

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE REDES DE CONDUCCIÓN Y  
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE SINCELEJO**

**ANIBAL JOSÉ GÓMEZ ARRIETA**

**CONVENIO DE COOPERACION  
UNIVERSIDAD DE SUCRE – AGUAS DE LA SABANA S.A. E.S.P.  
UNIVERSIDAD DE SUCRE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL  
SINCELEJO – SUCRE  
2007**

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE REDES DE CONDUCCIÓN Y  
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE SINCELEJO**

**ANIBAL JOSÉ GÓMEZ ARRIETA**

Proyecto de Grado para optar el título de  
Ingeniero Civil

**Coordinador pasantía AGUAS DE LA SABANA S.A. E.S.P.**

**DANIEL QUINTERO AMARILES**

**Ingeniero Civil – Director de Operaciones Técnicas**

**Director Pasantía UNIVERSIDAD DE SUCRE**

**GUILLERMO GUTIERREZ RIBÓN**

**Ingeniero Civil - Docente**

**CONVENIO DE COOPERACION**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE – AGUAS DE LA SABANA S.A. E.S.P.**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**

**SINCELEJO – SUCRE**

**2007**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

La nota aprobatoria del trabajo de grado fue:  
\_\_\_\_\_ ( )

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**Director del trabajo de grado**

\_\_\_\_\_  
**Firma del jurado 1**

\_\_\_\_\_  
**Firma del Jurado 2**

\_\_\_\_\_  
**Firma del Jurado 3**

*Dedico este trabajo a DIOS por ser esa fuerza motora interna que nos da Esperanza y Fortaleza; a mi Madre, Elizabeth Arrieta, a quien le debo todo, esfuerzo, sacrificio y amor para que yo pudiera alcanzar esta meta; a mis hermanos, quienes con su esfuerzo y su trabajo hicieron posible que siguiera adelante con mis estudios.*

*A todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a alcanzar esta meta.*

*Gracias*

*Aníbal José*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa AGUAS DE LA SABANA S.A. E.S.P. por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado en modalidad de pasantía, por confiar en mis conocimientos y poderlos aplicar en pro del desarrollo de la empresa, en busca del beneficio de sus usuarios.

Al Ing. Armando Velilla Revollo por sus consejos y por compartir su experiencia en pro de mi crecimiento profesional.

Al Ing. Daniel Quintero Amariles y al Ing. Víctor Raúl Lopera Rendón por su colaboración, confianza y apoyo en este proceso.

A todos los trabajadores de la Gerencia Técnica de Aguas de la Sabana S.A. E.S.P. y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron durante el desarrollo de este proceso con su colaboración y apoyo.

A la Universidad de Sucre por la formación académica impartida y a todos los docentes que me educaron e instruyeron haciendo enriquecedor mi proceso de formación.

**ÚNICAMENTE EL AUTOR ES RESPONSABLES DE LAS IDEAS  
EXPUESTAS EN EL SIGUIENTE TRABAJO.**

**ARTICULO 12, RESOLUCIÓN 023 DEL 2000.  
UNIVERSIDAD DE SUCRE**

## CONTENIDO

	<b>Pág</b>
INTRODUCCION	
Capítulo I. MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE SINCELEJO	12
1. DEFINICIONES	12
2. DESCRIPCIÓN GENERAL	14
2.1. La Empresa	14
2.2. Captación del Agua para Sincelejo	14
2.2.1. Campo de pozos	14
2.2.2. Tanque san Ángel	15
2.2.3. Tanque las Palmas	15
2.2.4. Estación de rebombeo de Chochó	15
2.3. Conducción y Distribución del Agua Potable en Sincelejo	15
2.3.1. Estación de rebombeo de Sincelejo	15
2.3.2. Estación de rebombeo de Chochó	16
2.4. Mantenimiento de Redes de Conducción y Distribución	16
2.4.1. Redes existentes en el sistema de acueducto de Sincelejo	17
3. FUNCIONES REALIZADAS EN LA PASANTÍA	18
4. COMENTARIOS	23
Capítulo II. DAÑOS EN REDES DE CONDUCCION Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE SINCELEJO	26
5. DEFINICIÓN	26
6. IMPORTANCIA DE LOS DAÑOS	27
7. CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LOS DAÑOS	28
7.1. Causas	28
7.1.1. Daños por deterioro	29
7.1.1.1. Desgaste	29

7.1.1.2.	Corrosión	29
7.1.1.3.	Sobreesfuerzo	29
7.1.2.	Daños provocados	30
7.1.2.1.	Punzonamiento	30
7.1.2.2.	Quemado	30
7.1.2.3.	Aplastamiento	30
7.1.2.4.	Conexiones clandestinas	31
7.2.	Consecuencias	31
7.2.1.	Fugas	31
7.2.2.	Deficiencia en la prestación del servicio	32
7.2.3.	Alteración de la calidad del agua en las redes	32
7.2.4.	Altos costos de mantenimiento correctivo	33
8.	ACCIONES PARA DETECTAR Y CORREGIR DAÑOS EN LAS REDES DE ACUEDUCTO	33
9.	RECOMENDACIONES	34
9.1.	Ejecución de Programas de Profundización de Tuberías	35
9.2.	Rehabilitación y/o Renovación de Redes de Acueducto	36
9.2.1.	Renovación de tubería con apertura de zanja	37
9.2.1.1.	Ventajas	37
9.2.1.2.	Desventajas	37
9.2.2.	Renovación y rehabilitación de tubería sin apertura de zanja	39
9.2.2.1.	Renovación de tubería-Rotura de tubería (pipe bursting)	39
9.2.2.1.1.	Ventajas	40
9.2.2.1.2.	Desventajas	41
9.2.2.2.	Rehabilitación de tubería sin apertura de zanja	41
9.2.2.2.1.	Deslizamiento de tubería con reducción simétrica del diámetro	41
9.2.2.2.2.	Deslizamiento de tubería con reducción asimétrica del diámetro (doblado y formado)	42
9.2.2.2.3.	Ventajas de las metodologías de rehabilitación sin zanja	43



9.2.2.2.4. Desventajas de las metodologías de rehabilitación sin zanja	44
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	47
A.1. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTÍA	48
A.2. REGISTRO FOTOGRÁFICO	56

## INTRODUCCION

El agua es un recurso natural de vital importancia para el hombre, ya que le permite desarrollar muchas de sus actividades diarias y cubrir algunas de sus necesidades básicas, es así como desde sus inicios el ser humano ha tratado de aprovechar tan valioso recurso al máximo. Cualquier asentamiento humano por pequeño que sea, necesita disponer de un sistema de aprovisionamiento de agua que satisfaga sus necesidades vitales, muchos de los pueblos de la antigüedad se desarrollaron a orillas de los ríos, pero con el tiempo, las poblaciones fueron creciendo y fueron apareciendo grandes centros urbanos, que trataron de solucionar esta necesidad con el transporte de agua desde zonas alejadas, lo cual dió paso a la construcción de los primeros acueductos, en los que el agua era conducida por medio de canales excavados en tierra; con el transcurrir de los años y los avances tecnológicos los acueductos han evolucionado a novedosos sistemas que permiten el transporte del agua a través de grandes y complejos sistemas de tuberías por gravedad o a presión.

El agua debe ser captada desde las fuentes naturales a través de estructuras diseñadas para tal fin, como es el caso de las bocatomas cuando la fuente es superficial o pozos profundos cuando la fuente es subterránea, el agua captada debe ser sometida a un proceso de tratamiento para hacerla segura y apta para el consumo humano, posteriormente se almacena en tanques y finalmente por gravedad o impulsada a través de estaciones de bombeo es conducida a estructuras más elevadas o distribuida por redes de tubería de diferente diámetro a sus consumidores. Los sistemas de acueducto, después de su construcción y puesta en marcha requieren de la operación y mantenimiento de cada uno de sus componentes con el fin de garantizar su funcionalidad y el transporte del agua en forma segura.

En los últimos años, en Colombia al igual que en otros países de América, se ha adoptado una política de privatización de los acueductos, los cuales se entregan en concesión para que operadores especializados inviertan recursos necesarios para la operación y mantenimiento de cada uno de sus componentes. En el caso de la ciudad de Sincelejo, el acueducto fue entregado a la empresa AGUAS DE LA SABANA S.A. E.S.P. para que esta se encargara de prestar el servicio de acueducto a la población Sincelejana y Corozalera.

Sincelejo es una ciudad que por décadas ha sufrido la falta de un suministro adecuado de agua potable; actualmente, uno de los problemas que enfrenta la empresa es el estado de las redes del sistema de acueducto, ya que muchas de ellas tienen una vida útil reducida por el tiempo que llevan en operación, esto se refleja en los frecuentes daños que se presentan en las mismas y que implican no solo altos costos de inversión en labores de mantenimiento, sino también fallas en la prestación del servicio. Para adelantar las labores de mantenimiento correctivo, la empresa cuenta con el departamento de redes, encargado de localizar y dar solución a los daños que se presenten en las tuberías. Para la coordinación de esas labores la empresa quiso contar con personal de apoyo en el departamento de redes, donde se pudo desarrollar la pasantía objeto del presente informe.

El informe consta de dos capítulos. En el primer capítulo se hace una descripción general de la empresa, así como de las funciones realizadas durante el desarrollo de la pasantía, las cuales están enmarcadas dentro de las labores de mantenimiento correctivo a las que se ha hecho referencia. En el segundo capítulo se hace referencia a los daños que se presentan en las redes de acueducto de la ciudad de Sincelejo, las causas y consecuencias de los mismos en cuanto a afectación en la prestación del servicio.

## MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE SINCELEJO

### 1. DEFINICIONES<sup>1</sup>

**SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA:** Es el conjunto de obras civiles requeridas y su adecuada operación, mantenimiento y administración, con el objeto de lograr la captación del agua de cualquier tipo de fuente, modificar sus características físico-químicas y microbiológicas con el fin de potabilizarla, transportarla, almacenarla y distribuirla a un núcleo de población determinado o a viviendas aisladas, necesaria para su uso.

**ADUCCIÓN:** Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.

**CAPTACIÓN:** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.

**CONDUCCIÓN:** Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.

**ESTACIÓN DE BOMBEO:** Componente destinado a aumentar la presión del agua con el objeto de transportarla a estructuras más elevadas.

**FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA:** Depósito o curso de agua superficial o subterránea, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

**FUGA:** Cantidad de agua que se pierde en un sistema de acueducto por accidente en la operación, tales como fisura o rotura de tubos rebose de tanques, o falla en las uniones entre tuberías y accesorios.

---

<sup>1</sup> Tomadas del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2.000 y DISEÑO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2ª Ed. Jorge Arturo Pérez Parra.

**POZO PROFUNDO:** Estructura que permite captar el agua desde una fuente subterránea, para luego ser conducida al sistema de acueducto.

**RED DE DISTRIBUCIÓN:** Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

**RED MATRIZ:** Parte de la red de distribución que conforma la malla principal de servicio de una población y que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento ó tanques de almacenamiento y compensación a las redes secundarias.

**RED SECUNDARIA:** Parte de la red de distribución que se deriva de la red primaria o matriz, que distribuye el agua a los barrios y urbanizaciones de la ciudad. Puede repartir agua en ruta.

**USUARIO:** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este se presta, o como receptor directo del servicio. A este último también se le conoce como consumidor. (Ley 142 de 1.994).

**VALVULA DE SECTORIZACIÓN:** Dispositivos que cierran el paso del agua en las tuberías de distribución, con el fin de sectorizar la red. Usualmente son válvulas de compuerta con vástago fijo ó válvulas mariposa con mecanismos de reducción de velocidad de cierre para evitar golpe de ariete.

**VIDA ÚTIL:** Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema, sin que sea necesario la sustitución del mismo; en este tiempo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

## **2. DESCRIPCION GENERAL**

### **2.1. La Empresa Prestadora de los Servicios de Acueducto y Alcantarillado**

Aguas de la Sabana S.A. E.S.P. es una empresa del sector privado, encargada de la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y alcantarillado en las ciudades de Sincelejo y Corozal. Esta empresa inició sus actividades en el mes de enero del año 2.003 y cuenta con una sede comercial y una sede técnica, localizadas ambas en la ciudad de Sincelejo. La sede técnica tiene sus oficinas en la estación de rebombeo, vía Sincelejo-Corozal, desde la cual se programan y desarrollan la mayor parte de las actividades relacionadas con la operación y mantenimiento del sistema de acueducto en las ciudades de Sincelejo y Corozal.

