad del El Limón.

5. RESULTADOS DE IMPLEMENTACION DE MEJORAS

Luego de realizar los estudios de las condiciones iniciales, análisis, cálculos y diseños de las mejoras a los sistemas de abastecimiento de agua, se procedió a desarrollar las actividades de construcción de nuevas infraestructuras y actividades de mantenimiento y reparación de las estructuras existentes.

Los trabajos prácticos del proyecto, se realizaron basados en el análisis, cálculos y diseños establecidos previamente. Los mismos se estuvieron revisando en recorridos de inspección entre los ingenieros responsables y miembros de la JAAR de cada comunidad.

5.1. Actividades desarrolladas en los sectores de la Conga Abajo y Tres Hermanas Centro, comunidad de Tres Hermanas

El sistema de acueducto rural para los sectores de La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro, se abastece de dos ojos de agua o manantiales que se unen en una tubería de conducción hasta los tanques de almacenamiento; las mejoras realizadas se hicieron en los siguientes componentes:

5.1.1. Primera captación de manantial

Los trabajos de mejoras realizados en esta captación fueron:

- **Limpieza del filtro de piedra:** Este filtro de piedra está ubicado en la parte posterior de la caja de captación, tenía como función filtrar el agua proveniente del manantial, antes de entrar a la caja de captación. Al realizar esta limpieza, aumentó considerablemente el caudal de captación inicial de 5.90 g/min (valor promedio) a 10 gal/min, debido que se removieron todas las piedras, realizando la extracción de todo el sedimento retenido en el filtro.

Una vez terminada esta actividad, quedó el espacio suficiente para que aumentase el caudal de entrada de agua al sistema. La medición de aforo realizada se describe en el **Anexo H**.

- **Repello e impermeabilización:** Se realizó limpieza general de la caja, quitando toda suciedad y moho, luego se realizó el repello de las paredes internas y externas de la caja de captación, con una mezcla de cemento, arena, agua y aditivo impermeabilizante líquido.
- **Reemplazo de tubería e Instalación de válvulas de control:** Se instalaron dos válvulas de bronce de 2 pulgadas, en las tuberías de limpieza y de conducción.

- **Contruccion de tapa de cajon :** Se construyó una tapa de hormigon reforzado con acero corrugado de ½ pulgada y espesor de 0.05 metros.



Figuran 12- Vistas de captación de manantial 1 mejorada - Tres Hermanas y La Conga Abajo

5.1.2. Segunda captación de manantial

A la segunda caja de captación, se le realizaron las siguientes actividades de mantenimiento y reparación:

- **Limpieza del filtro de piedra:** Igual que a la captación anterior, se realizó limpieza del filtro de ubicado en la parte posterior de la caja de captación, el mismo tenía la función de filtrar el agua proveniente del manantial, antes de entrar a la caja de captación. Al realizar esta limpieza, aumentó considerablemente el caudal de captación inicial de 5.90 g/min (valor promedio) a 11.90 gal/min, debido que se removieron todas las piedras, realizando la extracción de todo el sedimento retenido en el filtro. Una vez terminada esta actividad, quedó el espacio suficiente para que aumentase el caudal de entrada de agua al sistema. La medición de aforo realizada se describe en el **Anexo H**.
- **Repello e impermeabilización:** Se realizó limpieza general de la caja, quitando toda suciedad y moho, luego se realizó el repello de las paredes internas y externas de la caja de captación, con una mezcla de cemento, arena, agua y aditivo impermeabilizante líquido.
- **Remplazo de tubería e Instalación de válvulas de control:** Se reemplazaron 9 metros lineales de tubería existe de PVC SDR-26 de 2 pulgadas, que forma parte de la tubería de conducción hacia los tanques de almacenamiento. Tambien, se le construyeron bases de concreto anclado, con unas abrazaderas como apoyo, para obtener mayor eficiencia en el ángulo de pendiente de la tubería. Además, se instalaron dos válvulas de bronce de 2 pulgadas, en las tuberías de limpieza y de conducción.

