

Empresa Nicaragüense de Acueductos y

Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)

República de Nicaragua

**PROYECTO DE
FORTALECIMIENTO DE LA
CAPACIDAD DE GESTIÓN DE AGUA
NO FACTURADA
EN LA CIUDAD DE MANAGUA
EN LA REPÚBLICA DE NICARAGUA**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO
(APÉNDICES Nro.9-Nro.17)**

Mayo de 2020

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

CTI Engineering International Co.,Ltd.

Nihon Suido Consultants Co.,Ltd.

GE
JR
20-027

Empresa Nicaragüense de Acueductos y

Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)

República de Nicaragua

**PROYECTO DE
FORTALECIMIENTO DE LA
CAPACIDAD DE GESTIÓN DE AGUA
NO FACTURADA
EN LA CIUDAD DE MANAGUA
EN LA REPÚBLICA DE NICARAGUA**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO
(APÉNDICES Nro.9-Nro.17)**

Mayo de 2020

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

CTI Engineering International Co.,Ltd.

Nihon Suido Consultants Co.,Ltd.

Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad de Gestión de Agua No Facturada
en la Ciudad de Managua en la República de Nicaragua

Apéndices del Informe Final del Proyecto

- Apéndice 1: Desarrollo de modificación de la PDM
- Apéndice 2: Diagrama de flujo del trabajo
- Apéndice 3: Calendario del trabajo y su logro
- Apéndice 4: Plan de envío de expertos y su logro
- Apéndice 5: Carta de recepción de los equipos y materiales
- Apéndice 6: Carta de recepción de los bienes para el cumplimiento de las labores
- Apéndice 7: Minuta de discusiones de CCC (de 1er. a 6to.) y de la evaluación final conjunta
- Apéndice 8: Plan Básico de Reducción de Agua No Facturada
- Apéndice 9: Informe conclusivo del proyecto piloto
- Apéndice 10: Manual Práctico de Reducción de Agua No Facturada
- Apéndice 11: Guía Técnica para la Instalación de las Conexiones Domiciliarias y Micro Mediodres
- Apéndice 12: Reporte de ejecución de la capacitación para los funcionarios de ENACAL
- Apéndice 13: Plan de fortalecimiento de la capacidad humana de ENACAL y su logro
- Apéndice 14: Nota Breve del Proyecto (de 1ra. a 3ra.)
- Apéndice 15: Reporte de estudio para el desarrollo de tecnología de detección de las conexiones ilegales
- Apéndice 16: Fotografías de las actividades del proyecto
- Apéndice 17: Informe del Estudio de Línea Base

Apéndice 9: Informe conclusivo
del proyecto piloto



ENAOAL

ProGestión
Para reducir las pérdidas de agua



**PROYECTO DE FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE
GESTION DE AGUA NO FACTURADA
EN LA CIUDAD DE MANAGUA
EN LA REPUBLICA DE NICARAGUA**

INFORME CONCLUSIVO DEL PROYECTO PILOTO (Microsector AZA No.3)



Noviembre de 2018 (Versión Final)

**Equipo de acción para la reducción de ANF
con el apoyo de**



CTI Engineering International Co., Ltd.



Nihon Suido Consultants Co., Ltd.

CONTENIDO

Resumen	7-1
Capítulo 7 Medidas contra pérdidas reales y sus efectos	7-1
7.1 Prueba de paso	7-1
7.2 Obras de subsectorización y resultados de medición de las pérdidas de agua	7-5
7.3 Estimación del consumo de agua nocturno	7-9
7.4 Revisión de la relevancia del consumo de agua nocturno	7-10
7.5 Estimación del porcentaje de las pérdidas dentro del caudal mínimo nocturno	7-11
7.6 Cálculo de la pérdida media diaria	7-11
7.7 Estudio de la distribución de presión del agua	7-11
Capítulo 8 Medidas contra pérdidas aparentes y sus efectos	8-1
8.1 Medidas contra pérdidas aparentes	8-1
8.2 Estudio del rango de consumo de los usuarios ordinarios	8-4
8.3 Estudio del grado de precisión de los medidores existentes	8-8
8.4 Impacto del error instrumental de los medidores en la facturación actual	8-12
8.5 Efectos de las medidas contra las pérdidas aparentes	8-16
Capítulo 9 Análisis de los componentes del ANF	9-1
Capítulo 10 Análisis de la relación costo beneficio	10-1
10.1 Método de análisis de costo beneficio	10-1
10.1.1 Cálculo de beneficios	10-1
10.1.2 Cálculo de costos	10-4
10.1.3 Método de comparación de costo beneficio	10-5
10.2 Cálculo de costos	10-10
10.3 Cálculo de efectos	10-13
10.4 Cálculo de efectos costo beneficio	10-17
Capítulo 11 Comparación de indicadores de evaluación	11-1
Anexos	
Anexo 1. Costo de las medidas contra pérdidas reales	
Anexo 2. Costo de las medidas contra pérdidas comerciales	
Anexo 3. Hojas de Análisis Costo Beneficio	

Capítulo 1 Trasfondo y Resumen del Proyecto	1-1
1.1 Trasfondo del Proyecto	1-1
1.2 Resumen del Proyecto	1-2
1.3 Resumen del Proyecto Piloto	1-4
1.3.1 Introducción	1-4
1.3.2 Objetivo y Actividades del Resultado 2	1-6
1.3.3 Sistema de Ejecución del Proyecto	1-7
Capítulo 2 Datos de Línea de Base del Área Piloto No. 1 (AZA No.3)	2-1
2.1 Información básica	2-1
2.2 Situación de control del caudal de agua afluente	2-4
2.3 Caudal promedio de distribución de agua y caudal de distribución de agua durante la noche	2-6
2.4 Verificación de precisión del caudalímetro existente	2-7
2.5 Tasa de ANF como Línea Base	2-10
Capítulo 3 Estudio y actualización del libro de registro de usuarios	3-1
3.1 Estudio total de usuarios	3-1
3.2 Actualización de la información catastral	3-4
Capítulo 4 Elaboración del plan de ejecución del proyecto piloto	4-1
4.1 Flujo de las actividades	4-1
4.2 Cronograma definitivo de las actividades	4-3
Capítulo 5 Aislamiento hidráulicamente el Área Piloto No.1	5-1
5.1 Estudio de verificación para el aislamiento hidráulico del Área Piloto	5-1
5.2 Revisión de aislamiento hidráulico durante las actividades piloto	5-1
Capítulo 6 Monitoreo del ANF en el Área Piloto No.1	6-1
6.1 Monitoreo del volumen de ANF	6-1
6.2 Descripción de las medidas de reducción de ANF y los componentes del ANF	6-5
6.3 Monitoreo del Caudal Mínimo Nocturno (Qmnf)	6-9

Resumen

I. Trasfondo del Proyecto

Este Proyecto Piloto fue realizado con la finalidad de que ENACAL conociera correctamente la situación actual y las causas de ANF en los microsectores con paisaje urbano más representativo de la ciudad de Managua, y que adquiriera técnicas prácticas de reducción de ANF. Las experiencias y el know-how adquiridos en estas actividades serán compartidos en todos los niveles de ENACAL a través de los talleres que se celebrarán aparte, y se espera que sean de utilidad para la reducción de ANF en toda la Nicaragua en el futuro.

II. Información del área piloto

II-1. Información del área piloto

El área objeto de las actividades piloto del año 2018 es el Microsector denominado como MS No.61.



Figura 1 Ubicación de las áreas piloto

II-2. Número de conexiones en el área piloto

Esta es una zona residencial ocupada en su mayor parte por viviendas de la clase media y baja, siendo una zona donde en una parte existen quioscos y restaurantes. Es una zona de la ciudad de Managua donde la seguridad es bastante buena, y se puede decir que es un paisaje urbano común en la ciudad.

Aunque no está aclarado el número de población actual en dicha área, el número de conexiones de uso de agua es de 990 casos.

III. Período del proyecto piloto

El proyecto piloto se realizó durante 16 meses desde abril de 2018 hasta julio de 2019.