### **2.2. Captación del Agua para Sincelejo**

El agua para satisfacer la demanda en la ciudad de Sincelejo es extraída del denominado acuífero Morroa y su proceso de captación se lleva a cabo mediante la explotación de veinticuatro (24) pozos, con profundidades que oscilan entre los ciento cincuenta (150) y quinientos (500) metros, con caudales entre los quince (15) y cincuenta y cinco (55) litros por segundo cada uno. Estos pozos están distribuidos así:

**2.2.1. Campo de pozos:** Son trece (13) pozos profundos ubicados en área corregimental del municipio de Corozal, que impulsan el agua a albercas superficiales localizadas en una planta en Corozal, desde esta alberca y por sistema de gravedad el agua es conducida a través de una tubería de 24" American Pipe (AAPP) a una alberca subterránea localizada en la estación de rebombeo de Sincelejo, la cual tiene una capacidad aproximada de 2.000 metros cúbicos.

**2.2.3. Tanque san Ángel:** Es un tanque elevado ubicado en San Ángel corregimiento de Corozal, este recibe el agua impulsada desde cuatro (4) pozos profundos y del tanque elevado se inyecta a la tubería de 24" AAPP que viene de la planta corozal y la conduce a la alberca subterránea, en la estación de rebombeo de Sincelejo.

**2.2.4. Tanque las Palmas:** Es un tanque elevado ubicado en el corregimiento Las Palmas del municipio de Corozal, recibe el agua impulsada desde cinco (5) pozos profundos, para luego ser conducida por tubería de 14" AC a una alberca subterránea con capacidad aproximada de 1.000 metros cúbicos, ubicada en la estación de rebombeo de Sincelejo.

**2.2.5. Estación de rebombeo de Chochó:** Es una planta ubicada en el corregimiento de Chochó, municipio de Sincelejo que recibe agua de dos (2) pozos profundos y se deposita en albercas subterráneas, para luego ser distribuida por bombeo a diferentes barrios de la zona sur de la ciudad de Sincelejo.

### **2.3. Conducción y Distribución del Agua Potable en Sincelejo**

Antes de distribuir el agua en la ciudad de Sincelejo, se lleva a cabo un proceso de desinfección con cloro en las estaciones de rebombeo de Sincelejo y Chochó, después de realizados los diferentes análisis físicos y microbiológicos se procede a rebombear el agua. La distribución se hace a través de varios turnos, los cuales son armados mediante la manipulación de válvulas de sectorización de diferentes diámetros en los diferentes sectores de la ciudad de Sincelejo. Estos turnos se dividen así:

#### **2.3.1. Estación de rebombeo Sincelejo.**

- Tubería de 12" AC: Distribuye el agua a sectores con los turnos denominados Boston, Mercado Viejo, 1 Sur y 2 Sur.
- Tubería de 14" AC: Junto con la tubería de 12" distribuye el agua a varios barrios con el turno denominado 12-14.
- Tubería de 24" AAPP: Conduce el agua a un tanque de almacenamiento con capacidad aproximada de 7.000 m<sup>3</sup>, localizado en el barrio la Pollita de Sincelejo, con la apertura de válvulas de 4", 6", 12", y 24" distribuye agua potable a más del cincuenta por ciento (50%) de la población, previa sectorización de la ciudad con la maniobra de válvulas, en turnos denominados 1-2 Norte, Zumbado-Colinas, Selva-Cortijo, Versalles, Laureles-Rubí y Villa Juana.

### **2.3.2. Estación de rebombeo Chochó.**

- Tubería de 16" de Hierro: Distribuye agua por bombeo a algunos barrios de la zona sur de Sincelejo, turnos denominados Sur 1 y Sur 2.

## **2.4. Mantenimiento de Redes de Conducción y Distribución**

En la ciudad de Sincelejo, algunos de los elementos que conforman las redes de conducción y distribución de agua potable, se encuentran en un alto deterioro y a menudo se presentan en ella daños, que conducen a la pérdida física de agua potable (fugas); por tal motivo, la empresa Aguas de la Sabana S.A. E.S.P. debe adelantar actividades de mantenimiento correctivo, encaminadas a localizar y corregir esos daños ó fugas. En su literal B.7.10, el RAS 2.000 establece que en el caso de que se requiera cambiar o reparar algún accesorio o tubería, esto debe hacerse en un tiempo mínimo, que para el nivel de complejidad alto de acuerdo con la población de Sincelejo<sup>2</sup> debe

---

<sup>2</sup> Para el año 2005 la población de Sincelejo era de 237.618 hab. ([www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)). El RAS 2.000 establece en su literal A.3.1. un nivel de complejidad alto para poblaciones mayores de 60.000 hab.



ser de doce (12) horas, antes de adelantar un plan de emergencia<sup>3</sup>; sin embargo, en Sincelejo la distribución del agua se hace por turnos y tales actividades se ejecutan cuando no hay programación del servicio en un determinado sector, de tal manera que cuando se programe nuevamente el servicio, el daño esté solucionado. Cuando el daño es de gran magnitud y se requiere suspender temporalmente un turno en particular ó el servicio en un sector determinado, este es atendido inmediatamente, con el fin de solucionarlo en el menor tiempo posible.

#### **2.4.1. Redes existentes en el sistema de acueducto de Sincelejo.**

Red Matriz: Para un nivel de complejidad alto, en el literal B.7.4.6.1, el RAS 2.000 establece como diámetro interno mínimo para redes matrices, 300 mm ó 12"<sup>4</sup>, en la ciudad de Sincelejo estas redes están conformadas por tuberías de 12" Asbesto Cemento y Hierro Dúctil, tubería de 14" de Asbesto Cemento y tubería de 24" American Pipe y Asbesto Cemento.

Red Menor de Distribución: En su literal B.7.4.6.2, el RAS establece como diámetro interno mínimo para redes menores de distribución, 75 mm ó 3" en zona residencial y 150 mm ó 6" en zona comercial e industrial<sup>5</sup>. En Sincelejo estas redes están conformadas por tuberías de 3" de Asbesto Cemento (AC), Polietileno (PF) y PVC, tuberías de 4", 6", 8" y 10" de Asbesto Cemento y PVC.

Red de conducción de 16" de hierro dúctil que conduce el agua desde la estación de bombeo Chochó a barrios de la zona sur de Sincelejo y red de conducción de 24" American Pipe (AAPP), que conduce el agua desde la estación de bombeo de Sincelejo hasta el tanque de almacenamiento localizado en el barrio la pollita de esta ciudad.

---

<sup>3</sup> Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2.000

<sup>4</sup> Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2.000

<sup>5</sup> Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2.000

### **3. FUNCIONES REALIZADAS EN LA PASANTIA**

Durante el período de pasantía, se desarrollaron funciones de programación, coordinación y control encaminadas al mantenimiento correctivo (corrección de fugas), por daño en los elementos de la red de distribución y conducción del sistema de acueducto de Sincelejo; funciones que se describen a continuación:

#### ❖ Programación diaria de actividades.

Diariamente se programaban en compañía con el Jefe de Redes, los daños a corregir de acuerdo con los reportes de fugas recibidos en la Central de Operaciones Técnicas de la empresa, esta programación se hacía teniendo en cuenta la emergencia, el tiempo de reporte, el turno de servicio de agua en el sector donde se presentó el daño ó las actividades que se tuvieran pendientes del día anterior (daños localizados).

Seguidamente se daban las instrucciones al personal de redes de acueducto, para la selección de herramientas y los equipos necesarios para realizar las reparaciones o correcciones (cortadora para concreto, compactador, motobomba, planta eléctrica, pulidora con disco de corte de concreto ó acero, palas, barras, etc.).

#### ❖ Coordinación y control de reparación de fugas.

En el camión asignado por la empresa, se trasladaban las cuadrillas de redes de acueducto, a las direcciones ó a cada uno de los sitios de acuerdo con la programación realizada, como se estableció anteriormente. Localizada la dirección donde se presentó el daño, se aplicaba el siguiente procedimiento establecido por la empresa:

- Inspección del área del daño: Se hace con el fin de determinar el punto sobre la superficie, en el cual se presentó la fuga (observación de humedad, juntas y grietas socavadas en el pavimento u otro indicio), de no ser posible determinar dicho punto mediante inspección visual, se consulta con los habitantes del sector ó con la persona que reportó el daño (usuario del servicio, trabajador de la empresa u otra), para que indique el punto por donde comenzó a salir el agua.

Además, se determina la franja superficial por la cual pasa la red de acueducto, procedimiento que se hace con el apoyo de algunos planos de catastro de redes, con el apoyo en el alineamiento de algunos elementos como válvulas, hidrantes, ventosas o reparaciones anteriores. Esto con el fin de delimitar el área para iniciar las excavaciones y localización de la tubería ó el elemento averiado.

- Señalización del área de trabajo: Para esto se implementaron conceptos de seguridad Industrial. La señalización del sitio de trabajo es indispensable no solo para proteger a los trabajadores al momento de desarrollar sus labores, también evita poner en riesgo a las personas que transitan cerca de la zona de trabajo y da aviso a los conductores de vehículos y automotores para que conduzcan con precaución y así evitar accidentes que pongan en riesgo la vida de los trabajadores, la de los transeúntes y la del mismo conductor. Para la señalización de los sitios de trabajo se usaron elementos como Vallas, Conos, Cinta de señalización y seguridad, entre otros.

Además, se recomendaba diariamente al personal sobre el uso de los elementos de protección personal (guantes, casco, gafas, botas, chaleco reflectivo, etc.) y además, mantener limpia el área de trabajo, con el fin de evitar accidentes laborales.

- **Excavaciones:** Las excavaciones se desarrollan en terreno natural o andenes y vías pavimentadas, en esta última se realizan cortes de pavimento con la cortadora para concreto de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas por el FOMVAS; seguidamente se demuele el pavimento dentro del área de corte y posteriormente se inicia la excavación. A veces se hace necesario el uso de motobomba para el drenaje de la excavación, ya que algunas tuberías quedan saturadas de agua después de finalizado el turno de servicio y producen el llenado de la zanja ó apique, también en el caso del llenado de la zanja por lluvias.
- **Localización y reparación del daño:** Terminada la excavación y localizada la tubería, se revisan los elementos descubiertos dentro del área excavada (uniones, tees, codos, crucetas, tubería etc.), con el fin de detectar el accesorio averiado. De acuerdo con el diámetro, material y características del daño, se solicita en el almacén de la empresa los materiales requeridos para la reparación, e inmediatamente se trasladan al sitio de trabajo. La reparación finaliza con el reemplazo del elemento averiado por uno nuevo o cambiando algún tramo de tubería.
- **Relleno de excavaciones:** Cuando el material de base no presenta características adecuadas para la protección de los accesorios, este se reemplaza por material de relleno (recebo ó balasto) y además se compacta con compactador tipo canguro ó con apisonador, lo anterior es requerido necesariamente en vías pavimentadas, en donde la compactación se hace hasta la cota corona de la vía. Posteriormente se retira el escombros y se deja la zona limpia y transitable. La fuga ó el daño corregido se deja en observación durante uno o dos turnos con el fin de garantizar los trabajos realizados.

- Reposición de pavimento: En los sitios donde se hace demolición de pavimento, se repone el área afectada con concreto en proporción 1:2:3, utilizando acelerante y con espesores de 15, 20 o 25 centímetros de acuerdo con la importancia de la vía, la zona se deja señalizada mínimo ocho días para garantizar que el concreto alcance la resistencia adecuada.

Además de actividades encaminadas al mantenimiento correctivo en las redes, se desarrollaron otras actividades, como se describen a continuación:

- ❖ Elaboración de Informes mensuales.

Se elaboraba y presentaba el respectivo informe de fugas ó daños corregidas al Director de Operaciones Técnicas, en donde se incluía la fecha de ejecución de los trabajos, el número de orden de trabajo, la dirección, el diámetro y elemento reparado, el tiempo que duró la reparación, el personal y el equipo utilizado.

- ❖ Apoyo y Coordinación de Instalación y extensión de Redes.