- **Contruccion de tapa de cajon :** Se construyeron tres nuevas tapas de hormigon reforzado con acero corrugado de ½ pulgada y espesor de 0.05 metros.



Figura 13- Vistas de caja de segunda captación mejorada - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro



Figura 14- Nuevo tramo de tubería de conducción con soportes - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro

5.1.3. Tanque de Almacenamiento

Las actividades de mejoras y construcciones realizadas a los tanques de almacenamiento, se describen de la siguiente manera:

- **Limpieza general:** Se realizó la limpieza interna y externa de los tanques de almacenamiento, mediante la remoción de la pintura existente, quitando todo el moho y suciedad existente, dejando la superficie completamente limpia.
- **Repello interno y externo:** Una vez removida la pintura vieja y toda suciedad que tenía el tanque, se procedió al repello interno y externo de todas las paredes, incluyendo el piso y losa superior. La mezcla de repello se realizó con cemento, arena, agua y aditivo líquido impermeabilizante.

- **Pintura de la parte externa de color blanco:** Cada uno de los tanques después de ser repellados, se lo aplicó una capa de base blanca y luego dos capas de pintura del mismo color, en toda la parte exterior incluyendo la losa superior y tapa.
- **Instalación de escalera de metal para cada tanque:** Se instaló una escalera de metal para cada uno de los tanques, con el fin de poder acceder de manera segura a la parte inferior. Las escaleras se construyeron de acero de ½ pulgada de acero corrugado, se les aplicó pintura anticorrosiva de color gris, quedando ancladas a una de las caras de cada tanque.
- **Construcción de cajas de válvulas de control:** En el área donde se ubican los tanques, se construyeron un total de cuatro cajas para válvulas de control y limpieza, cada caja se construyó con bloques de concreto de 4 pulgadas, repelladas en ambas caras con una mezcla de cemento, arena y agua. Además, se construyó una tapa de hormigón reforzado con acero corrugado de ½ pulgada, para cada caja. En cada una, se instalaron las válvulas de control y limpieza correspondientes. Por otro lado, en la tubería de salida hacia la comunidad de cada tanque, se instaló un filtro de maya, para reducir la cantidad de sedimentos en el agua.
- **Construcción de caja e Instalación de clorinador:** Antes de cada tanque de almacenamiento, se construyó una caja de 1.00 metro por 1.00 metro, de bloques de 4 pulgadas, para la colocación del clorinador. Esta caja fue repellada en ambas caras, con una mezcla de cemento, arena y aditivo líquido impermeabilizante. Además, se construyó una tapa para cada caja, de hormigón reforzado con acero corrugado de ½ pulgada con un espesor de 0.05 pulgadas. Dentro de cada caja, se instaló un clorinador de pastillas, el cual tiene la función de desinfectar el agua que se obtiene de las fuentes de manantiales u ojo de agua.
- **Se realizó prueba de estanquidad. Ver Adjunto I**



Figura 15- Vistas de los tanques de almacenamiento mejorados - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro



Figura 16- Vistas de cajas de válvulas con sus tapas, válvulas y filtro - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro



Figura 17- Caja y clorinador nuevo - La Conga Abajo y Tres Hermanas Centro

5.1.4. Construcción de nuevo cruce aéreo de la quebrada La Conga Abajo

La estructura consistió en dos soportes tubulares en forma de “H”, en perfiles de acero galvanizado cuadrado de 4 pulgadas por 4 pulgadas, calibre de ¼ pulgada, con cámara de anclaje en ambas márgenes del río, por medio de cimientos, a una distancia de aproximadamente 15 metros. Se sustituyeron 9 metros de longitud en tubería de PVC de 1 pulgada.

Se colocó un cable de acero de ½ pulgada, para sostener la tubería mediante soportes metálicos espaciados. El cable de acero fue tensado para dar mayor rigidez y soporte a la tubería.