IV. Actividades realizadas para la reducción de ANF y su resultado

IV-1. Tasa de ANF como línea base

Se consiguieron datos posteriores a septiembre de 2016, con lo cual se comprobaron los cambios en la tasa de ANF por la comparación del volumen de distribución y el volumen facturado. La cantidad de distribución de agua es el valor señalado en el medidor de caudal observado visualmente una vez al mes.

En cuanto a la cantidad de agua facturada, debido a que la lectura de medidores dura varios días, el período de medición del volumen de agua de distribución es diferente. Por esta razón, el índice de ANF por meses es un valor de referencia, lo ideal como valor de línea base sería calcular el índice de ANF en un determinado período.

Entre septiembre de 2016 a agosto de 2017 son 11 meses que se pudo registrar con certeza el volumen de distribución de agua, y a partir de estos datos recopilados, se calcula que el índice promedio de ANF fue del 42.5%.

Con el objeto de evaluar el efecto costo-beneficio en octubre de 2019, el proyecto piloto se termina con la lectura de micromedidores del mes de septiembre de 2019.

Se muestra el resultado de monitoreo de ANF en el momento de agosto de 2019, en lo que se observa 17.4% de la tasa de ANF.

Tabla 1 Registro de distribución de agua y consumo facturado

Mes de facturación	Subtotal 2018	01/2018	02/2018	03/2018	04/2018	05/2018	06/2018	07/2018	08/2018	09/2018	10/2018	11/2018	12/2018
Distribución por mes (m3)	555 706	44 720	43 018	38 398	53 920	44 710	47 420	48 450	45 380	45 380	51 040	43 470	46 580
Plazo de distribución por día (m3/día)		31	30	30	30	31	28	32	30	30	31	30	31
Distribución por día (m3/día)		1 443	1 434	1 280	1 739	1 490	1 694	1 514	1 620	1 513	1 646	1 449	1 503
Consumo facturado por mes (m3)	352 286	29 307	27 558	30 406	29 798	26 861	27 368	29 691	28 615	28 982	30 658	32 856	30 186
Facturación efectiva por día (m3/día)		24 464	22 934	26 114	25 362	21 867	22 264	24 527	23 329	23 758	25 143	24 235	25 573
Facturación estimada por día (m3/día)		4 943	4 624	4 292	4 436	4 994	5 104	5 164	5 286	5 224	5 515	5 621	4 613
Plazo de lectura (día)		31	30	30	31	30	28	32	30	30	31	30	31
Consumo facturado por día (m3/día)		945	919	1 014	961	895	977	926	954	966	989	1 085	974
ANF por mes (m3)	203 420	15 413	15 460	7 992	24 122	17 849	20 052	18 759	19 985	16 398	20 382	10 614	16 394
ANF por día (m3)		497	515	266	778	595	716	566	666	547	657	354	529
Tasa de ANF (%)	36.6	34.5	35.9	20.8	44.7	39.9	42.3	38.7	41.1	36.1	39.9	24.4	35.2

Mes de facturación	Subtotal 2019	01/2019	02/2019	03/2019	04/2019	05/2019	06/2019	07/2019	08/2019	09/2019
Distribución por mes (m3)	347 650	43 340	37 040	43 310	43 630	37 520	38 030	37 570	33 570	33 640
Plazo de distribución por día (m3/día)		31	29	29	32	31	28	30	32	31
Distribución por día (m3/día)		1 398	1 277	1 493	1 363	1 210	1 358	1 252	1 049	1 085
Consumo facturado por mes (m3)	254 820	29 657	27 120	28 417	31 586	28 234	27 152	28 119	27 736	26 799
Facturación efectiva por día (m3/día)		24 828	22 533	16 228	28 121	23 071	21 307	21 845	23 240	22 318
Facturación estimada por día (m3/día)		4 829	4 567	12 189	3 465	5 163	5 845	6 274	4 496	4 481
Plazo de lectura (día)		31	29	29	32	31	28	30	32	31
Consumo facturado por día (m3/día)		957	935	980	987	911	970	937	867	864
ANF por mes (m3)	92 830	13 683	9 920	14 893	12 044	9 286	10 878	9 451	5 534	6 841
ANF por día (m3)		441	342	514	376	300	389	315	182	221
Tasa de ANF (%)	26.7	31.6	26.8	34.4	27.6	24.7	28.6	25.2	17.4	20.3



Figura 2 Tasa de ANF de la línea base (año 2016)

IV-2. Tasa ANF final

Desde que se inició el Proyecto, el monitoreo del ANF en el Área Piloto MS No.61 se realiza con los siguientes datos proporcionados por el DANF.

- Volumen de distribución, volumen facturado y ANF mensuales;
- El caudal diario puesto en distribución y el caudal mínimo nocturno a la entrada del área piloto.

Para calcular una correcta tasa de ANF, es necesario que ambos periodos coincidan exactamente.

La lectura de micromedidores se realiza una vez al mes, por lo tanto, mediante la consulta previa se llegó a un acuerdo de que finalizaría la lectura de micromedidores del sector en un día determinado de cada mes y contabilizaría el volumen de distribución coincidiendo con el día de la lectura.

Tabla 2 Descripción de las acciones para reducir el ANF (propuesta)

Medidas contra la pérdida real	Medidas contra la pérdida aparente
<ul style="list-style-type: none"> - Medición y análisis del caudal mínimo nocturno - Subsectorización de las áreas piloto y prueba de pasos ^(zona 1) - Medición directa de las pérdidas en las áreas de distribución específicas - Estudio de fuga mediante detector sónico - Reducción de fuga mediante la optimización de la presión de agua - Medición del volumen de fugas detectadas - Reparación de las fugas en las cajas de medidores - Estudio de fuga dentro de los predios (parte de los servicios domiciliarios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparación de los resultados de lectura de los medidores y el volumen facturado - Corrección y actualización del libro de registro de usuarios - Reparación de la conexión equivocada con el sector contiguo a los grifos - Mejoramiento de la tasa de lectura de los medidores - Mejoramiento de exactitud del trabajo de lectura - Corrección de los datos de facturación - Detección, eliminación y legalización de las conexiones ilícitas - Evaluación del grado de precisión del medidor de agua - Instalación de los medidores de agua apropiados - Mejoramiento del método de instalación de las cajas de medidores

Nota 1: La prueba de paso, consiste en segmentar el área servida en pequeños bloques, y medir el volumen mínimo en las horas nocturnas manteniendo la válvula para detectar el volumen de fuga latente de cada bloque.

VI. Relación costo beneficio de las medidas contra la reducción de ANF

VI-1 Cálculo de beneficios

Se puede suponer dos beneficios, la reducción del caudal de distribución en el área y el incremento del caudal de agua facturada.

Los beneficios anteriormente mencionados se generan después de la ejecución del Proyecto hasta que el ANF se retorne completamente, disminuyéndose constantemente por una cierta cantidad. En esta estimación, se considera el incremento no solo de la fuga sino también de conexión ilegal.

Los beneficios también se generan durante la ejecución del Proyecto incrementándose progresivamente como se muestra en la siguiente Tabla, los cuales se contabilizan también como beneficio. Cabe señalar que durante la ejecución del Proyecto la reducción de la tasa de ANF no es lineal sino con variaciones, sin embargo, para simplificar el cálculo en este análisis, se presume una reducción lineal de una cierta cantidad constante con el transcurso del tiempo.

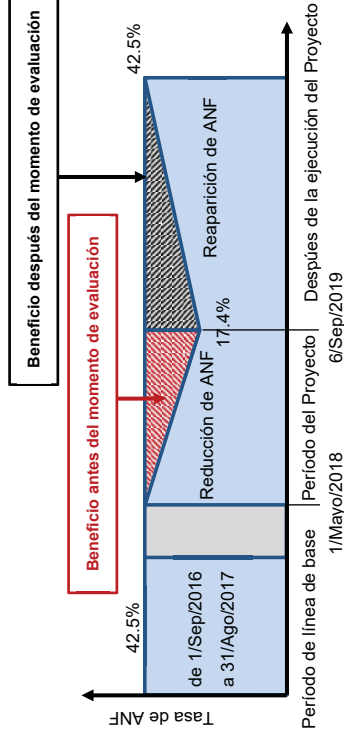


Figura 4 Período de generación del beneficio (ilustrativo)

VI-2 Cálculo de relación costo beneficios

[Indicador 1: Costo por caudal unitario ahorrado (caudal de ANF reducido)]

Estos son costos de implementación de las medidas para reducir $1m^3$ el ANF (o consumo de agua facturada incrementado y volumen de distribución reducido). Si estos son inferiores al costo de producción de agua de ENACAL, está comprobado de que las medidas contra ANF del Proyecto Piloto han logrado incrementar el caudal de distribución a un costo inferior al promedio de costo unitario de suministro de agua de ENACAL.