Algunas comunidades y barrios de la ciudad de Sincelejo no cuentan en un cien por ciento con redes de distribución de agua potable para abastecerse del servicio o lo hacen a través de tuberías de diámetro de  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ " y 1".

La empresa AGUAS DE LA SABANA S.A. E.S.P. algunas veces debe atender la solicitud de esas comunidades para la instalación de la tubería faltante, proceso que se inicia con una visita al sector donde hacen los requerimientos; en esta visita se determina la longitud de tubería que se requiere, los posibles puntos de empalme y número de viviendas a beneficiarse del servicio, presentando el respectivo informe a la Gerencia

Técnica de la empresa, encargada de dar viabilidad a estos trabajos. La Instalación de las redes nuevas se hace siguiendo las especificaciones técnicas establecidas por la empresa y los requisitos exigidos por el RAS 2.000 para este tipo de obras (profundidades mínimas y máximas, distancia a otras redes, etc.).

❖ Coordinación de Instalación de Válvulas de Sectorización.

Dentro de las actividades desarrolladas se coordinó el cambio e instalación de algunas válvulas de sectorización, ya fuera por que estas presentaran fuga, estuvieran averiadas o lo autorizara la Dirección de Operaciones Técnicas con el fin de sectorizar una zona específica durante determinado turno de servicio. El procedimiento seguido es similar al descrito para reparar una fuga.

❖ Diligenciamiento de formatos Orden de Trabajo y Requisición de Almacén.

El formato Orden de Trabajo (OdT) se solicitaba a la Central de Operaciones Técnicas una vez localizada la dirección del daño o la fuga, en este formato se anotaba la dirección completa donde se presentó el daño, el trabajo a realizar, el personal utilizado, el tiempo de trabajo (hora de inicio y hora de finalización), el elemento reparado, el material utilizado, las observaciones pertinentes y el número de salida de almacén.

Mediante el formato Requisición de Almacén se solicitaba el material requerido para la reparación del daño, previa autorización del Jefe de Redes o el Director de Operaciones Técnicas. En este formato se anotaba el número de orden de Trabajo, la dirección y los materiales necesarios para reparar.

#### **4. COMENTARIOS**

En todo sistema de acueducto, las actividades encaminadas al mantenimiento de cada uno de los elementos que lo constituyen, es necesario para poder garantizar un servicio eficiente a los usuarios del servicio. El buen funcionamiento de los sistemas de acueducto no depende solo del diseño; además, se deben tener en cuenta aspectos tan importantes como la operación y el mantenimiento desde el mismo momento en que este se pone en marcha.

Las redes de distribución y los accesorios que hacen parte de la misma, en un sistema de acueducto son las encargadas de conducir el agua a cada uno de los puntos de consumo y por tanto se deben realizar en ella, labores de mantenimiento preventivo para que el agua pueda ser transportada en las condiciones adecuadas; sin embargo, se debe tener en cuenta que estos accesorios y elementos tienen una vida útil, que depende tanto de las características del material como de las condiciones agresivas del suelo en el cual están cimentadas y que en algún momento comenzarán a fallar, lo que hace que no solo el mantenimiento preventivo asegure las buenas condiciones de funcionamiento y eficiencia del servicio y que por tanto se deban desarrollar labores correctivas; como es el caso, en la ciudad de Sincelejo en donde algunas tuberías de distribución tienen una edad avanzada de operación y han comenzado a fallar, traduciéndose esto en pérdida física de agua potable e ineficiencia en la prestación del servicio. Todo lo anterior hace que la empresa prestadora del servicio de agua potable adelante programas de mantenimiento correctivo en las redes de conducción y distribución.

En los anexos se muestran las gráficas de las fugas corregidas en la redes de distribución de la ciudad de Sincelejo, durante el período de la pasantía.

En la Tabla 1, (ver anexos) se muestra un comparativo del total de daños corregidos por mes y por diámetro, de los datos mostrados en la tabla se obtiene la gráfica 1, en donde se muestra el número total de daños reparados por mes, la gráfica 2 a la 11 donde se detallan los fugas corregidos por diámetro en cada mes; la gráfica 12, donde se compara en porcentaje, los daños corregidos por diámetro y la gráfica 13 donde se comparan las fugas corregidas por material en la red de 3" durante el período de pasantía. En estas dos últimas gráficas se observa que el diámetro crítico y donde se presentan más daños, es la tubería de 3" representada en un 73,0% del total, en material de Asbesto Cemento (80.7%), seguida de la tubería PVC (16.7%).

Al comparar los daños reparados en tuberías de 3" con respecto a los demás diámetros, se observa que estos representan más del 61,0% del total mensual (Agosto = 77.64%, Septiembre = 80.72%, Octubre = 75.71%, Noviembre = 71.95%, Diciembre = 81.33%, Enero = 77.97%, Febrero = 61.40%, Marzo = 61.43%, Abril = 61.22%, Mayo = 69.57%). También se observa, que el material que más falla es el Asbesto Cemento para cada uno de los diámetros relacionados, excepto en la tubería de 24" (ver tabla 2).

A continuación se establece una comparación entre las tuberías de Asbesto Cemento y PVC por ser estos dos materiales, los más afectados por daños.

**Tubería de asbesto cemento (AC):** En Sincelejo existen redes de AC en diámetros de 3", 4", 6", 8", 10", 12", 14" y 24", este tipo de tubería se componen de diferentes clases de acuerdo con la presión de trabajo y el espesor de la tubería, cada tubo comprende una longitud de cuatro (4) metros, por lo que requiere de mayor cantidad de elementos de unión que la tubería PVC. Las uniones son de tipo mecánico y los accesorios como tees, crucetas, codos, reducciones y tapones son de hierro.



Las uniones son el elemento más vulnerable en este tipo de tubería ya que los empaques de caucho que estas utilizan para garantizar la hermeticidad ó estanqueidad de la red han comenzado a fallar. Cuando la fuga se presenta en las uniones, el daño se repara con el cambio ó reposición de un tramo de tubería de AC por PVC (mínimo dos metro), empalmando el tramo nuevo con uniones universales de hierro dúctil, de esta manera se retira la unión defectuosa. Cuando la excavación se hace en terreno natural y no se requiere demoler pavimento se descubren los cuatro metros correspondientes a la longitud de un tubo de AC para reponerlo por PVC, de esta manera se retira la otra unión antes de que pueda fallar y originar la fuga, lo mismo ocurre cuando el daño se presenta en el cuerpo de la tubería. El procedimiento descrito se emplea para tuberías de diámetro entre 3" y 14", aunque algunas veces en esta última y en la tubería de 24", la reparación se realiza con el uso de uniones tipo abrazaderas cuya característica es que se pueden armar y desarmar, en este caso la unión de AC no se retira, sino que alrededor de la misma se coloca una banda de caucho que actúa como sello hidráulico y le da hermeticidad a la unión.

**Tubería PVC:** Existen redes en diámetro de 3", 4", 6", 8" y 10", a diferencia del AC estas tuberías vienen en longitudes de 6 metros y no requieren unión adicional ya que estos tubos son de tipo campana por espigo. Generalmente los daños o fugas en este tipo de tubería son provocados. La reparación de daños en las redes de 3" y 4" se realiza mediante el uso de uniones mecánicas tipo Z cuando se trata de orificios o fisuras pequeñas, cuando la unión mecánica no cubre el daño, entonces se cambia el tramo de tubería afectado (mínimo un metro) por tubería PVC (campana por espigo) y en el otro extremo se utiliza unión simple o unión mecánica; en diámetros de 6", 8" y 10", se utiliza tubería campana por espigo y en el extremo libre se utiliza unión universal de hierro dúctil.

## **DAÑOS EN REDES DE CONDUCCION Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE SINCELEJO**

### **5. DEFINICION**

En el diseño de las redes de acueducto, se deben tener en cuenta algunos requisitos<sup>6</sup> para la selección del material de la tubería, la cual debe cumplir con un período de vida útil de operación, durante el que se debe garantizar el buen funcionamiento del sistema para las presiones de servicio que en este se presenten. En Sincelejo, las redes de distribución y conducción de agua potable están conformadas por tuberías de diferente material y diámetro (Asbesto-Cemento, PVC, polietileno, hierro dúctil y American Pipe), parte de estas tienen una edad avanzada de servicio y algunas son de edad más reciente. Es de esperarse que en tuberías antiguas se presenten daños a causa del deterioro del material del que están conformadas, sin embargo, existen otras causas (las cuales son analizadas más adelante) que generan daños no solamente en las redes de mayor tiempo de operación, sino en las más recientes.

Cuando se habla de daños en las redes de conducción y distribución de agua potable, se hace referencia a las fracturas, fisuras, orificios, y aberturas en general, que se presentan en las tuberías, uniones y accesorios, produciendo la pérdida física de agua potable ó fugas no previstas en el sistema de distribución. Estos daños son atendidos mediante labores de mantenimiento correctivo, definido como aquel que se debe hacer cuando se presenten fallas no previsibles en la red, como es el caso de los tubos rotos o

---

<sup>6</sup> Numeral B.7.4.8 REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS 2000.

estallados, los cuales deben ser reparados para garantizar un servicio eficiente a los usuarios<sup>7</sup>.

## **6. IMPORTANCIA DE LOS DAÑOS**

Si bien en los últimos años la escasez de agua es un problema al cual se ha comenzado a dar importancia hasta el punto en que a nivel mundial se han desarrollado programas encaminados a la sensibilización del consumo racionalizado de tan importante recurso, como también programas de protección y recarga de las fuentes de abastecimiento, el tema no deja de ser preocupante. El 70% de la corteza terrestre está constituida por agua, de esta cantidad el 97% se encuentra en los mares y océanos como agua salada y solo el 3% es agua dulce, distribuida un 2% en casquetes polares, hielo y glaciares y tan solo el 1% del agua dulce, localizada en ríos, lagos y mantos subterráneos es accesible para el hombre, sumado a lo anterior, el agua no se encuentra distribuida en forma equitativa, mientras en unas partes existe en abundancia, en otras es un recurso escaso debido a la falta de agua ó la contaminación de sus fuentes.

El agua accesible para el hombre, debe ser captada de las fuentes de agua dulce, debe ser sometida a un proceso de tratamiento con el fin de hacerla segura y apta para el consumo humano y finalmente debe ser conducida y distribuida por tuberías hasta cada uno de los consumidores. En los países en vía de desarrollo cerca del 50% del agua en los sistemas de suministro se pierde por fugas, conexiones ilegales y vandalismo, todo lo anterior hace que aproximadamente 1.100 millones de personas (18% de la población mundial) no tengan acceso a fuentes seguras de agua potable y mas de 2.400 millones carezcan de saneamiento adecuado.

---

<sup>7</sup> Conferencia ACODAL: Operación y Mantenimiento de Redes de Acueducto, FREDY ANGULO, Barranquilla. Noviembre de 2.006.

Para el caso que nos ocupa, como es el de la ciudad de Sincelejo, que por años ha sufrido por la falta de un suministro adecuado de agua potable, a pesar de contar con una fuente segura y cercana para la captación de tan importante recurso, debe enfrentar el grave problema de las altas pérdidas de agua potable que se presentan durante la distribución de la misma. Uno de los principales factores de la causa de la pérdida del agua, son los daños frecuentes que se presentan en las redes de distribución y conducción, los cuales la mayoría de las veces no son reportados a tiempo y como consecuencia dan origen a la pérdida de un gran volumen de agua que ha sido captada de la fuente natural, ha sido sometida a un proceso de desinfección, pero que no llega a ser consumida por los usuarios del servicio. El agua que se pierde implica que se deba suministrar un mayor volumen de agua para un sector específico, con el fin de poder satisfacer la necesidad de agua en la cantidad adecuada.

Por otra parte, las redes disminuyen su confiabilidad, ya que no tienen la capacidad de garantizar la hermeticidad y transporte del agua en forma segura, con las condiciones requeridas de calidad, cantidad y presión.

Para la empresa, los daños en las tuberías representan inversión en altos gastos de mantenimiento, por cuanto el daño debe ser atendido y reparado, además mayores gastos de operación, ya que se requiere de mayor consumo de energía para extraer el volumen perdido.