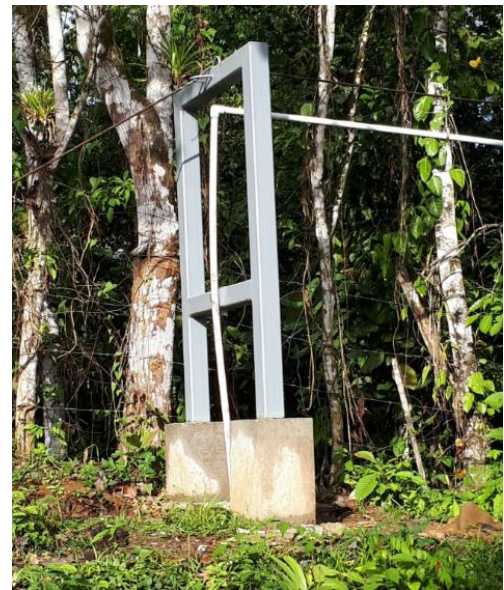


Figura 18- Vistas de nuevo cruce Aéreo de quebrada La Conga Abajo

5.2. Actividades desarrolladas en el sector Barriada San Antonio, comunidad de Tres Hermanas

El sistema del acueducto rural para el sector de la Barriada San Antonio, se abastece de un ojo de agua o manantiales, el mismo es captado por dos cajones de bloques

de hormigón que se unen en una tubería de conducción hasta los tanques de almacenamiento.

5.2.1. Captación

Las actividades realizadas para el mejoramiento de las cajas de captación, se describen de la siguiente manera:

- **Limpieza de cajones existente:** Se realizó la limpieza interna y externa de los dos cajones de captación existentes, mediante la extracción del moho y suciedad existente, dejando la superficie completamente limpia.
- **Repello e impermeabilización:** Una vez limpia la superficie, se realizó el repello de las paredes internas y externas de las cajas de captación existentes, con una mezcla de cemento, arena, agua y aditivo impermeabilizante líquido.
- **Instalación de válvulas de control:** Se instalaron tres válvulas de bronce de 2 pulgadas, dos en las tuberías de limpieza y una en la de conducción.
- **Construcción de tapas de cajón:** Se construyeron dos nuevas tapas de hormigón reforzado con acero corrugado de $\frac{1}{2}$ pulgada y espesor de 0.05 metros.
- **Construcción de nueva galería de infiltración:** Se construyó una nueva caja de 0.60 metros de largo por 0.60 metros de ancho y 0.60 metros de profundidad, con bloques de 4 pulgadas, repellada interna y externamente con una mezcla de cemento, agua, arena y aditivo líquido impermeabilizante. También, se construyó una tapa de hormigón reforzado con acero corrugado de $\frac{1}{2}$ pulgada, de 0.05 metros de espesor.

Se le colocó a la caja, dos tuberías de PVC de 2 pulgadas perforadas, ubicadas a unos 0.15 metros del piso, que tienen como función transportar el agua de la caja y unirse a una tubería de conducción de PVC de 2 pulgadas, que recolecta el agua de las tres cajas y la conduce al tanque de almacenamiento. La otra tubería, se colocó para sacar el agua al momento que se realice la limpieza y se le instaló una válvula de control de bronce de 2 pulgadas.



Figura 19- Cajas de captación mejoradas - La Barriada San Antonio

5.2.2. Tanque de Almacenamiento

Las actividades de mejoras y construcciones realizadas a los tanques de almacenamiento, se describen de la siguiente manera:

- **Limpieza general:** Se realizó la limpieza interna y externa del tanque de almacenamiento, mediante la remoción de la pintura existente, quitando todo el moho y suciedad, dejando la superficie completamente limpia.
- **Repello interno y externo:** Una vez removida la pintura vieja y toda suciedad que tenía el tanque, se procedió al repello interno y externo de todas las paredes, incluyendo el piso y losa superior. La mezcla de repello se realizó con cemento, arena, agua y aditivo líquido impermeabilizante.
- **Pintura de la parte externa de color blanco:** Después de ser repellado, se lo aplicó una capa de base blanca y luego dos capas de pintura del mismo color, en toda la parte externa del tanque, incluyendo la losa superior y la tapa.
- **Instalación de escalera:** Se instaló una escalera de metal, con el fin de poder acceder de manera segura a la parte inferior. Las escaleras se construyeron de acero de $\frac{1}{2}$ pulgada de acero corrugado, donde se le aplicó pintura anticorrosiva de color gris, quedando anclada a una de las caras del tanque.
- **Construcción de cajas de válvulas de control:** Se construyeron 2 cajas de válvulas para válvulas de control y limpieza, cada caja se construyó con bloques de hormigón de 4 pulgadas, repelladas en ambas caras con una mezcla de cemento, arena y agua. Además, se construyó una tapa de hormigón reforzado con acero corrugado de $\frac{1}{2}$ pulgada, para cada caja. En cada una, se instalaron las válvulas de control y limpieza correspondientes. Por otro lado, en la tubería de salida hacia la comunidad, se instaló un filtro de maya, para reducir la cantidad de sedimentos en el agua.
- **Se realizó prueba de estanquidad. Ver Anexo I**



Figura 20- Vistas de tanque de almacenamiento mejorado - Barriada San Antonio



Figura 21- Cajas de válvulas con su tapa, válvulas y filtro - Barriada San Antonio



Figura 22- Caja y clorinador nuevo - Barriada San Antonio

5.3. Mejoras al cruce aéreo - río Teriá, comunidad de Tres Hermanas

Se realizaron las reparaciones, saneamiento y cambios necesarios para la estructura del cruce aéreo, el cual conecta las tuberías de distribución de los sistemas descritos de los sectores de Tres Hermanas (La Conga Abajo, Tres Hermanas Centro y Barriada San Antonio); las actividades realizadas fueron:

- **Limpieza general:** Se realizó la limpieza de toda maleza, moho y suciedad de las estructuras de hormigón.
- **Repello y resane de las estructuras de hormigón:** Una vez realizada la limpieza, se procedió a repellar y resanar las bases de hormigón del cruce aéreo; el mismo se realizó con una mezcla de cemento, agua y arena.
- **Cambio de cable de acero y soportes de las tuberías:** Debido al mal estado del cable de acero existente, se realizó el cambio del mismo por uno nuevo, el cual fue trenzado y asegurado, para dar mayor rigidez y soporte a las tuberías.

También, se cambiaron los soportes de las tuberías, los cuales cuentan con unos separadores que evitan el roce entre ellas.

- **Cambio de las tuberías de distribución de PVC de 2 pulgadas de cada sector:** Se sustituyeron 72 metros lineales de tubería, que van a la Barriada San Antonio, 68 metros lineales de tubería que van a Tres Hermanas Centro y 72 metros lineales de tubería que van a La Conga Abajo. Además, debido a el golpe de presión que provocaba rupturas en la entrada al cruce de la línea de distribución, que va hacia la Barriada San Antonio, se cambiaron 4 metros lineales de tubería de PVC de 2 pulgadas, a tubería de cobre, con el mismo diámetro.
- **Construcción de caja e Instalación de válvulas de control de flujo:** En dirección del flujo del agua, antes del cruce aéreo, se construyó una caja con bloques de hormigón de 4 pulgadas, de 1.00 metros de largo por 1.00 de ancho y 0.70 metros de espesor. Dentro de la caja, se instalaron tres válvulas de control de bronce de 2 pulgadas, en cada una de las tuberías de distribución.



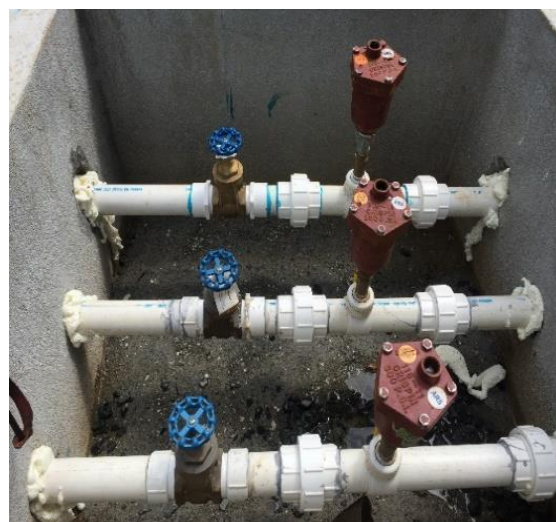


Figura 23- Vistas de cruce aéreo sobre río Teriá mejorado

5.4. Construcción de cajas e instalación de válvulas de limpieza y expulsión de aire - comunidad de Tres Hermanas.

Basados en las sustentaciones de ubicación de válvulas de limpieza y expulsión de aire descritas en el **Anexo F**, se procedió a la construcción de cajas e instalación de válvulas, según diseños descritos en el **Anexo G**, en los siguientes puntos:

Tabla 6- Sector Tres Hermanas

Descripción	Diámetro	Progresiva
Válvula de limpieza	2 Pulgada	0+633
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+026
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+494
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+900

Fuente: Contrato CMCA-399500

Tabla 7- Sector La Conga Abajo

Tipo de válvula	Diámetro	Progresiva
Válvula de limpieza	2 Pulgada	0+636
Válvula de limpieza	2 Pulgada	1+300
Válvula de limpieza	2 Pulgada	2+300
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+026
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+400
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	1+000
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	2+000
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	2+600

Fuente: Contrato CMCA-399500

Tabla 8-Sector Barriada San Antonio

Tipo de válvula	Diámetro	Progresiva
Válvula de limpieza	2 Pulgada	0+646
Válvula de limpieza	2 Pulgada	0+940

Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+061
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+507
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	1+000
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	1+480

Fuente: Contrato CMCA-399500



Figura 24- Vistas de cajas de válvulas de Limpieza



Figura 25- Vistas de cajas de válvulas de expulsión de aire

5.5. Actividades desarrolladas en la comunidad de El Limón

El sistema del acueducto rural para la comunidad de El Limón, se abastece de dos tomas de agua, un ojo de agua o manantiales y una captación superficial de la quebrada El Tornito, que se unen en una tubería de conducción, aguas debajo de los tanques de almacenamiento. Las actividades realizadas para el mejoramiento del sistema, se describen de la siguiente manera:

5.5.1. Captación de ojo de agua o manantial

A la primera caja de captación, se le realizaron las siguientes actividades de mantenimiento:

- **Limpieza de cajón existente:** Se realizó la limpieza interna y externa de cajón de captación y sus alrededores.
- **Repello e impermeabilización:** Se realizó el repello de las paredes internas y externas de la caja de captación, con una mezcla de cemento, arena, agua y aditivo impermeabilizante líquido.
- **Reemplazo de tubería e Instalación de válvulas de control:** Se instalaron dos válvulas de bronce de 2 pulgadas, en las tuberías de limpieza y de conducción.
- **Pintura externa:** Una vez el cajón estaba limpio y repellido, se procedió a pintar la parte externa, con pintura de color blanco.
- **Contruccion de tapa de cajon :** Se construyeron tres nuevas tapas de hormigon reforzado con acero corrugado de ½ pulgada y espesor de 0.05 metros.



Figura 26- Captación de manantial mejorada - El Limón

5.5.2. Captación superficial- Quebrada El Tornito

Se realizó la construcción de una nueva estructura denominada cámara de captación y con ella ampliar la existente, la cual no contaba con la capacidad de almacenamiento suficiente para captar el agua que corre por la quebrada

La estructura se construyó con un muro de contención en la cara frontal, de 2.60 metros de largo por 1.90 metros de ancho, donde en la parte posterior, se construyó un cajón de 2.50 metros de largo por 2.00 metros y 1.26 metros de profundidad. Este cajón tiene la función de recibir el agua cruda proveniente de la quebrada y filtrarla a través de un relleno de piedras descrito en el **Anexo K**.

Tanto el muro como el cajón de captación, están contruidos con bloques de hormigón de 4 pulgadas y repellados en ambas caras con una mezcla de cemento, arena, agua y aditivo líquido impermeabilizante. Además, en parte trasera del cajón, que es donde se tiene el contacto con la quebrada, se colocaron 12 tuberías perforadas de 2 pulgadas, cubiertas con un relleno de piedras, para que entre el agua a la caja de captación.