En MS No.61 se estableció un período de 7 años como período de efectividad, y para efectos únicamente de las medidas contra las pérdidas aparentes, se estableció un período de 5 años considerando los años de vida útil de los micromedidores.

Tabla 3 Costo por caudal unitario ahorrado

	Gasto generado	Costo unitario de producción de agua en Managua
Proyecto total	5,754 C\$/m ³	< 9.86 C\$/m ³
Medidas contra pérdida aparente	1,932 C\$/m ³	< 9.86 C\$/m ³
Medidas contra pérdida real	7,212 C\$/m ³	< 9.86 C\$/m ³

El costo unitario del ahorro del volumen del Proyecto piloto resulta más bajo que el costo de producción promedio de la Ciudad de Managua en todos los casos: Proyecto piloto en su totalidad, Medidas contra las pérdidas aparentes y Medidas contra las pérdidas reales. Esto indica que es posible producir el volumen de agua a un costo inferior al promedio.

[Indicador 2: Período de recuperación del costo de medidas contra ANF]

Esto es el beneficio producto de las medidas contra ANF e indica el período que permite recuperar el costo de medidas. Si dicho período es menor al supuesto período de efectividad de la reducción de ANF, se concluye que se puede recuperar el costo de medidas.

En el Proyecto piloto de MS No.61, se demostró que es posible recuperar el costo de medidas contra ANF en menos de un año en caso de las medidas contra las pérdidas aparentes, en condición de que se asegure 8 años del período de efectividad en caso de las medidas contra las pérdidas reales, y 5 años y 4 meses para el Proyecto piloto en su totalidad.

En caso de las medidas contra las pérdidas reales, aunque hubo mayores efectos de reducción del volumen de distribución, el costo de medidas de ANF (sobre todo el costo de personal) es relativamente alto, por lo tanto, se requieren más largo tiempo como período de efectividad para recuperar el costo generado.

Tabla 4 Período de recuperación del costo de medidas contra ANF

	Período necesario para recuperación del costo
Proyecto total	63.25 meses (5.3 años aprox.)
Medidas contra pérdida aparente	10.01 meses (0.8 años aprox.-)
Medidas contra pérdida real	95.76 meses (8.0 años aprox.)

[Indicador 3: Relación costo beneficio (estableciendo un período de efectividad)]

La relación se calcula dividiendo el beneficio entre el costo, e indica la comparación del beneficio con el costo. Si el resultado es mayor a 1, significa que el beneficio > el costo, lo que implica que el Proyecto genera utilidades.

Se calculó de la siguiente manera, estimando un período de efectividad de 7 años (en caso de únicamente las medidas contra las pérdidas aparentes, 5 años).

Tabla 5 Beneficio / Costo

	Beneficio / Costo	Valor de criterio
Proyecto total	1.261	> 1
Medidas contra pérdida aparente	2.899	> 1
Medidas contra pérdida real	0.895	< 1

En el Proyecto piloto de MS No.61, es posible generar utilidades donde el beneficio supera el costo en 7 años de período de efectividad en caso del Proyecto piloto en su totalidad y en 5 años en caso de las Medidas contra las pérdidas aparentes.

Sin embargo, únicamente en caso de las medidas contra las pérdidas reales, se descubrió que el costo superaba ligeramente el beneficio y que, si el período de efectividad fuera 7 años, se generarían pérdidas.

Aparte de dichos beneficios, se consideran los siguientes beneficios cualitativos provenientes de la reducción de fugas que justifican la importancia de medidas contra agua no facturada:

- Beneficio de permitir frenar el desarrollo de las nuevas fuentes de agua
- Beneficio de permitir frenar la construcción de las nuevas instalaciones de suministro de agua (purificación y distribución)
- Beneficio de efectos de prevención de daños secundarios

VI-3 Condiciones para calcular el efecto

La siguiente tabla muestra el caudal de distribución, el caudal facturado, la tasa de ANF, etc. del Área Piloto MS No.61 de la línea de base (de inicios de septiembre de 2016 a inicios de agosto de 2017), del momento después de reparación de fugas (de inicios de mayo a inicios de junio de 2019) y del momento de evaluación (de inicios de agosto a inicios de septiembre de 2019).

Tabla 6 Condiciones para calcular el efecto

Antes de la ejecución del Proyecto Piloto	Después de ejecución de las medidas contra pérdidas reales (físicas) (Reparación de fugas y control de presión)	Después de ejecución de las medidas contra pérdidas aparentes (comercial) y reemplazo de conexión domiciliaria (Momento final del proyecto piloto)
Área del proyecto: MS No.61	Área del proyecto: MS No.61	Área del proyecto: MS No.61
Periodo de evaluación: de 1/sep/2016 a 31/ago/2017	Periodo de evaluación: Vol. de distribución de 6/mayo/2019 a 6/junio/2019 (31 días) Intervalo de micromedición de 6/mayo/2019 a 6/junio/2019 (31 días)	Periodo de evaluación: Vol. de distribución de 3/ago/2019 a 4/septiembre/2019 (32 días) Intervalo de micromedición de 3/ago/2019 a 4/septiembre/2019 (32 días)
Vol. promedio mensual de distribución: 51,531 m ³ /mes	Vol. mensual de distribución real: 37,520 m ³ Ajuste: 36,814 m ³ /mes*	Vol. mensual de distribución real: 33,570 m ³ Ajuste: 31,909 m ³ /mes*
Vol. promedio diario de distribución: 1,694 m ³ /día	Vol. promedio diario de distribución: 1,210 m ³ /día	Vol. promedio diario de distribución: 1,049 m ³ /día
Vol. promedio de facturación: 29,610 m ³ /mes	Vol. de facturación real: 28,234 m ³ Ajuste: 27,703 m ³ /mes*	Vol. de facturación real: 27,736 m ³ Ajuste: 26,364 m ³ /mes*
Tasa de ANF: 42.5%	Tasa de ANF: 24.7%	Tasa de ANF: 17.4%

Nota: * Se hizo la corrección estableciendo un mes como 30.4167 días (365 días ÷ 12 meses).

VI-4 Efectos confirmados por las medidas contra la reducción de ANF

Para calcular en qué medida han contribuido tanto las pérdidas aparentes como las pérdidas reales en la reducción del índice de ANF, es necesario realizar completamente la división de los períodos en que se ejecutaron las medidas contra las pérdidas aparentes y cuando se ejecutaron las medidas contra las pérdidas reales. Sin embargo, debido a que en el Proyecto Piloto se dió mayor importancia al rendimiento, en la segunda mitad de las actividades se le está dando mayor interés a la época en que se realizaron dichas medidas. Por consiguiente, después de hacer la hipótesis de las condiciones, se efectuó las siguientes suposiciones sobre los efectos de cada medida.

(1) Efectos por las medidas contra las pérdidas reales

En el proyecto piloto, se han realizado la reparación de fugas hasta febrero de 2019, posteriormente se ha realizado el ajuste de presión con la válvula reguladora hasta abril de 2019, por lo que la tasa de ANF del mes de mayo significa el efecto cuantificado de las medidas contra pérdidas reales.

Aunque se haya realizado el reemplazo de tuberías de acometida a partir de abril de 2019, aquí no está considerado dicho efecto puesto que no se ha observado la reducción de fugas como el efecto de dicho reemplazo.