## **7. CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LOS DAÑOS**

### **7.1. Causas**

Las causas de los daños en las redes de distribución de agua potable en la ciudad de Sincelejo son diversas, sin embargo, se pueden clasificar en dos

grupos; los daños originados por deterioro en el material de las tuberías y los accesorios y los daños provocados por acciones antrópicas.

#### **7.1.1. Daños por deterioro**

Con frecuencia se presentan en las tuberías de mayor antigüedad, siendo el producto de la falla o el desgaste del material del accesorio dañado o un componente de este. Entre estos están:

##### **7.1.1.1. Desgaste**

Se presenta en las bandas de caucho (empaques), encargados de brindar la hermeticidad entre los elementos de unión de las tuberías y accesorios, el desgaste se refleja en la reducción del espesor del empaque que ya no es capaz de garantizar tal hermeticidad, permitiendo el escape del agua.

##### **7.1.1.2. Corrosión**

Se presenta en tuberías con estructura metálica, por el contacto con suelos agresivos o arcillosos, este tipo de suelos, con el tiempo ha venido ocasionando el debilitamiento de las paredes de las tuberías y la presencia de orificios y fisuras en el cuerpo de la misma

##### **7.1.1.3. Sobreesfuerzos**

Algunas tuberías se han vuelto frágiles o han sufrido acartonamiento con el paso de los años, por lo que cualquier sobrecarga o sobreesfuerzo, sobretodo en aquellas tuberías superficiales, generan fisuras y fracturas en la misma. Las fracturas y fisuras se pueden presentar tanto longitudinal como transversalmente a la tubería. Otro factor que provoca daños en estas

tuberías es la sobrepresión, ya que las paredes de algunas tuberías se han vuelto débiles con el paso de los años, lo anterior incluso puede provocar estallado de la misma.

### **7.1.2. Daños provocados.**

Son daños producidos en las tuberías y accesorios, por personal de otras empresas de servicios públicos cuando adelantan trabajos en sus redes, por particulares que realizan excavaciones para cualquier tipo de construcción, cuando se ejecutan movimientos de tierra para la construcción de pavimentos, por personas que intentan conectarse clandestinamente o por la acción del fuego. Estos daños ocurren generalmente en tuberías superficiales (con profundidades menores a 0,80 metros). Estas causas son:

#### **7.1.2.1. Punzonamiento**

Son daños provocados con elementos puntiagudos (como barras para excavar), cuando se ejecutan excavaciones para construcción o trabajos en redes de otras empresas. El área afectada es mínima ya que generalmente provocan orificios de diámetro pequeño sobre la pared de la tubería.

#### **7.1.2.2. Quemado**

Son daños producidos por la acción del fuego en tuberías que están totalmente expuestas y sin ningún recubrimiento; en este caso, los daños suelen ser mayores, ya que afectan todo el tramo expuesto. Se presentan principalmente en tuberías de material plástico como el PVC y el Polietileno,

#### **7.1.2.3. Aplastamiento**

Son daños producidos en tuberías expuestas, muy superficiales o cuyo suelo de cimentación no está bien compactado, por tanto, cualquier sobrecarga generada por el paso de un vehículo causa el aplastamiento de la tubería, el resultado es la deformación de la sección transversal y algunas veces fisurado y/o estallado de la misma.

#### **7.1.2.4. Conexiones clandestinas**

En Sincelejo es común encontrar daños en las tuberías de acueducto, provocados por personas que intentan conectarse sin ninguna autorización a las redes de acueducto. Muchas veces quienes ejecutan los trabajos no tienen ningún conocimiento técnico de cómo realizar dicha conexión, como consecuencia fisuran la tubería o conectan la acometida directamente a la red, sin ningún accesorio especial de conexión (collares de derivación, galápagos, etc.) y por tanto el orificio que provocan da origen a la fuga de agua potable.

### **7.2. Consecuencias**

Los daños que se presentan en las redes de distribución de agua potable dan origen a consecuencias que se reflejan en la prestación del servicio de acueducto, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

#### **7.2.1. Fugas**

Son la consecuencia directa de los daños, ya que mayoría de estos no son reportados a tiempo; algunos no son visibles y son detectados o reportados cuando se produce la pérdida física de agua. En la ciudad de Sincelejo la sectorización del sistema de distribución de agua potable no está bien definida, por tanto si la fuga no puede ser controlada con la manipulación de

válvulas de sectorización, se debe esperar la finalización del turno en el sector donde se presentó el daño para poder repararlo, si es de alta importancia, puede generar la suspensión temporal del servicio y el atraso en la programación preestablecida de los turnos. El resultado final es la pérdida de un volumen considerable de agua que no alcanza a ser entregado a los usuarios, generando no solo pérdidas económicas para la empresa prestadora del servicio, sino también inconformidad en los habitantes de una ciudad que por años ha padecido la falta de un adecuado suministro de agua potable. Al analizar con detalle la situación anterior, se puede determinar que el volumen de agua que se pierde al ocurrir un daño, implica la extracción de un volumen mayor de agua, que permita cubrir la necesidad de la población.

### **7.2.2. Deficiencia en la prestación del servicio**

La presencia de daños en las redes de acueducto afectan las condiciones de continuidad del flujo por la tubería; es decir, el caudal que circula aguas abajo del punto donde se presenta el daño es menor, por tanto, la velocidad del flujo disminuye, si el daño es de gran magnitud puede generar una alta pérdida de energía en el sistema, con la consiguiente pérdida de presión y fallas en la entrega del servicio. Por otra parte, puede originarse la suspensión temporal del turno o el cierre de válvulas para evitar la pérdida de agua, por lo que un sector determinado puede quedar interrumpido con la prestación del servicio.

### **7.2.3. Alteración de la calidad del agua en las redes**

La presencia de agujeros, fisuras y demás aberturas que se presentan en las tuberías y accesorios del sistema de distribución, son ventanas que pueden permitir la entrada de aguas contaminadas procedentes de redes de



alcantarillado averiadas, canales y arroyos cercanos a las redes; además, sedimentos, lodos y sustancias presentes en el suelo que pueden alterar la calidad del agua potable, constituyéndose esto en un riesgo sanitario para la población afectada.

#### **7.2.4. Altos costos de mantenimiento correctivo**

Cada vez que se presenta un daño en las redes de conducción y distribución de agua potable, deben adelantarse las respectivas labores de mantenimiento correctivo, en la ciudad de Sincelejo, los daños se presentan con mucha frecuencia y cada uno implica un gasto de reparación en los que se involucran los siguientes factores:

- ✓ Señalización (cinta de seguridad).
- ✓ Mano de obra requerida para reparar.
- ✓ Demolición de pavimento (en caso de vías pavimentadas y andenes).
- ✓ Excavaciones para localizar el elemento averiado.
- ✓ Accesorios requeridos para la reparación
- ✓ Relleno de excavación (con material del sitio ó seleccionado).
- ✓ Reposición del pavimento ó andén demolido.
- ✓ Retiro de escombros y limpieza del sitio de trabajo.

### **8. ACCIONES PARA DETECTAR Y CORREGIR DAÑOS EN LAS REDES DE ACUEDUCTO**

Dentro de las acciones que se pueden adelantar para detectar daños en redes de acueducto podemos describir las siguientes:

- Recorrido de los turnos durante la prestación del servicio para un determinado sector: Consiste en programar inspectores, que en campo

realicen recorridos a los turnos de servicio para cada sector específico, el objetivo de estos inspectores sería el de localizar flujos de agua en la superficie del terreno o del pavimento que evidencien daños en las redes de distribución, los inspectores deben entregar el reporte de los recorridos, anotando las direcciones donde observaron fugas de agua, para que posteriormente se programe el respectivo mantenimiento correctivo.

- Revisión de pozos de inspección de alcantarillado durante los turnos: La mayoría de los daños que son atendidos por la empresa, son detectados por el brote de agua que se presenta en la superficie del terreno donde la tubería se encuentra cimentada, sin embargo, puede darse el caso de que el agua se filtre a través del sistema de alcantarillado, permaneciendo así durante mucho tiempo y sin ser detectados, la revisión de los pozos de inspección permite identificar flujos de agua anormales por la red de alcantarillado que evidencien posibles daños en la red de acueducto, para esta labor se puede programar una cuadrilla de dos personas. Posteriormente con el equipo de diagnóstico para catastro de redes, que consta de una cámara, una sonda y un monitor, se sondea la red de alcantarillado para detectar el punto por el cual se presenta la filtración de agua hacia el interior de esta, finalmente, con los resultados obtenidos de la revisión con el equipo de diagnóstico, se procede a descubrir la tubería de acueducto para localizar el daño y solucionarlo.

## **9. RECOMENDACIONES**

El análisis de los daños que se presentan en las redes de acueducto de la ciudad de Sincelejo ha permitido determinar que algunas de las causas de estos son de origen antrópico y otras por deterioro del material de las tuberías y accesorios. Para corregir estos daños, la empresa realiza

actividades de mantenimiento correctivo; sin embargo, se debe tener en cuenta que las redes constituyen uno de los principales elementos de un sistema de acueducto, al ser las encargadas de transportar el agua a los sitios de consumo, pero además, deben hacerlo en forma segura y eficiente; para ello se deben buscar alternativas que no solamente permitan dar solución a los daños que se presenten a diario, sino que mitiguen la ocurrencia de estos. Dentro de esas alternativas se plantean las siguientes:

### **9.1. Ejecución de Programas de Profundización de Tuberías**

Muchos de los daños a los que se viene haciendo referencia se presentan en redes que se encuentran superficiales o poco profundas (profundidades menores a 0,60 metros), sobretodo en aquellas de polietileno y PVC cimentadas en terreno natural con superficie no pavimentada, generalmente las causas de estos daños son las de origen antrópico, como conexiones fraudulentas, acción del fuego o el paso de vehículos pesados, etc. Este programa tendría como objetivo cimentar las tuberías a una profundidad adecuada dentro de los límites recomendados por el RAS 2000 y sujeto a las consideraciones técnicas que la empresa determine para ello<sup>8</sup>.

Dentro de las ventajas que ofrece esta alternativa se pueden considerar las siguientes:

- ✓ Las tuberías que antes estaban superficiales no quedarán expuestas a la acción del fuego, al aplastamiento por el paso vehicular, o daños intencionales por terceros, por lo que los daños que tienen ocurrencia en

---

<sup>8</sup> El RAS 2000, en su título B, literal B.7.5.10.1 establece que la profundidad mínima a la cual deben colocarse las tuberías de la red de distribución no debe ser menor que 1.0 m medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno. Para los casos críticos de construcción donde sea necesario colocar la clave de la tubería entre 0.60 m y 1.0m de profundidad debe hacerse un análisis estructural teniendo en cuenta las cargas exteriores debidas al peso de tierras, cargas vivas, impacto y otras que puedan presentarse durante el proceso de construcción.

este tipo de tuberías se verán reducidos, lo que se reflejará en una disminución de las actividades de mantenimiento correctivo y los costos que estas implican.

- ✓ En aquellas vías donde se adelanten obras de pavimentación, se reduce el riesgo de que se presenten averías en las redes de acueducto, en el momento en que se realicen cortes de terreno, ya sea con maquinaria pesada ó por excavaciones manuales.
- ✓ Esta alternativa se propone para aquellas tuberías cimentadas en terreno natural con superficie no pavimentada, por lo que las excavaciones requeridas para realizar la profundización no requieren de demolición de pavimento.
- ✓ Se puede usar la tubería existente en el sitio, salvo en el caso en que esta se encuentre muy deteriorada y requiera ser cambiada, igual ocurre con los accesorios instalados sobre estas redes.

## **9.2. Rehabilitación y/o Renovación de Redes de Acueducto**

Los daños por deterioro tienen ocurrencia en aquellas tuberías de mayor antigüedad, que por su tiempo de operación tienen una vida útil reducida; dentro de estas redes están las conformadas por tuberías de asbesto-cemento, las cuales presentan mayor ocurrencia de daños, comparadas con tuberías de otro material. En estas tuberías, los daños se presentan con mucha frecuencia por lo que la empresa puede analizar las alternativas de rehabilitación y/o renovación de este tipo de redes. La renovación de tuberías permite reemplazar la existente por una nueva, generalmente de material diferente, mientras que la rehabilitación permite mejorar las condiciones internas de la tubería sin necesidad de que esta sea reemplazada. En

Colombia el método comúnmente usado es el de renovación de tubería con apertura de zanja, sin embargo, existen otras metodologías para la rehabilitación y renovación de tuberías, las cuales no están siendo impulsadas en Colombia, por el poco conocimiento que al respecto tienen las empresas de servicios públicos y los contratistas dedicados a esta actividad, o por pensar que no están al alcance o que el costo de las mismas es muy alto. A continuación se realiza una descripción general de algunas de las metodologías más usadas para renovar y rehabilitar tuberías<sup>9</sup>.