Para garantizar la entrada del agua a la caja de filtración, tanto en invierno como en verano, se realizó la construcción de dos pequeños muros laterales con bloques de hormigos de 4 pulgadas, repellados en ambas caras, con un mezcla de agua, cemento, arena y aditivo líquido impermeabilizante, con unos 0.20 metros de altura aproximadamente. Estos muros, se constituyen en una pequeña represa, garantizando que el área donde se encuentran las tuberías perforadas, siempre este llena de agua. Además, se le colocaron pequeños tramos de tubería de 2 pulgadas, para que pase el agua que no entra a la caja de captación. Por otro lado, se construyó una canal de hormigón de 0.07 metros de espesor, que mejora la pendiente de entrada del agua a la caja de captación.

Debido a la corta distancia y poca diferencia de altura entre la captación nueva y el tanque de almacenamiento nuevo, se construyó un cruce aéreo, anclado a ambas estructuras, que sostiene 12 metros lineales de tubería de PVC de 2 pulgadas, a través de un cable de acero de ½ pulgarada. También, debido a la situación antes descrita, en el área frontal de la caja de captación, se construye una caja con dimensiones descritas en el **Anexo N**. Dentro de la caja se instalaron las válvulas de control, válvula de limpieza, clorinador y filtro de malla.



Figura 27- Entrada de agua a captación superficial - El Limón



Figura 28- Nueva captación superficial - El Limón



Figura 29- Vista de tuberías perforadas y muro laterales-El Limón



Figura 30- Caja donde está instalado el clorinador, válvulas de control de flujo, válvula de limpieza y filtro de malla – El Limón



Figura 32- Cruce área de tubería de conducción - El Limón



Figura 31- Canal de captación superficial - El Limón

5.5.3. Tanques de almacenamiento

Las actividades de mejoras y construcción realizadas a los tanques de almacenamiento, se describen de la siguiente manera:

- **Tanque de almacenamiento existente, limpieza general:** Se realizó la limpieza interna y externa de los tanques de almacenamiento, mediante la remoción de la pintura existente, quitando todo el moho y suciedad existente, dejando la superficie completamente limpia.
- **Repello interno y externo:** Una vez removida la pintura vieja y toda suciedad que tenía el tanque, se procedió al repello interno y externo de todas las

paredes, incluyendo el piso y losa superior. La mezcla de repello se realizó con cemento, arena, agua y aditivo líquido impermeabilizante.

- **Pintura de la parte externa de color blanco:** Cada uno de los tanques después de ser repellados, se lo aplicó una capa de base blanca y luego dos capas de pintura del mismo color, en toda la parte exterior, incluyendo la losa superior y tapa.
- **Construcción de cajas de válvulas de control y filtro de malla:** En la parte baja de la cara frontal del tanque de almacenamiento, se construyó una caja para válvulas de control y limpieza, con bloques de concreto de 4 pulgadas, repellada en ambas caras con una mezcla de cemento, arena y agua. Además, se construyó una tapa de hormigón reforzado con acero corrugado de $\frac{1}{2}$ pulgada. Dentro de la caja, se instalaron las válvulas de control y limpieza correspondientes. Por otro lado, en la tubería de salida hacia la comunidad, se instaló un filtro de malla, para disminuir la cantidad de sedimentos en el agua.
- **Construcción de caja e Instalación de clorinador:** Antes del tanque de almacenamiento, se construyó una caja de 1.00 metro por 1.00 metro, de bloques de 4 pulgada, para la colocación del clorinador. Esta caja fue repellada, en ambas caras, con una mezcla de cemento, arena y aditivo líquido impermeabilizante. Además, se construyó una tapa de hormigón reforzado con acero corrugado de $\frac{1}{2}$ pulgada, con un espesor de 0.05 pulgadas. Dentro de la caja, se instaló un clorinador de pastillas, el cual tiene la función de desinfectar el agua que se obtiene de la fuente de ojo de agua o manantial.