Tabla 7 Efectos de las medidas contra las pérdidas reales

Ítems	Valor antes de inicio del proyecto piloto	Valor después de ejecución de las medidas contra las pérdidas reales (Mayo de 2019)	Observaciones
Volumen promedio de distribución de agua	51,531 m ³ /mes	36,814 m ³ /mes	Los valores de mayo de 2019 se han convertido según "30.4167/día por mes".
Volumen promedio de agua facturada	29,610 m ³ /mes	27,703 m ³ /mes	
Volumen promedio de ANF	21,921 m ³ /mes	9,111 m ³ /mes	
Tasa de ANF	42.5%	24.7%	
Bajada de tasa de ANF		-17.8%	

(2) Efectos por las medidas contra las pérdidas aparentes

Las medidas contra pérdidas aparentes que inició a partir de mayo de 2019 consisten en el reemplazo de micromedidores y la legalización de conexiones ilegales.

Aquí se realizó un análisis de efectos con los datos de ANF del mes de agosto de 2019.

Tabla 8 Efectos de las medidas contra las pérdidas aparentes

Ítems	Valor después de ejecución de las medidas contra las pérdidas reales (Mayo de 2019)	Valor después de ejecución de las medidas contra las pérdidas aparentes (Agosto de 2019)	Observaciones
Volumen promedio de distribución de agua	36,814 m ³ /mes	31,909 m ³ /mes	Los valores de mayo de 2019 se han convertido según "30.4167 día por mes".
Volumen promedio de agua facturada	27,703 m ³ /mes	26,364 m ³ /mes	
Volumen promedio de ANF	9,111 m ³ /mes	5,545 m ³ /mes	
Tasa de ANF	24.7%	17.4%	
Bajada de tasa de ANF			-10.0%

VII Lecciones aprendidas de la comparación con el Proyecto Piloto en AZA No.3

Un punto que se debe tomar en cuenta cuando se ejecuta el Proyecto piloto es no aferrarse a la tasa de ANF como única meta de las medidas, ya que posiblemente no podrán prever otros efectos esperados.

Entre el AZA No.3 (incluye zonas comerciales) y el MS No.61 (básicamente viviendas particulares), existe una gran diferencia en el volumen total de distribución, más que el número de usuarios (ver la Tabla 10.14, 1 y 2). Los resultados indican que a pesar de que se mejoró considerablemente la tasa de ANF en el MS No.61, el volumen de distribución reducido y el volumen facturado incrementado fueron inferiores que el AZA No.3 (véase la misma Tabla 8).

Por otro lado, en el MS No.61 se empleó igual o mayor período de implementación de las medidas y gastos que en el AZA No.3, por lo tanto, al analizar la relación costo-efectividad, se produjeron resultados muy diferentes entre ambos.

El beneficio monetario tiene una relación directa con el volumen de distribución reducido y el volumen facturado incrementado, por lo tanto, cuando se analiza el período de finalización mientras se ejecutan las medidas de reducción de ANF, no hay que juzgar únicamente por la tasa de ANF sino también es necesario conocer el volumen de distribución reducido y el volumen facturado incrementado como volumen absoluto.

De igual manera, en la etapa de planificación antes de implementar las medidas, se puede estimar el volumen de distribución reducido que se espera a partir del volumen total de distribución y el volumen de ANF en el área objeto, luego determinar el número adecuado del personal a asignar y el período aproximado de las medidas (período de finalización).

Tabla 9 Comparación de costo-efectividad entre el AZA No.3 y el MS No.61

Ítems	AZA No.3	MS No.61
1. Volumen de distribución total (Línea base)	122,530 m ³ /mes	51,531 m ³ /mes
2. Número de usuarios	1,429 conexiones	990 conexiones
3. Período de ejecución de las medidas contra ANF	16 meses (de enero/2017 a abril/2018)	16 meses (de abril/2018 a julio/2018)
4. Costo total de las medidas contra ANF ¹	4,977,817 CS	5,326,736 CS
5. Tasa de ANF	55.4% → 37.3%	42.5% → 17.4%

Ítems	AZA No.3	MS No.61
(Línea bases → Después de las medidas)		
6. Variación de la tasa de ANF	-18.1%	-25.1%
7. Volumen de distribución (después de las medidas contra ANF)	98,172 m ³ /mes	31,909 m ³ /mes
8. Volumen de distribución reducido	24,358 m ³ /mes	19,622 m ³ /mes
9. Consumo facturado		
(Línea bases → Después de las medidas)	54,669 → 61,575 m ³ /mes	29,610 → 26,364 m ³ /mes
10 Consumo facturado incrementado	6,906 m ³ /mes	-3,246 m ³ /mes
11. Efecto costo-beneficio	Totalidad del Proyecto: 1.9 años Medidas contra pérdidas aparentes: 1.5 años Medidas contra pérdidas reales: 2.0 años	Totalidad del Proyecto: 5.3 años Medidas contra pérdidas aparentes: 0.8 años Medidas contra pérdidas reales: 8.0 años

Nota *1: Gasto generado durante el proyecto piloto.

VIII Lecciones y recomendaciones para realizar las medidas contra ANF

La detección de fugas de agua visibles y no visibles y reparaciones que ha venido ejecutando el Departamento de ANF son muy importantes, sin embargo, sin el esclarecimiento de la ubicación de las tuberías obsoletas, la determinación del destino desconocido de distribución de agua y sin la solución fundamental de las conexiones ilegales, es imposible realizar una reducción significativa de ANF.

Por parte del Departamento de ANF, se ha logrado obtener un nivel satisfactorio en cuanto al desarrollo de técnicas de detección de fugas, reparación de tuberías y determinación de tuberías que no se encuentran dentro del catastro de redes. Por lo tanto, sería importante seguir haciendo el trabajo a la vez que se mejora el grado de destreza a través de las labores rutinarias diarias. Se espera que los conocimientos y técnicas correctas que se están adquiriendo se difundan a toda ENACAL

Por otro lado, en lo que respecta a la detección de conexiones ilegales y a la localización de tuberías que no están registradas en catastro, a excepción del Departamento de ANF no hay otro departamento en ENACAL que cuente con las técnicas adecuadas para la realización de dichas tareas. Estas labores corresponden a la Gerencia Comercial. Sin embargo, las medidas contra las conexiones ilegales no dependen únicamente de esfuerzo considerable que se realiza por el personal de campo, sino que también se tiene que contar con el equipo efectivo para la detección. Por este motivo, además de utilizar los detectores de sonido existentes, se requiere la introducción experimental de tecnologías basadas en nuevos puntos de vista.

En el Proyecto, también ha quedado esclarecido que en la información del libro mayor de clientes se encuentran incluidos errores. Además, se ha verificado que es difícil conocer con exactitud el periodo de lectura del micromedidor y el periodo de facturación. Es muy importante actualizar periódicamente el libro mayor de clientes y la comunicación y entendimiento entre el personal del sitio con los departamentos relacionado con el ingreso de datos informativos. Por otro lado, en ENACAL se está mejorando el sistema de control de clientes, y tienen previsto el uso de un sistema que pueda fácilmente conocerse el periodo de lectura de micromedidores y el periodo de facturación, sobre el cual se espera su realización.

A través del Proyecto se apoya el mejoramiento técnico de medidas contra las conexiones ilegales en los aspectos técnicos y de equipos, siendo necesario la creación de un sistema de actividades de reducción de ANF, de manera que con las medidas contra las pérdidas físicas por parte del Departamento de ANF y las medidas contra las pérdidas comerciales por parte de la Gerencia Comercial avancen paralelamente.

Capítulo 1 Trasfondo y Resumen del Proyecto

1.1 Trasfondo del Proyecto

En la República de Nicaragua (en adelante denominada como “Nicaragua”), el Plan Nacional de Desarrollo Humano posiciona como tema prioritario “un acceso sostenible al agua segura para el pueblo” y está avanzando el fortalecimiento organizativo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (en adelante denominada como “ENACAL”), encargada de la gestión de implementar servicios de agua potable y alcantarillados en el área metropolitana de Managua y otras ciudades.