### **9.2.1. Renovación de tubería con apertura de zanja**

Es el método tradicionalmente usado en Colombia para la renovación y rehabilitación de tuberías. Consiste en excavar una zanja sobre la tubería existente, luego se retira la tubería antigua y se instala la nueva.

#### **9.2.1.1. Ventajas**

- ✓ Una de las ventajas de esta metodología es que se puede aplicar a todos los casos de renovación y rehabilitación de tuberías (incluyendo aquellos en los que se presentan cambios significativos de pendiente y de alineamiento de las redes).
- ✓ Las tecnologías y materiales necesarios para su ejecución están disponibles en nuestro medio.
- ✓ Se pueden instalar tuberías con diámetro igual o superior al de la red existente, en caso de que la demanda de agua en el sector lo requiera.

---

<sup>9</sup> - XX CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRAÚLICA (La Habana-Cuba, Octubre de 2.002) Renovación y Rehabilitación de Redes de Distribución de Agua Potable y Alcantarillado.

- PAVCO EN LA OBRA, Manual Técnico.

### **9.2.1.2. Desventajas:**

- ✓ Se generan altos costos de instalación, ya que requiere de excavaciones que permitan retirar la tubería existente y la instalación de la nueva tubería; además se requiere de gran cantidad de material de relleno tanto para la cama de la tubería como para la base del pavimento ó andén a reponer.
- ✓ En el caso de que las labores se realicen en vías pavimentadas, se requiere demoler parte del pavimento y andenes, lo que incrementa los costos de mano de obra para excavación.
- ✓ Se incrementan los costos por reposición de pavimento, andenes y terrazas afectadas. Al reponer el pavimento ó el andén, es probable que los acabados sean inestéticos.
- ✓ Al realizar las excavaciones, se pueden afectar otras líneas de servicio como gas, teléfono, etc.
- ✓ Otro ítem que contribuye a aumentar los costos, es el transporte y disposición de escombros y del material excavado.
- ✓ Inconvenientes con la disposición del material excavado, al no contar con sitios aprobados para tal fin.
- ✓ Algunos locales comerciales se pueden ver afectados por el cierre temporal, a raíz de la apertura de zanjas frente a los mismos.
- ✓ Es probable que en algunos sitios se deba realizar el desvío del tráfico vehicular y peatonal por el cierre temporal de vías y andenes, sobretodo cuando se realizan trabajos en los cruces de las vías.

✓ Los tiempos de ejecución de estas obras son prolongados.

### **9.2.2. Renovación y rehabilitación de tubería sin apertura de zanja**

Son metodologías que no requieren de excavaciones a lo largo de la tubería a intervenir, ya que el principio que estas utilizan es el de aprovechar la tubería existente para introducir la nueva, utilizando una excavación de entrada y otra de salida y un equipo mecánico o cabrestante para el halado de la tubería.

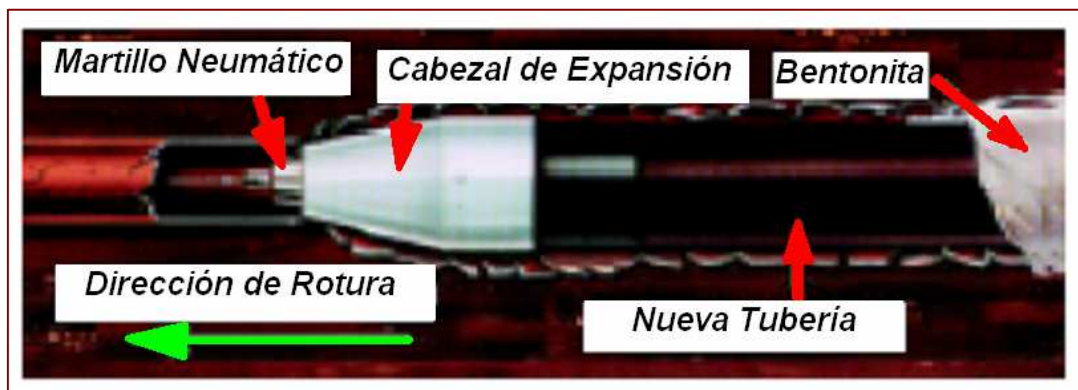
#### **9.2.2.1. Renovación de tubería -Rotura de tubería (pipe bursting)**

La rotura de tubería es un método de renovación que permite aprovechar el espacio de la tubería existente introduciendo por la misma una nueva tubería (generalmente polietileno de alta densidad). La tubería existente es fragmentada o cortada y forzada a incrustarse en el suelo circundante mediante un cono de rotura y expansión, simultáneamente, la nueva tubería es introducida dentro de la existente conectada al cono, que es halado por el otro extremo con un cabrestante ó un equipo hidráulico mediante un cable o por barras de acero. Existen dos técnicas para la rotura de la tubería, estática y dinámica.

Estática: Se diferencia de la dinámica por el equipo utilizado y las necesidades de reemplazo de tubería en diámetro y distancia. Esta metodología utiliza solamente un equipo que hala la tubería por la tubería existente y es aplicable para diámetros hasta de 8" y donde la fuerza de halado para romper la tubería existente e instalar la nueva sea relativamente baja.

Dinámica: Este sistema es usado para tuberías de diámetros mayores a 8" y enterradas a una mayor profundidad. En esta metodología se utiliza además del equipo de halado un equipo neumático unido a la cabeza de expansión que transmite energía cinética, rompiendo la tubería existente y permitiendo un desplazamiento mas fácil de la tubería nueva. La cabeza de expansión incrementa el área de la sección disponible para facilitar el ingreso de la nueva tubería y para incrementar la sección disponible en caso de requerir el aumento del diámetro existente.

Figura 1: Método de Rotura de Tubería con Cabezal de Expansión.



Fuente: PAVCO EN LA OBRA, Manual Técnico.

#### 9.2.2.1.1. Ventajas

- ✓ Con esta metodología se adquieren mayores rendimientos para la renovación de tuberías, comparado con la metodología de renovación con apertura de zanja.
- ✓ Las interferencias en los negocios, peatones y el tráfico vehicular de la zona se minimizan.
- ✓ Se reducen los posibles daños en tuberías de otras empresas.



- ✓ Ofrece mayor economía frente a la metodología con apertura de zanja en cuanto a excavaciones, rellenos, reconstrucción de calzada y andenes y retiro de sobrantes.
- ✓ Esta metodología al igual que la metodología con apertura de zanja permite incrementar el diámetro de las redes.
- ✓ Se reducen los elementos de unión entre tuberías, ya que generalmente se usan tuberías de polietileno, la cual se fabrica en rollos de cincuenta y cien metros.

#### **9.2.2.1.2. Desventajas**

- ✓ No es recomendable cuando existen cambios significativos en el alineamiento horizontal y vertical de la tubería.
- ✓ En suelos demasiado duros puede reducirse el rendimiento y has puede detenerse el proceso hasta el punto de hacerlo muy costoso.
- ✓ Las vibraciones del equipo neumático pueden afectar las vías, andenes o tuberías aledañas (método dinámico).
- ✓ Genera una compactación del terreno, lo que puede afectar vías o tuberías de otros servicios.

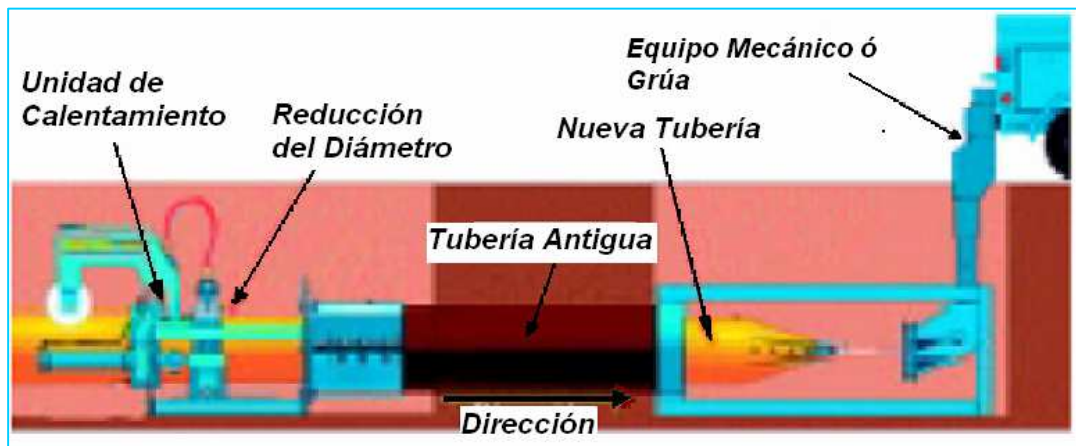
#### **9.2.2.2. Rehabilitación de tubería sin apertura de zanja**

##### **9.2.2.2.1. Deslizamiento de tubería con reducción simétrica del diámetro**

Es un método de rehabilitación en el cual el diámetro de la nueva tubería es reducido por métodos térmicos o mecánicos para obtener uno ligeramente

menor al de la tubería existente. La nueva tubería es halada por medio de un equipo mecánico o cabrestante de extremo a extremo. Este método permite el uso exclusivo de tuberías de polietileno de alta y media densidad. La reducción del diámetro por métodos mecánicos tiene el mismo principio que el térmico, pero se realiza por medio de la coordinación entre rodillos de reducción y el halado de la tubería.

Figura 2: Esquema del funcionamiento del deslizamiento de tubería con reducción simétrica del diámetro por métodos térmicos.

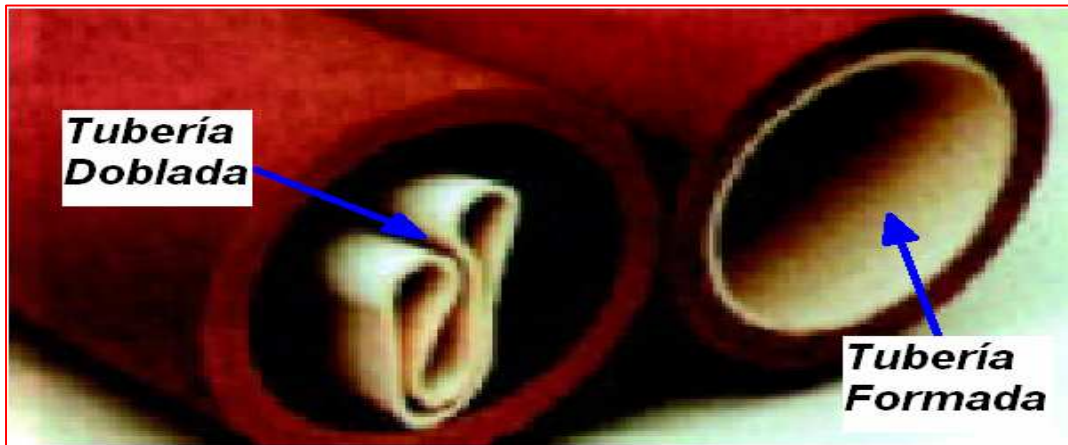


Fuente: PAVCO EN LA OBRA, Manual Técnico.

#### 9.2.2.2. Deslizamiento de tubería con reducción asimétrica del diámetro (doblado y formado)

Esta es una técnica que permite instalar tuberías de polietileno y de PVC en tres fases: primero se dobla la sección transversal de la tubería con métodos térmicos o mecánicos (usualmente en planta de producción), para tener un diámetro menor al de la tubería existente, luego se introduce la tubería y se desliza halándola con un equipo mecánico ó cabrestante y finalmente la tubería se forma nuevamente con métodos térmicos o mecánicos quedando totalmente adherida a las paredes de la antigua tubería.