Figura 33- Vista de tanque de almacenamiento mejorado con su caja de válvula - El Limón



Figura 34- Vista de caja y clorinador - El Limón

- **Tanque de almacenamiento nuevo:** Dentro del sistema de abastecimiento de agua en El Limón, se construyó un nuevo tanque de almacenamiento con bloques de hormigón de 6 pulgadas, rellenos de hormigón y reforzado con acero corrugado de $\frac{3}{8}$ pulgadas. El mismo tiene una capacidad de 5000 galones con una geometría trapezoidal, debido al espacio reducido de la zona. Ver detalle en **Anexo N**.

Las actividades desarrolladas para la construcción del mismo fueron:

- Construcción de piso de hormigón de 0,10 m de espesor, reforzado con barras de acero corrugado de ½ pulgada en dos direcciones.
- Construcción de paredes de bloques de hormigón de 6 pulgadas reforzados con acero corrugado de 3/8 pulgadas, uno en cada celda de los bloques de la pared y colocando una barra del mismo calibre perimetralmente en cada hilada de bloque.
- Construcción de losa plana como techo de hormigón armado de 0.10 m de espesor, reforzada con barras de acero corrugado de ½ pulgadas en dos direcciones a 0.30 m de distancia. En la losa, se dejaron 2 aberturas para ingresar al interior del tanque para realizar los mantenimientos pertinentes.
- Repello en las paredes internas y externas con una mezcla de cemento, agua, arena y aditivo líquido impermeabilizante.
- Construcción de caja de bloques de 4 pulgadas de hormigón con su tapa de hormigón reforzado con acero corrugado de ½ pulgada. Dentro de la caja se instalaron las válvulas de control y limpieza.
- Colocación de aditivo líquido impermeabilizante, a todas las mezclas de hormigón realizadas en campo.





Figura 35- Visas de nuevo tanque de almacenamiento - El Limón

5.5.4. Cruces aéreos

Dentro de los sistemas se construyeron cuatro cruces aéreos nuevos, los cuales son:

- **Primer cruce:** Este cruce aéreo en particular no es un pase de quebrada, y se propuso para elevar la tubería y evitar la pérdida de energía que genera alteraciones en la presión, formando una barriga o concavidad, ocasionando bolsa de aire dentro de la red del acueducto.

Este tramo de al menos 90 metros lineales, se elevó 12 metros de altura; con esta construcción, se logró optimizar la operación del sistema en la línea de conducción, aumentando la presión en la red y el caudal circulante. Para este cruce aéreo se sustituyeron al menos 90 metros lineales de tubería PVC de 2 pulgada calibre SCH- 40-Estandar. Este cruce aéreo consiste en un soporte estructural de tipo tubular con tres tubos galvanizados de diámetro en el principal de 4 pulgadas, con dos puntos de apoyo de 3 pulgadas cada uno, rellenos todos de concreto en ambas márgenes del talud.





Figura 36- Vistas de primer cruce aéreo - El Limón

- **Segundo cruce:** Este cruce aéreo se construyó sobre una quebrada, consiste en un soporte estructural de tipo tubular con tres tubos galvanizados de diámetro en el principal de 3 pulgadas, con un punto de apoyo de 2 pulgadas cada uno, rellenos todos de concreto en ambas márgenes de la quebrada. Estas estructuras de soporte tubular, descansan sobre cimientos de concreto en ambos extremos de la quebrada. Se hizo un retiro del borde del terreno para la construcción del cruce en ambos extremos de 3.00 metros.

Se remplazaron 15 metros lineales de tubería sobre la quebrada y un metro adicional para el acoplamiento con la línea de existente de la red de distribución, con un total de 16 metros lineales de tubería PVC calibre SCH-40-Estandar de 2 pulgadas de diámetro.



Figura 37- Vistas del segundo cruce aéreo - El Limón

- **Tercer cruce:** Este cruce aéreo se construyó sobre una pequeña quebrada, utilizando las mismas dimensiones, materiales y método constructivos del cruce anteriormente descrito. Consiste en un soporte estructural de tipo tubular con tres tubos galvanizados de diámetro en el principal de 3 pulgadas, con un

punto de apoyo de 2 pulgadas cada uno, rellenos todos de concreto en ambos márgenes de la quebrada.