En cuanto al desarrollo del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Managua, capital del país, distintas instituciones, tales como el Banco Interamericano de Desarrollo (en adelante denominado como “BID”) y el Banco Mundial, incluyendo el Gobierno de Japón, han venido brindando apoyo. En 2005, JICA realizó el “Estudio de Desarrollo para el Abastecimiento de Agua Potable a Mediano y Largo Plazo de la Ciudad de Managua”, y como resultado de dicho estudio se elaboró un Plan Maestro para el Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de Managua con el año enfocado de 2015 (en adelante denominado como “Plan Maestro”), indicando una dirección específica del desarrollo del sistema de abastecimiento en la ciudad de Managua. ENACAL ha venido desarrollando varios proyectos, tales como el desarrollo y reparación de fuentes de agua con el fin de incrementar el volumen de suministro y la ampliación del sistema de transmisión y distribución de agua, en cooperación con distintos donantes de acuerdo al plan de acción a mediano y largo plazo indicado en el Plan Maestro.

Como consecuencia, ha mejorado en forma significativa la capacidad de ENACAL para el abastecimiento de agua en la ciudad de Managua. Desde el punto de vista del servicio integral de agua potable, sin embargo, aún quedan varios problemas y aun en la zona urbana se encuentran barrios donde no se suministra el agua con un tiempo completo. Como sus razones principales, se pueden mencionar los 3 puntos siguientes:

- a. Falta del sistema de almacenamiento de agua capaz de responder a la variación de la demanda
- b. Estructuración atrasada de las redes eficientes de distribución de agua
- c. Pérdidas físicas representadas por fugas de agua, pérdidas comerciales por el robo de agua e indisponibilidad de micromedidores, falta del plan de mantenimiento, etc.

Especialmente, la tasa de agua no facturada (en adelante denominada como ANF) en la ciudad de

Managua es estimada entre el 40 y 50 % en 2012. Por lo tanto, el bajar la tasa de ANF se ha convertido en el desafío prioritario, con el fin de mejorar el estado financiero deficitario de ENACAL y asegurar un fondo necesario de inversión para mejorar el tiempo de abastecimiento.

ENACAL está tomando medidas contra ANF, centrándose en la macro- y microsectorización de redes de distribución de acuerdo a las sugerencias del Plan Maestro, la Política Nacional y el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional en cooperación con otros donantes. Sin embargo, debido a que no existe “un plan de reducción de ANF a mediano y largo plazo” y no está tomando medidas con transversalidad organizativa para resolver el problema de ANF, las medidas tomadas hasta la fecha no han tenido efectividad.

Este Proyecto Piloto fue realizado con la finalidad de que ENACAL conociera correctamente la situación actual y las causas de ANF en los microsectores con paisaje urbano más representativo de la ciudad de Managua, y que adquiriera técnicas prácticas de reducción de ANF. Las experiencias y el know-how adquiridos en estas actividades serán compartidos en todos los niveles de ENACAL a través de los talleres que se celebrarán aparte, y se espera que sean de utilidad para la reducción de ANF en toda la Nicaragua en el futuro.

1.2 Resumen del Proyecto

A continuación se indica el perfil global del Proyecto de Cooperación Técnica en lo que se establecen 4 resultados esperados y sus actividades respectivamente. El Proyecto Piloto corresponde al Resultado 2.

Tabla 1.1 Perfil del Proyecto

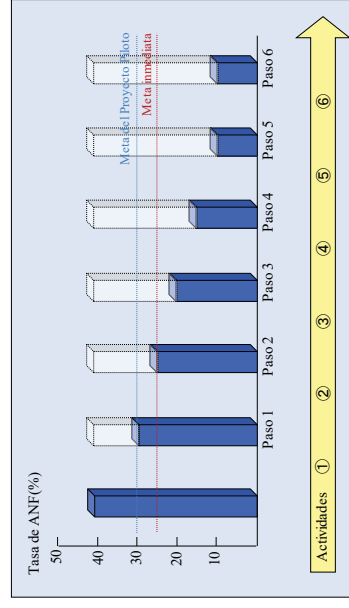
1. Título del Proyecto	Proyecto del Fortalecimiento de la Capacidad de Gestión de Agua no Facturada en la ciudad de Managua en la República de Nicaragua
2. Objetivo superior	Las actividades de reducción de agua no facturada (ANF) en la ciudad de Managua se ejecutan de manera planificada.
3. Objetivo del Proyecto.	Se tiene la base adecuada para implementar acciones contra ANF en la ciudad de Managua de manera planificada.
4. Resultados	1) Se fortalece la capacidad de ENACAL de elaboración del plan de reducción de ANF. 2) Se fortalece la capacidad de ENACAL para ejecutar acciones para reducir ANF. 3) Se fortalece la capacidad de ENACAL para controlar la calidad de la instalación de conexiones domiciliarias (tuberías y micromedidores). 4) Se fortalece la capacidad de planificación y ejecución de capacitación sobre las medidas de reducción de ANF para el personal técnico de ENACAL.

5. Área del Proyecto	La ciudad de Managua
6. Instituciones involucradas	(Entidad responsable) Ministerio de Relaciones Exteriores de Nicaragua (Entidad ejecutora) ENACAL
7. Periodo del Proyecto	Enero de 2017 - Enero de 2020 (Fase 1: enero de 2017 – diciembre de 2017) (Fase 2: enero de 2018 – diciembre de 2018) (Fase 3: enero de 2019 – enero de 2020)

1.3 Resumen del Proyecto Piloto

1.3.1 Introducción

Las etapas de las medidas de reducción de ANF se muestra a continuación. La aplicación de las medidas que empieza en la etapa 1 durará en las 6 etapas hasta que se establezca la tasa de ANF. Las acciones para la reducción de ANF que se realizarán en las áreas piloto del Proyecto cubrirán las primeras 2 etapas y una parte de la etapa 3 en lo que comienza la reparación de fugas, y posteriormente en el resto de las etapas se exige que ENACAL se esfuerce por lograr el resultado, aprovechando el sistema de capacitación que se describirá después.



- ① Reducción de fugas superficiales de agua y pérdidas aparentes
 - Recorrido de observación
 - Medidas contra el robo de agua,
 - Reemplazo de micromedidores de mal funcionamiento
 - Reducción de medición errónea
- ② Reducción de fugas subterráneas de agua
 - Mejora de técnica de detección de fugas de agua
 - Sectorización de redes de tuberías
- ③ Prevención de la reparación de fugas de agua
 - Preparación de planos correctos de tuberías
 - Regulación de la presión de agua
 - Aceleración de reparación de tuberías
 - Renovación de tuberías deterioradas
- ④ Continuación de actividades para la prevención de fugas de agua
 - Revisión y mejora de trabajos de reducción de pérdidas
 - Capacitación de alta tecnología
- ⑤ Paso final de actividades para la prevención de fugas de agua hasta cierto nivel
 - Reemplazo perfecto de tuberías obsoletos
 - Racionalización de organización
- ⑥ Freno a la subida repetida de la tasa de agua no facturada
 - Continuación de trabajos al mínimo para la reducción de pérdidas de agua

Figura 1.1 Pasos para el desarrollo de actividades de reducción de ANF

En el área piloto se identificó en una etapa temprana la línea de base par ala toma de medida de reducción de ANF y se cuantificó la reducción de ANF lograda mediante la aplicación de medidas en el Proyecto, luego se realizó la evaluación de efectos costo-beneficio comparando los efectos cuantificados con la inversión.

El resultado final fue compartido con las personas no involucradas en el Proyecto Piloto y los dirigentes de ENACAL, llevando el comprensión profunda para la reducción de ANF y el mejoramiento de motivación de las mismas.