Figura 3: *Detalle del doblado y formado de una tubería de PVC, utilizando técnicas de calentamiento.*



Fuente: PAVCO EN LA OBRA, *Manual Técnico*.

#### **9.2.2.2.3. Ventajas de las metodologías de rehabilitación sin zanja**

- ✓ Los rendimientos para la rehabilitación de tuberías son mayores, ya que con estas metodologías no se necesita cambiar toda la tubería dañada en el momento de la rehabilitación sino que solo se refuerzan los tramos que presenten fallas.
  
- ✓ Las interferencias en los negocios, peatones y automotores de la zona se minimizan, ya que se requiere de zanjas pequeñas, una de entrada y otra de salida, por lo que no se obstaculiza el tránsito de clientes hacia los locales comerciales, el tránsito vehicular pasa normalmente y los residentes de la zona no ven selladas las entradas a sus garajes u hogares.
  
- ✓ Se reduce el daño a tuberías adyacentes, ya que estos suceden principalmente en el proceso de excavación y en estas metodologías las excavaciones son mínimas.

- ✓ Se reducen de una forma significativa los materiales de desecho, el acarreo de los mismos y la acumulación de estos en botaderos.
- ✓ Son más económicas que la metodología con apertura de zanja en cuanto a excavaciones, rellenos, reconstrucción de calzada y andenes y retiro de sobrantes.
- ✓ Al no necesitar un equipo dinámico para la instalación de la nueva tubería no genera daños en calles o andenes, además como la nueva tubería es de menor diámetro que la existente no comprime el suelo circundante de la misma.

#### **9.2.2.2.4. Desventajas de las metodologías de rehabilitación sin zanja**

- ✓ El diámetro de la nueva tubería es ligeramente menor al de la existente.
- ✓ Es poco aplicable cuando existen cambios significativos de alineamientos en la tubería.
- ✓ No es aconsejable para diámetros pequeños, ya que se reduce en mayor magnitud la capacidad de la tubería.
- ✓ La maquinaria en esta metodología es muy especializada y necesita operarios hábiles que logren mantener una tensión de halado y temperaturas para que el proceso de instalación se realice satisfactoriamente.

Actualmente la empresa adelanta el catastro de redes del sistema de acueducto de la ciudad de Sincelejo, mediante el cual se está creando una base de datos donde se incluyen los siguientes parámetros: Diámetro de la

tubería, material, profundidad, localización y trazado, accesorios y superficie del terreno (pavimento andén u otro). Esta información es de utilidad para el estudio de cualquiera de las mitologías descritas anteriormente; como complemento, la empresa cuenta con información y datos de reparación de daños de los que se pueden obtener los sectores o barrios más críticos, el diámetro y material de la tubería que presenta fallas con mayor frecuencia.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ Angulo, FREDY. Conferencia ACODAL: Operación y Mantenimiento de Redes de Acueducto, Barranquilla. Noviembre de 2.006.
- ✓ A.F. MacKenzie, Viabilidad de las nuevas metodologías para la renovación y rehabilitación de tuberías. *Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.*
- ✓ D. Araque & J.G. Saldarriaga, Optimización de redes de acueducto con el fin de maximizar la uniformidad del estado de presiones. *Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia.*
- ✓ PAVCO EN LA OBRA, Manual Técnico. Publicación Bimensual de la Gerencia de Mercadeo de Tubosistemas PAVCO S.A.. Julio de 2003, Bogotá D.C., Colombia.
- ✓ Pérez Parra, J. A. Diseño de Acueducto y Alcantarillado,-postgrado en aprovechamiento de recursos hídricos, Universidad Nacional de Medellín 2ª edición, Medellín 1998.
- ✓ Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2.000. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia año 2.000.
- ✓ XX CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRAÚLICA. Renovación y Rehabilitación de Redes de Distribución de Agua Potable y Alcantarillado. (La Habana-Cuba, Octubre de 2.002).
- ✓ [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)

# ANEXOS

## A.1. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTÍA

**TABLA 1. Comparativo de daños (fugas) corregido por diámetro y por mes en las redes de conducción y distribución de agua potable en Sincelejo.**

MESES	DIAMETRO								TOTAL
	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	24"	
Agosto	66	7	0	4	1	7	0	0	85
Septiembre	67	6	2	3	1	3	1	0	83
Octubre	53	5	1	5	0	5	1	0	70
Noviembre	59	8	4	2	2	5	2	0	82
Diciembre	61	8	4	1	0	0	0	1	75
Enero	46	3	0	4	2	3	1	0	59
Febrero	35	9	1	3	4	2	2	1	57
Marzo	43	11	5	2	0	3	2	4	70
Abril	30	7	3	1	1	4	1	2	49
Mayo	32	6	2	4	0	0	1	1	46
<b>TOTAL</b>	<b>492</b>	<b>70</b>	<b>22</b>	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>32</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>676</b>
<b>%</b>	<b>72,8</b>	<b>10,4</b>	<b>3,3</b>	<b>4,3</b>	<b>1,6</b>	<b>4,7</b>	<b>1,6</b>	<b>1,3</b>	

**GRAFICA 1. Daños corregidos entre los meses de Agosto hasta Mayo**

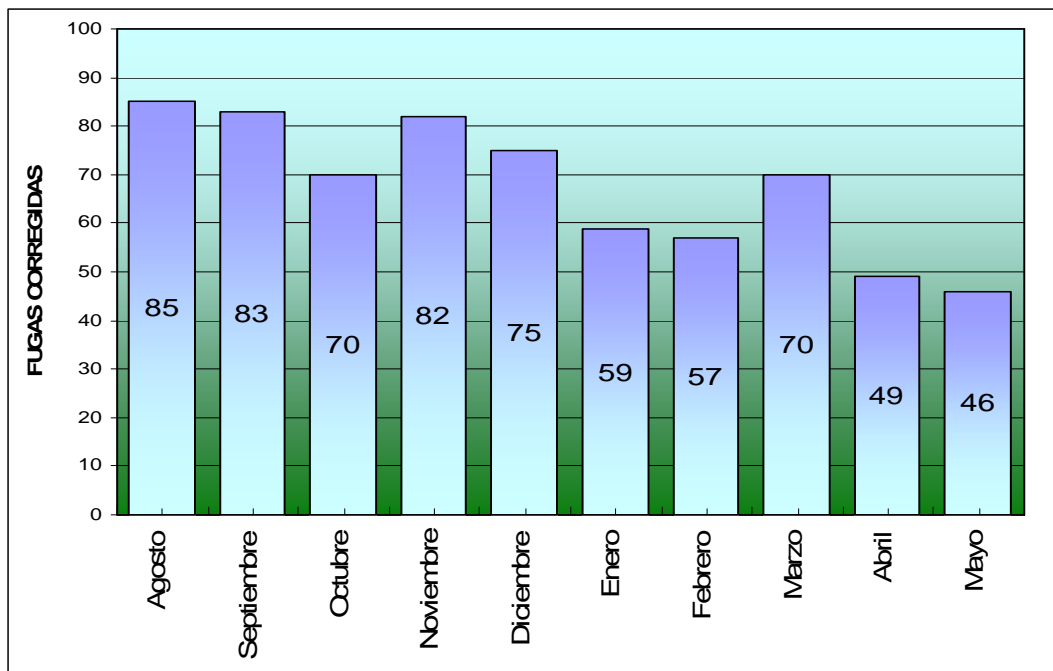
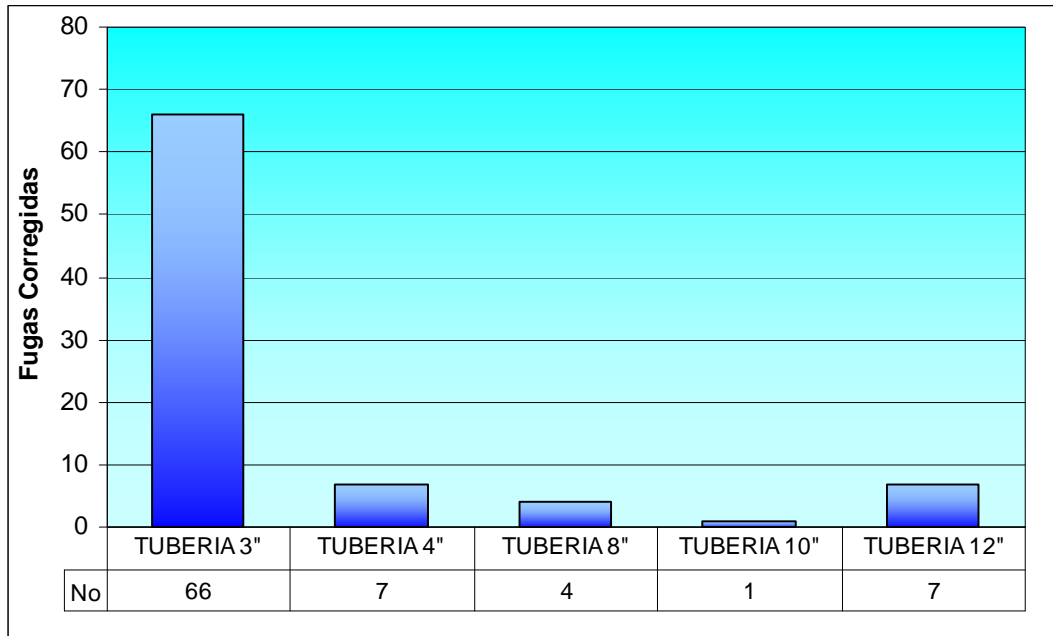




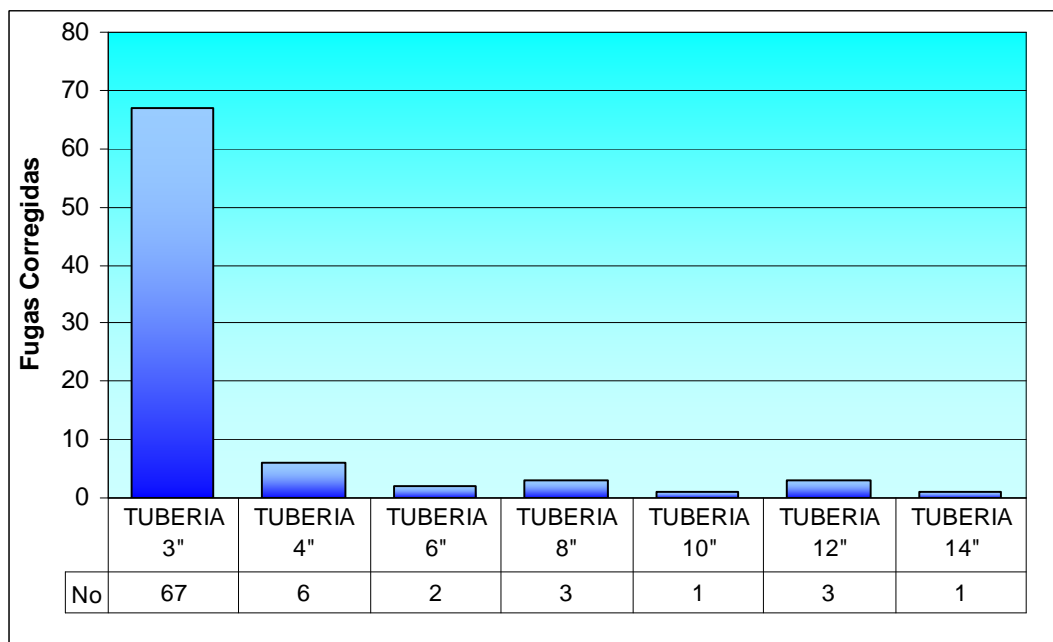
Tabla 2. Comparativo de daños (fugas) corregidos por diámetro, material y mes en las redes de conducción y distribución de agua potable en Sincelejo.