Se remplazaron 15 metros lineales de tubería sobre la quebrada y un metro adicional para el acoplamiento con la línea de existente de la red de distribución, con un total de 16 metros lineales de tubería PVC calibre SCH-40-Estandar de 2 pulgadas de diámetro.



Figura 38- Vista de tercer cruce aéreo - El Limón

- **Cuarto cruce:** Este cruce aereo está sobre una pequeña laguna que se forma en época de invierno, está anclado mediante una estructura tubular de diametro de 3 pulgadas en el principal y un punto de apoyo de 2 pulgadas en ambas margenes de la quebrada, por medio de cimientos; la distancia que se estableció fue de 16 metros de longitud, incluyendo el acoplamiento con la tuberia existente. Estas estructuras cuentan con un retiro del borde de 3.00 metros en ambos extremos.



Figura 39- Vista de cuarto cruce aéreo - El Limón

Tabla 9-Cuadro resumen de cruces aéreos

Descripción	Cota	Progresiva	Coordenadas UTM Margen derecha		Coordenadas UTM margen Izquierda	
	MSNM		N	E	N	E
Cruce No.1	48.00 a 40.00	0+230	995182	591752	995102	591738
Cruce aéreo sobre quebrada No.2	37.00 a 37.00	0+400	994948	591728	994992	591728
Cruce aéreo sobre quebrada No.3	15.33 a 15.33	1+570	994398	591229	994396	591223
Cruce aéreo sobre laguna No.4	15.00 a 15.33	1+600	994391	591210	994386	591196
Se sustituyó un total de 138 metros lineales de tuberías en el cruces aéreos dentro de la línea de distribución						

Fuente: Contrato CMCA-399500

5.5.5. Construcción e instalación de cajas de válvulas de limpieza y expulsión de aire

Basados en las sustentaciones de ubicación de válvulas de limpieza y expulsión de aire descritas en el **Anexo M**, se procedió a la construcción de cajas e instalación de válvulas según diseños descritos en el **Anexo N**, en los siguientes puntos

Tabla 10- Comunidad de El Limón- cuadro de válvulas

Descripción	Diámetro	Progresiva
Válvula de limpieza	2 Pulgada	0+460
Válvula de limpieza	2 Pulgada	1+520
Válvula de limpieza	2 Pulgada	1+780
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+000
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+075
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	0+944
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	1+358
Válvula de expulsión de Aire	1 Pulgada	1+877

Fuente: Contrato CMCA-399500



Figura 40-Vistas de cajas de válvulas de limpieza - El Limón



Figura 41- Vistas de cajas de válvulas de expulsión de aire - El Limón

Anexos

Anexo A- Localización geográfica de las comunidades de El Limón y Tres Hermanas.

Anexo B- Planos de acueductos rurales MINSA.

Anexo C- Memoria hidráulica del sistema de acueducto en Tres Hermanas.

Anexo D- Cálculo y diseño estructural de ampliación de cajón de captación en el sector Barriada San Antonio.

Anexo E- Cálculo estructural del cruce aéreo quebrada La Conga Abajo.

Anexo F- Cálculos estructurales y sustentación de cajas de válvulas de limpieza y expulsión de aire, en la comunidad de Tres Hermanas.

Anexo G- Planos Tres Hermanas.

Anexo H- Método volumétrico para aforos de las fuentes de agua en Tres Hermanas.

Anexo I- Prueba de estanquidad de tanques de almacenamiento comunidad de Tres Hermanas.

Anexo J- Memoria hidráulica del sistema de acueducto en El Limón.

Anexo K- Solución implementado en el sistema de acueducto de El Limón.

Anexo L- Cálculos estructurales de los cruces aéreos en El Limón.

Anexo M- Cálculos estructurales y sustentación de cajas de válvulas de limpieza y expulsión de aire, en El Limón.

Anexo N- Planos El Limón.

Anexo Ñ- Método volumétrico para aforos de las fuentes de agua en El Limón.

Anexo O- Cálculos estructurales de nuevo tanque de almacenamiento en El Limón.