1.3.2 Objetivo y Actividades del Resultado 2

El objetivo del Resultado 2 es “Se fortalece la capacidad de ENACAL para ejecutar acciones para reducir ANF.” Para lograr dicho objetivo se han programada las siguientes actividades:

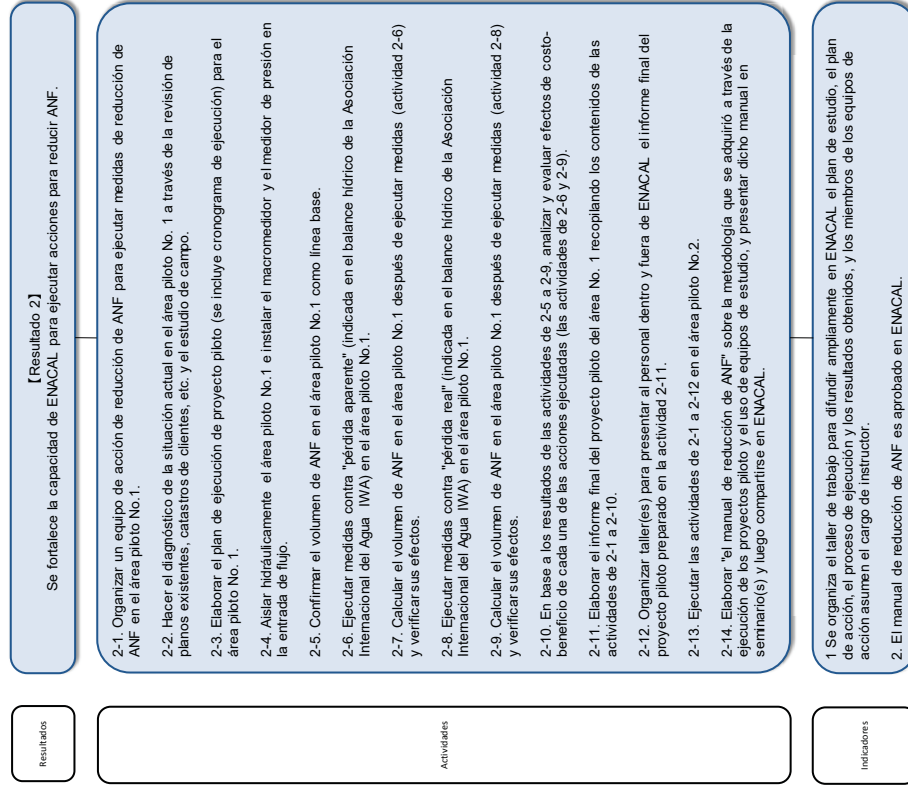


Figura 1.2 Actividades e indicadores del Resultado 2

1.3.3 Sistema de Ejecución del Proyecto

Con el fin de agilizar la ejecución de las actividades relacionadas con el Resultado 2, se conformó el Equipo de Acción para la reducción de ANF.

Las personas involucradas en las actividades piloto son las que pertenecen al Departamento de ANF y la Gerencia Comercial.

El Departamento de ANF cumple su papel central de reducir ANF en la ciudad de Managua con la responsabilidad de reducción de pérdida física.

En otro lado, el papel que desempeña la Gerencia Comercial con relación a ANF es la gestión de lectura de micromedidores y facturación, cobranza y recaudación de tarifas, análisis de pérdidas por error en la lectura de micromedidores y por facturación, reducción de pérdidas aparentes debidas a las conexiones ilegales.

A continuación se muestra el organigrama en momento de abril de 2018.

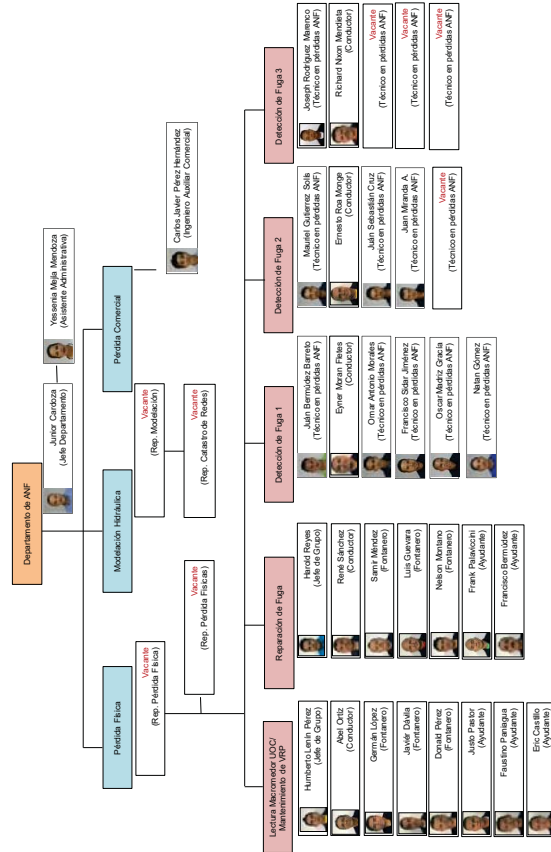


Figura 1.3 Organigrama del Departamento de ANF

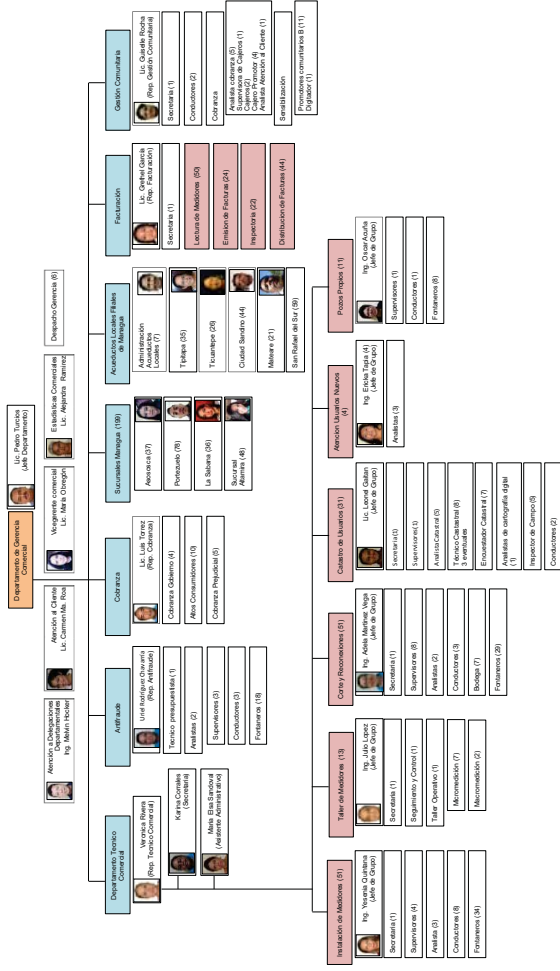


Figura 1.4 Organigrama de la Gerencia Comercial

Capítulo 2 Datos de Línea de Base del Área Piloto No. 1 (AZA No.3)

2.1 Información básica

Se realizó el estudio de las siguientes variables que representan la situación actual del área piloto AZA No.3 para obtener los datos más actualizados. Estos datos fueron organizados como resultados del estudio de línea de base y fueron reflejados en el plan de ejecución del proyecto piloto a ser elaborado junto con el Equipo de Acción para la reducción de ANF.

- Planos de la red de distribución de agua e historia de actualización
- Lista de usuarios y de facturación
- Condiciones de los medidores de flujo
- Condiciones de las conexiones ilícitas
- Datos históricos de caudal y de presión de agua
- Situación actual del servicio de agua potable (visita a los usuarios)

Tabla 2.1 Perfil del Área piloto No.1 (AZA No.3)

Área	Descripción del Área
AZA No.3	Este se encuentra en el área de distribución de agua de zonas altas de la ciudad de Managua, tiene una superficie de aproximadamente 878,900 m ² , mide de este a oeste 0.8km, y de norte a sur 1.1km. La fuente de agua de suministro a dicho distrito proviene en su mayoría bombeada del lago Asososca, aunque parcialmente incluye también el agua del pozo Las Madres. Es un área donde se realizó la sectorización (independización hidráulica) mediante PRASMA del Banco Mundial, y a finales del año 2016, los usuarios de agua potable fueron de 1,328 Conexiones. El área, es una mezcla de viviendas de familias de medianos y bajos ingresos, hoteles de clase media de poca altura, terminal de autobús, establecimientos comerciales, oficinas, etc., siendo una zona relativamente segura dentro de la ciudad de Managua. En el año 2015, el Departamento de ANF de ENACAL comprobó la independización hidráulica de esta zona, la afluencia a esta zona proviene de un lugar, siendo posible el control por parte de la Unidad de Operación y Control (UOC).