MES	DIAMETRO Y MATERIAL																
	3"			4"		6"		8"		10"		12"		14"		24"	
	AC	PVC	PF	AC	PVC	AC	PVC	AC	PVC	AC	PVC	AC	HF	AC	PVC	AC	AP
<b>AGOSTO</b>	56	10	0	6	1	0	0	3	1	1	0	3	4	0	0	0	0
<b>SEPTIEMBRE</b>	58	9	0	6	0	2	0	3	0	1	0	3	0	1	0	0	0
<b>OCTUBRE</b>	40	12	1	5	0	1	0	5	0	0	0	4	1	1	0	0	0
<b>NOVIEMBRE</b>	52	7	0	6	2	4	0	2	0	2	0	4	1	2	0	0	0
<b>DICIEMBRE</b>	57	4	0	6	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<b>ENERO</b>	39	7	0	2	1	0	0	4	0	1	1	3	0	1	0	0	0
<b>FEBRERO</b>	28	7	0	9	0	0	1	2	1	4	0	2	0	2	0	1	0
<b>MARZO</b>	25	13	5	9	2	3	2	2	0	0	0	2	1	2	0	0	4
<b>ABRIL</b>	21	8	1	7	0	1	2	1	0	1	0	2	2	1	0	0	2
<b>MAYO</b>	21	5	6	6	0	2	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	1
<b>SUBTOTAL</b>	<b>397</b>	<b>82</b>	<b>13</b>	<b>62</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>%</b>	<b>80,7</b>	<b>16,7</b>	<b>2,6</b>	<b>88,6</b>	<b>11,4</b>	<b>72,7</b>	<b>27,3</b>	<b>86,2</b>	<b>13,8</b>	<b>90,9</b>	<b>0,1</b>	<b>71,9</b>	<b>28,1</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>22,2</b>	<b>77,8</b>
<b>TOTAL</b>	<b>492</b>			<b>70</b>		<b>22</b>		<b>29</b>		<b>11</b>		<b>32</b>		<b>11</b>		<b>9</b>	

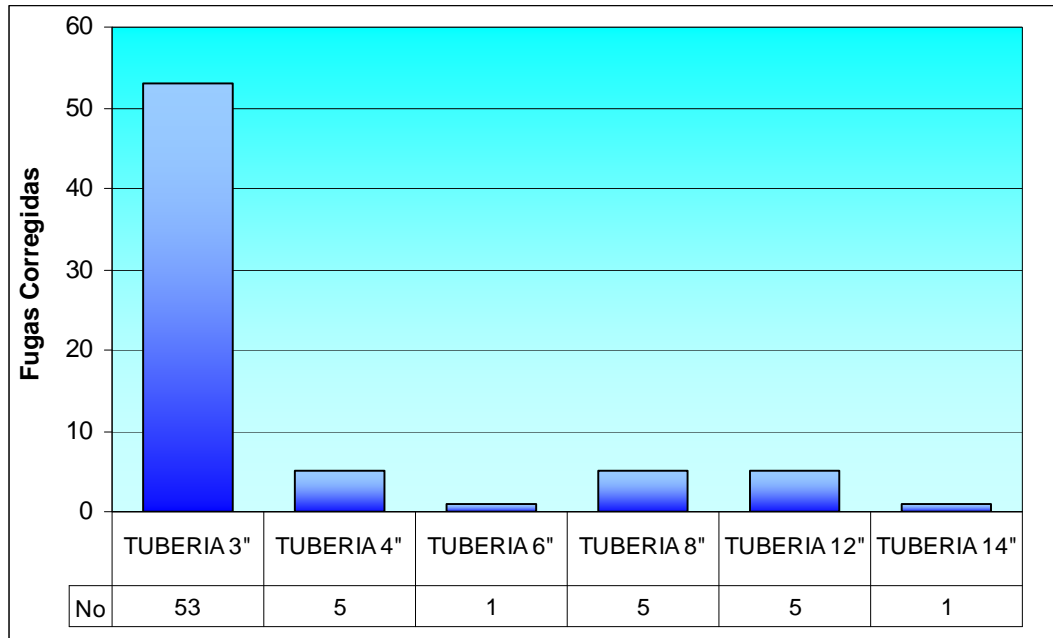
**GRAFICA 2. Daños corregidos por diámetro en el mes de Agosto.**



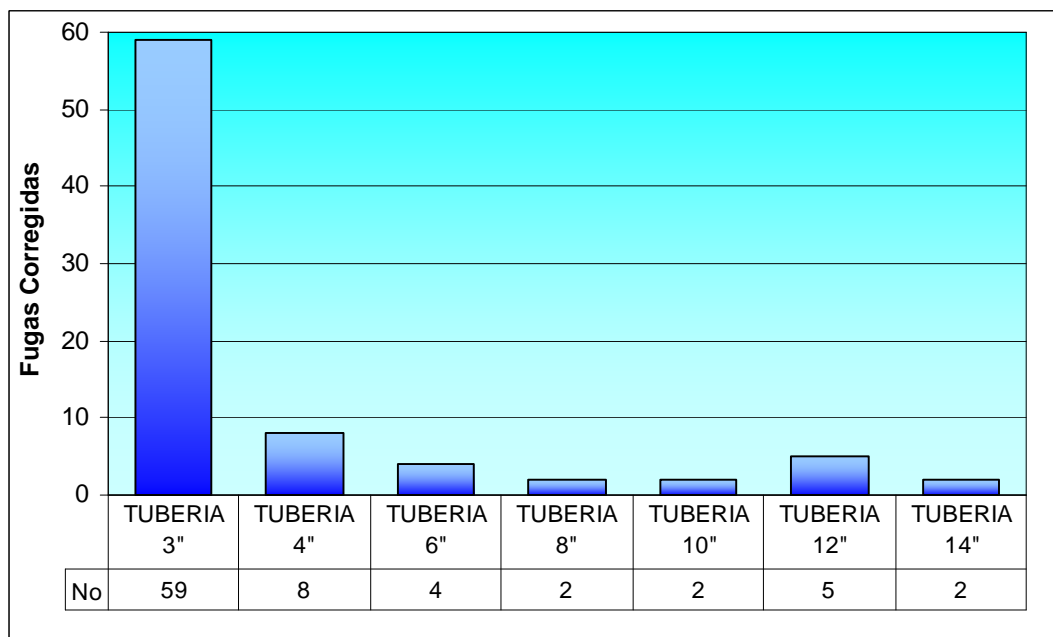
**GRAFICA 3. Daños corregidos por diámetro en el mes de Septiembre.**



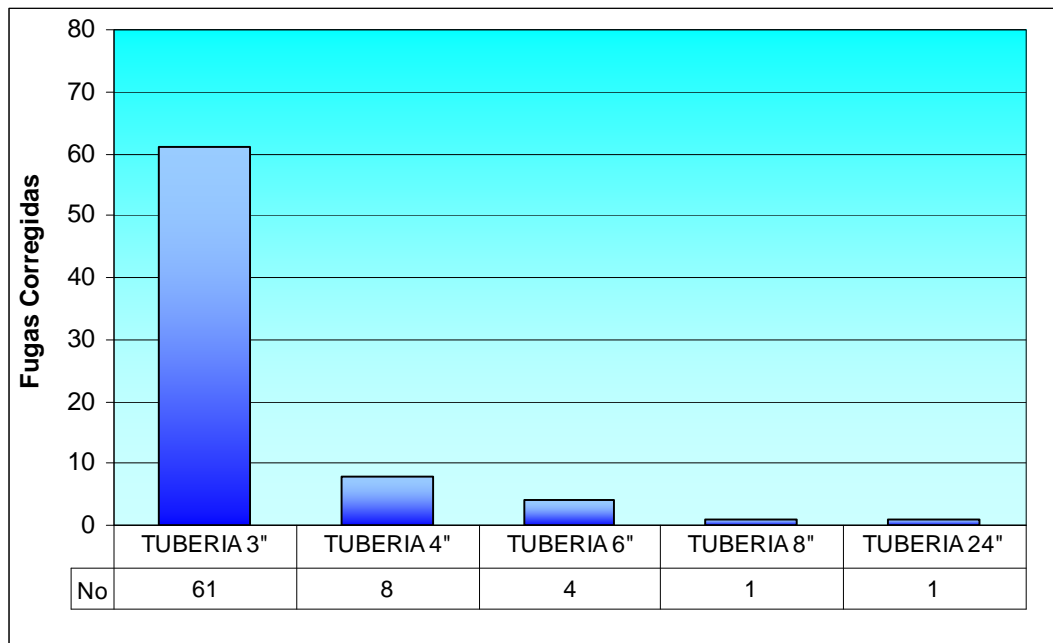
**GRAFICA 4. Daños corregidos por diámetro en el mes de Octubre.**



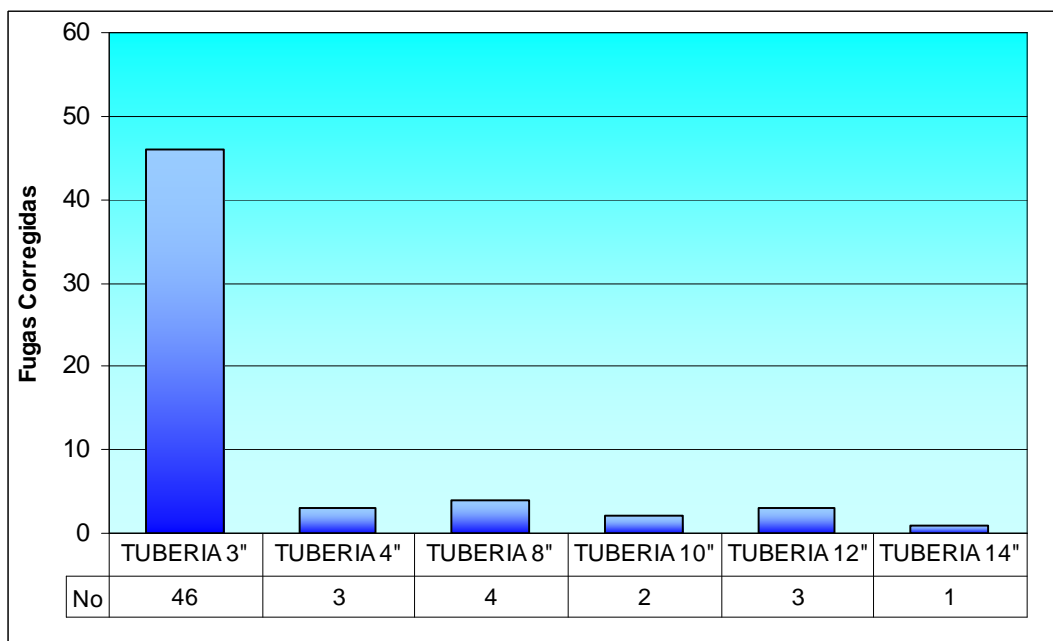
**GRAFICA 5. Daños corregidos por diámetro en el mes de Noviembre.**



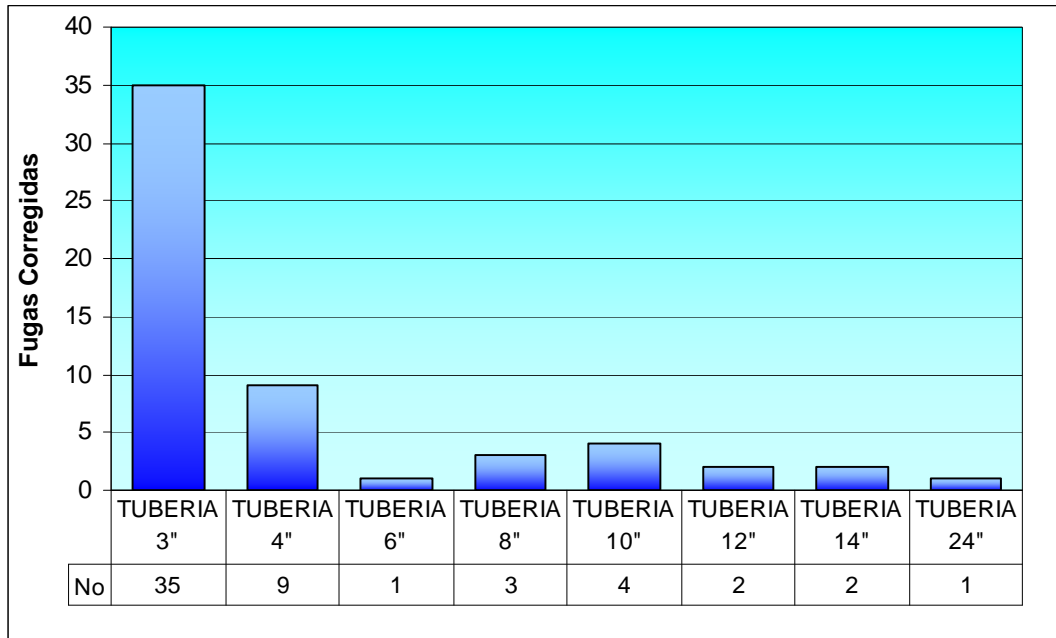
**GRAFICA 6. Daños corregidos por diámetro en el mes de Diciembre.**



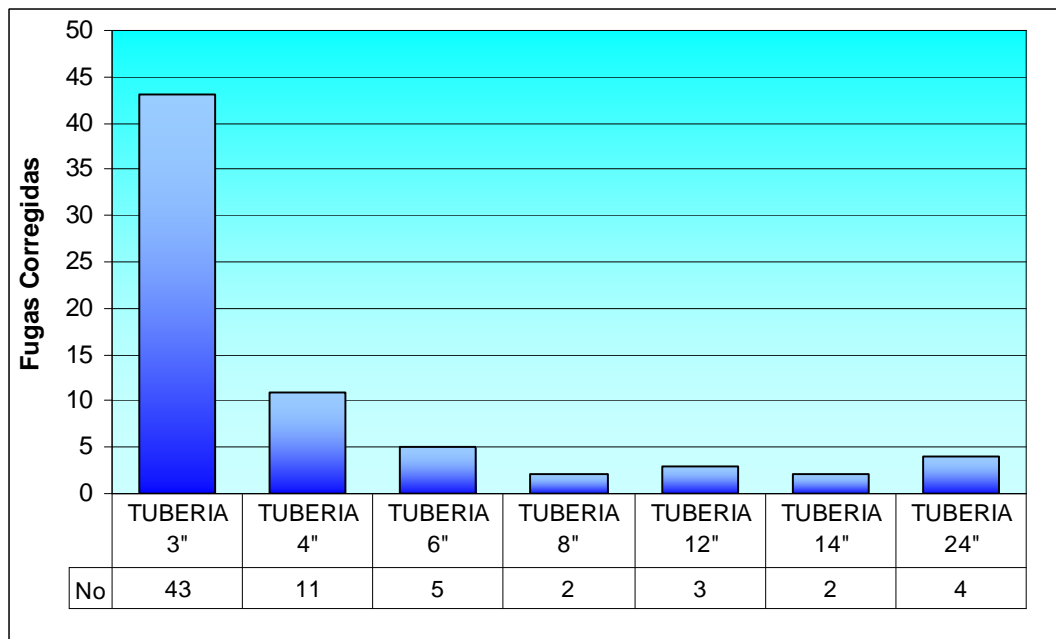
**GRAFICO 7. Daños corregidos por diámetro en el mes de Enero.**



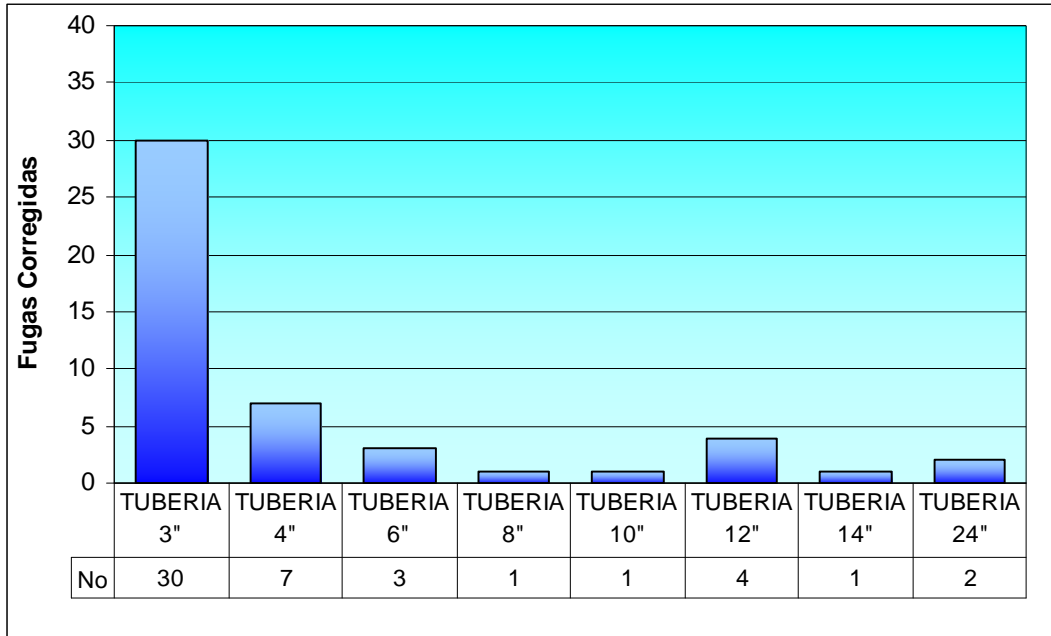
**GRAFICA 8. Daños corregidos por diámetro en el mes de Febrero.**



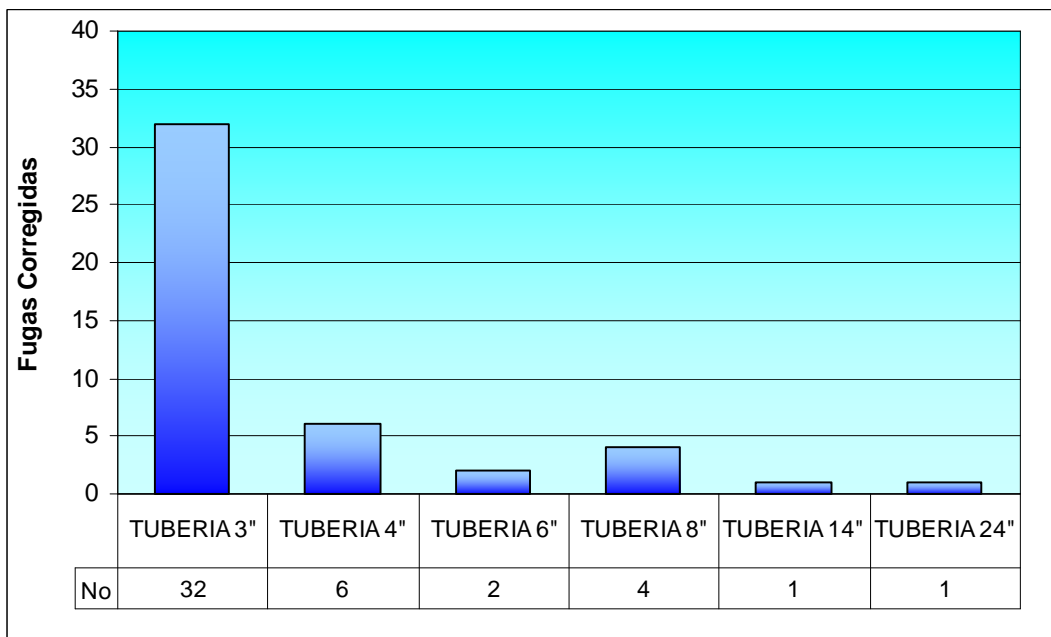
**GRAFICA 9. Daños corregidos por diámetro en el mes de Marzo.**



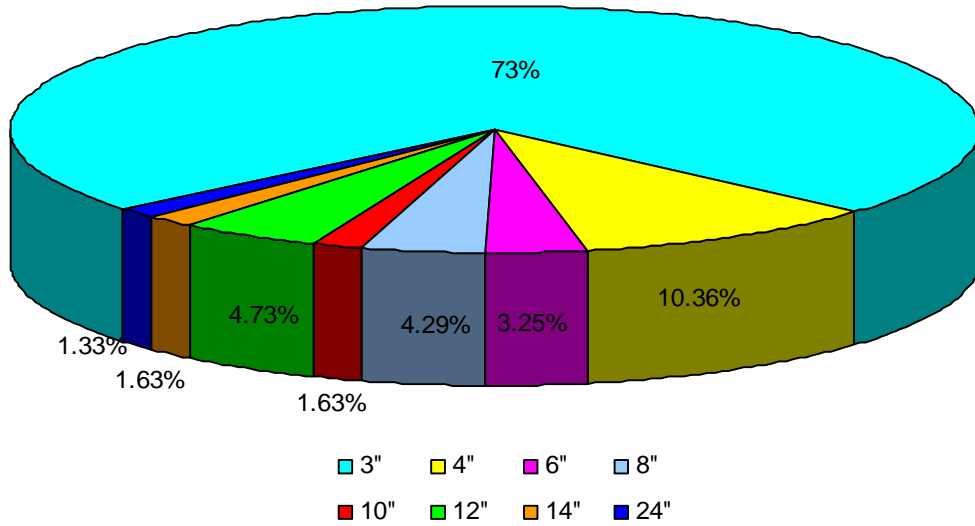
**GRAFICA 10. Daños corregidos por diámetro en el mes de Abril.**



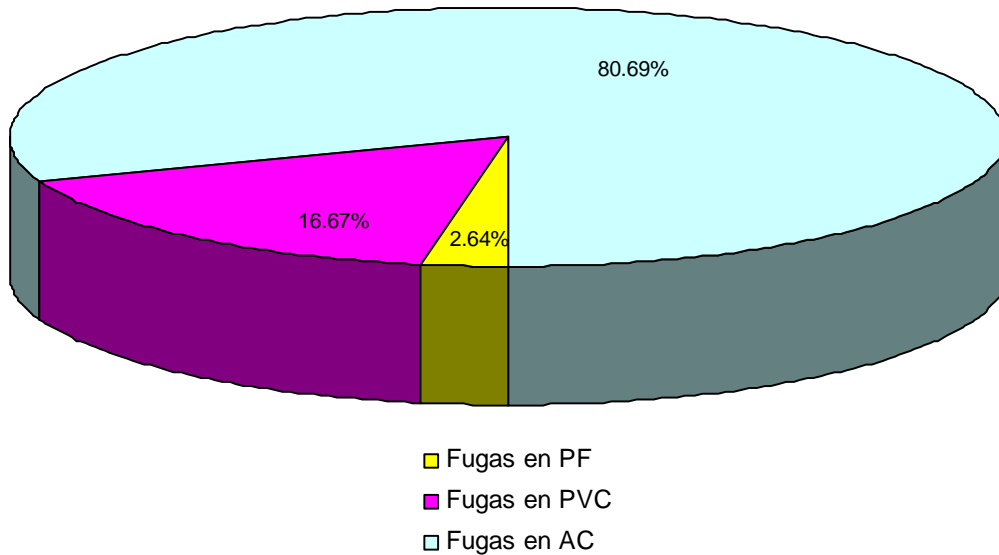
**GRAFICA 11. Daños corregidos por diámetro en el mes de Mayo.**



**GRAFICA 12. Porcentaje de daños corregidos por diámetro, en las redes de acueducto de Sincelejo**



**GRAFICA 13. Porcentaje de daños corregidos por material en tubería de 3" de diámetro**



## A.2. REGISTRO FOTOGRAFICO

**Fotos No 1 y 2:** Señalización del área de trabajo durante la localización y corrección de fuga.





**Fotos No 3, 4, 5 y 6:** Corte de Pavimento con cortadora para concreto (foto No 3), fuga por orificio en tubería de 3" PVC (fotos No 4) y fuga por daño en uniones sobre tubería de 3" AC y 10" AC (fotos No 5 y 6).



Foto No 3



Foto No 4



Foto No 5



Foto No 6

**Fotos No 7, 8, 9 y 10:** Reposición de tubería de 8" AC y 12" AC por PVC (fotos No 7 y 8), Compactación de terreno después de reparado el daño (foto No 9) y Reposición de pavimento (foto No 10).





**Fotos No 11 y 12:** Empalme de tuberías e instalación de válvulas para mejoramiento y sectorización del servicio agua potable.



Foto No 11



Foto No 12

**Fotos No 13 y 14:** Instalación de tubería en diámetro de 3" PVC para ampliación del servicio.





**Fotos No 15, 16, 17 y 18:** Unión Mecánica (tipo Z) y corrección de daño en tubería de 3" PVC (foto No 15), Corrección de fuga en unión de 14" y 24" AC con abrazaderas (fotos No 16 y 17). Unión mecánica para AC (foto No 18).