Tabla 2.2 Información de las tuberías de agua de AZA-No.3

Tipo de tuberías	Díámetro (mm)	Longitud (m)
Tuberías de asbesto (AC)	200	1,616
	150	1,515
	100	6,374
	50	0
Tuberías de hierro fundido (HF)	200	1,009
	150	156
	100	291
Tuberías de policloruro de vinilo (PVC)	50	0
	200	0
	150	847
Tuberías de acero galvanizado (HG)	100	1,457
	50	342
Total	50	116
		13,723

Antes del inicio del proyecto piloto es sumamente importante confirmar la coherencia entre el libro mayor de usuarios y los usuarios actuales. Para lo cual, utilizando el personal de la División de ANF se realizó un estudio de visita a los usuarios existentes durante aproximadamente 3 semanas a partir de abril de 2017, confirmando la coherencia con el libro mayor de usuarios.

Como resultado de la encuesta, se descubrieron muchos defectos en el libro mayor y se señaló las posibilidades de conexiones ilegales, por lo cual se confirmó la necesidad de llevar adelante la actualización del libro mayor de usuarios en paralelo a la realización de las actividades piloto.

2.2 Situación de control del caudal de agua afluente

En la parte de afluencia de dicha área piloto, hay una cámara de concreto en cuyo interior se encuentra instalado un medidor de flujo tipo impulsor y un manómetro de agua. La medición del caudal se inició en marzo de 2015 y una vez al mes se realiza la verificación visual del flujo. La comunicación de datos a través de registradores de datos y de GPRS, se inició en febrero de 2016 y, en la actualidad los datos transferidos puede ser monitoreado en la Web.

El macromedidor fue suministrado por PRASMA del Banco Mundial y es de tipo impulsor (modelo inglés ELSTER H4000), el cual desde el dispositivo instalado en la parte superior del panel de instrucciones envía una señal de impulso cada 100 litros. Aunque tiene suficiente rendimiento para cumplir con el objetivo de controlar el caudal de suministro diario de agua, no se está utilizando para analizar detalladamente el caudal mínimo que se produce por las noches.

Tabla 2.3 Información del Macromedidor de AZA No.3

Fabricante	Elster (Inglaterra)
Modelo	H4000
Principio de medición	Tipo impulsor con eje horizontal (Woltman turbine)
Diámetro nominal	200
Rango de caudal (Estándar antiguo)	Caudal mínimo de uso $Q_{min}=4m^3/h$ ($\pm 5\%$) Caudal normal $Q_N=700m^3/h$ ($\pm 2\%$)
Salida de impulsos	Interruptor de lámina tipo transmisor
Intervalo de impulsos	100L/impulso
Fuente de energía	Innecesario

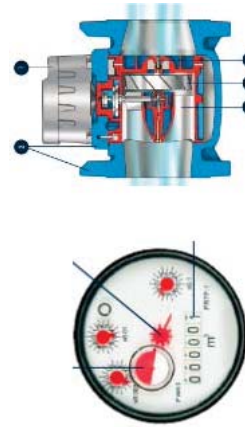


Figura 2.2 Macromedidor instalado en la parte de afluencia de AZA No.3

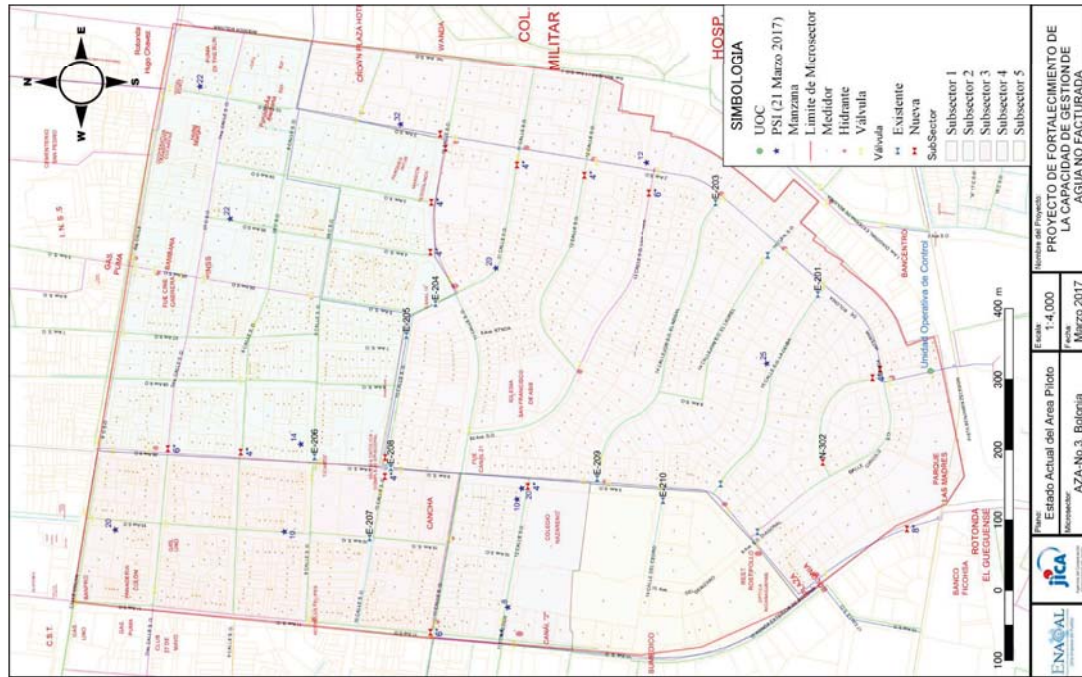


Figura 2.1 Plano de base del área piloto No.1

2.3 Caudal promedio de distribución de agua y caudal de distribución de agua durante la noche

Entre el jueves 2 y el viernes 3 de marzo de 2017, se midió los cambios de caudal y de la presión del agua al momento de afluencia del área piloto.

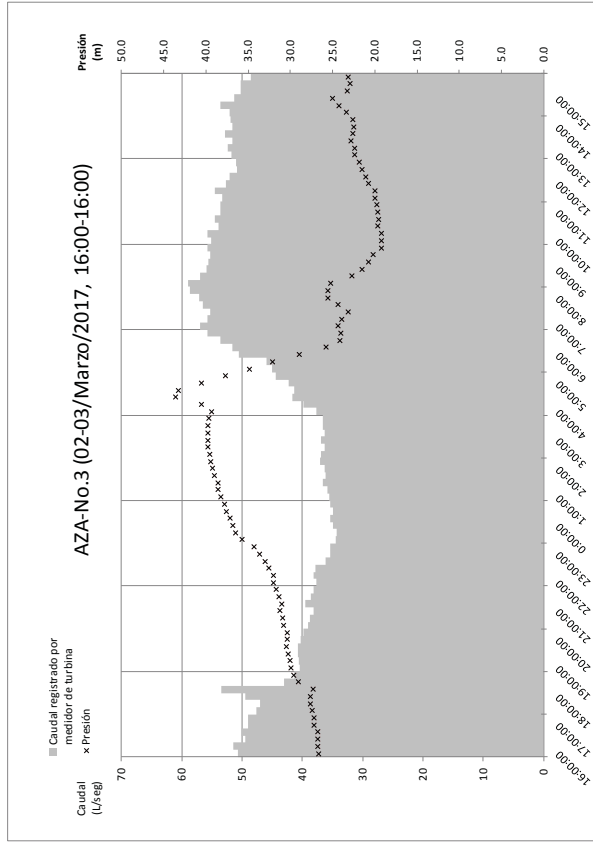


Figura 2.4 Variación del caudal de un día en AZA No.3

El caudal durante el día es de más de 50L/segundo, por otro lado, el caudal durante la noche no baja demasiado, manteniendo su nivel alto. Casi no varía con el caudal registrado en abril de 2016 antes mencionado, pudiendo ver que durante el pasado año se mantiene estable las condiciones de suministro.

Cuando a través de las actividades de PRASMA del Banco Mundial en el año 2015 se realizó la verificación de la presión de agua de la red de suministro, no hubo totalmente ninguna conexión con otras redes de suministro, comprobándose su independización hidráulica. Sin embargo, en ese

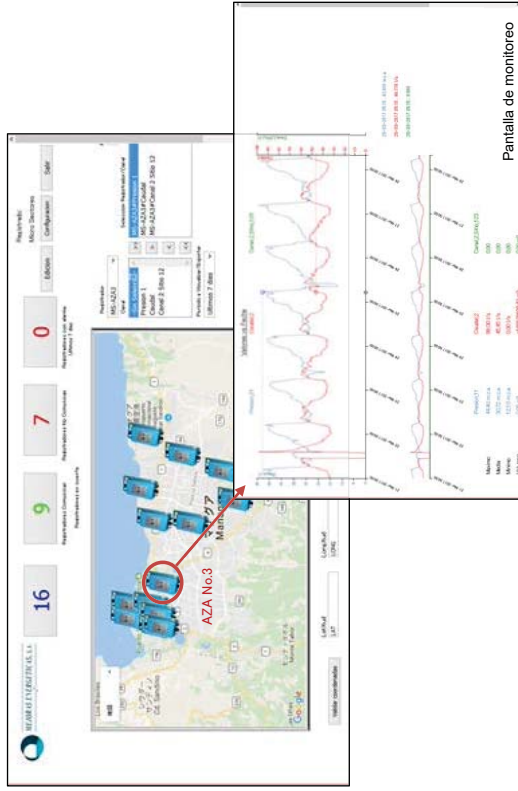


Figura 2.3 Pantalla de control del registrador de datos utilizado en el navegador Web

entonces no se había instalado medidores de caudal y, al no existir datos de caudal, no es posible verificar si se han producido cambios o no con la situación actual.

2.4 Verificación de precisión del macromedidor existente

El macromedidor instalado actualmente permiten realizar el monitoreo general de los cambios del caudal, pero no pueden captar los cambios de caudal en unidades de minutos o segundos. Por esta razón, con la instalación del caudalímetro ultrasónico, se ha llevado a cabo el registro de cambios de caudal en unidades de 10 segundos y el análisis inicial del caudal nocturno.

Como resultado, no hubo problemas en el macromedidor tipo turbina existente, comprobando que se tiene asegurada la fiabilidad en los valores medidos. Además, al no observar grandes cambios en el caudal aún en intervalos de 10 segundos, también será posible aclarar el volumen de agua utilizado constantemente durante la noche y ver si se producen fugas. Por esta razón, en el momento actual es difícil conocer si existe un horario en que no se utiliza agua (Horario libre).

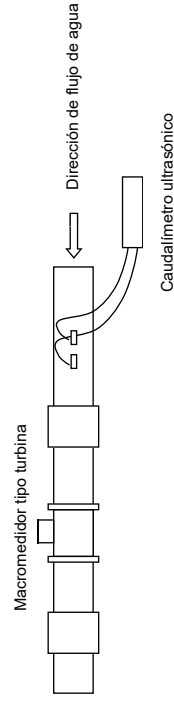


Figura 2.5 Esquema de la medición combinando con el caudalímetro ultrasónico

En las siguientes figuras se muestran los resultados de la comparación del caudal acumulado en 23 horas del día 2 al 3 de marzo del 2017.

Los caudalímetros tienen sus propias tolerancias de medición las cuales varían dependiendo del horario del caudal. Por ejemplo, un caudalímetro con una tolerancia positiva en el horario diurno con mayor caudal puede tener una tolerancia negativa en el horario nocturno con menor caudal.

Para conocer exactamente las tolerancias de medición, habría que realizar un estudio que implica el tiempo y los costos correspondientes, por lo que es difícil realizarlo como actividades del presente Proyecto.

Los resultados de la comparación del caudal acumulado en 23 horas en valores de medición de diferentes caudalímetros muestran que el valor registrado por caudalímetro de turbina es aproximadamente 2% más grande que el del caudalímetro ultrasónico.

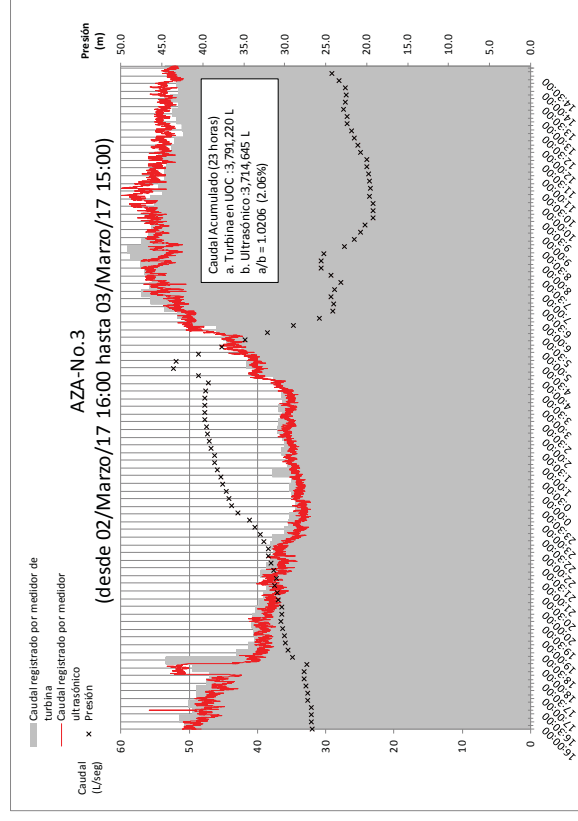


Figura 2.6 Comparación de macromedidor de turbina y ultrasónico (23 horas)

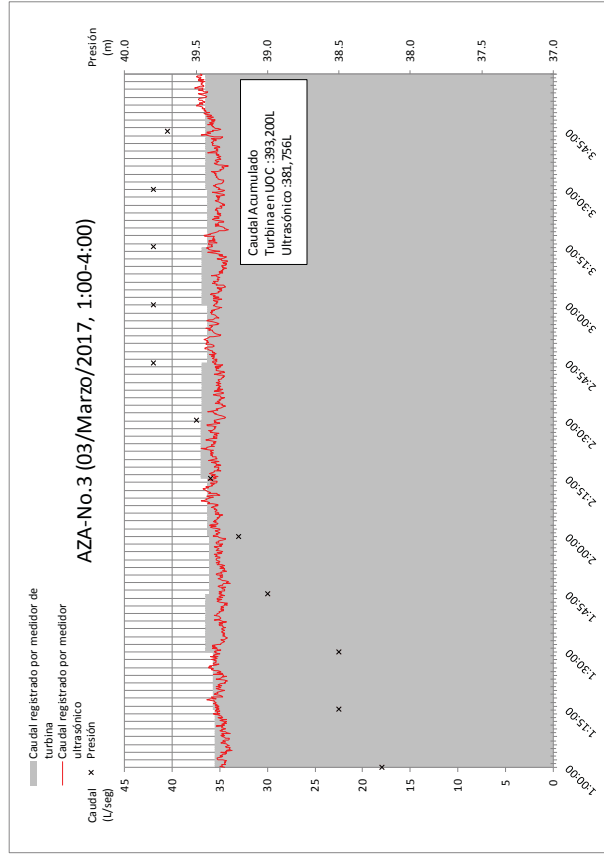


Figura 2.7 Comparación de macromedidor de turbina y ultrasonico (Horario nocturno)

2.5 Tasa de ANF como Línea Base

Al inicio del proyecto, la tasa de ANF se calculó en 50.7% según las relaciones del ANF determinadas con base en el caudal facturado y el caudal puesto en distribución, registrados entre enero y diciembre de 2016.

Sin embargo, en el final del año 2017 la tasa media de ANF se ha modificado en 55.4%, puesto que se ha modificado la cantidad de usuarios que deberían ser incluido en el área piloto a través de las actividades realizadas en AZA No.3.

La característica destacada en este área es que el volumen de agua facturado mensualmente se mantiene constante aun cuando varía sustancialmente el caudal puesto en distribución.

Hasta los finales de 2017 la lectura de medidores de estos subsectores se realizaba en varios días, por lo que el período de medición del caudal distribuido y el consumo no coincidía. En las reuniones tanto del equipo de acción como del equipo gerencial se discutieron sobre el tema, y se concluyó en unificar la fecha de lectura de los medidores.

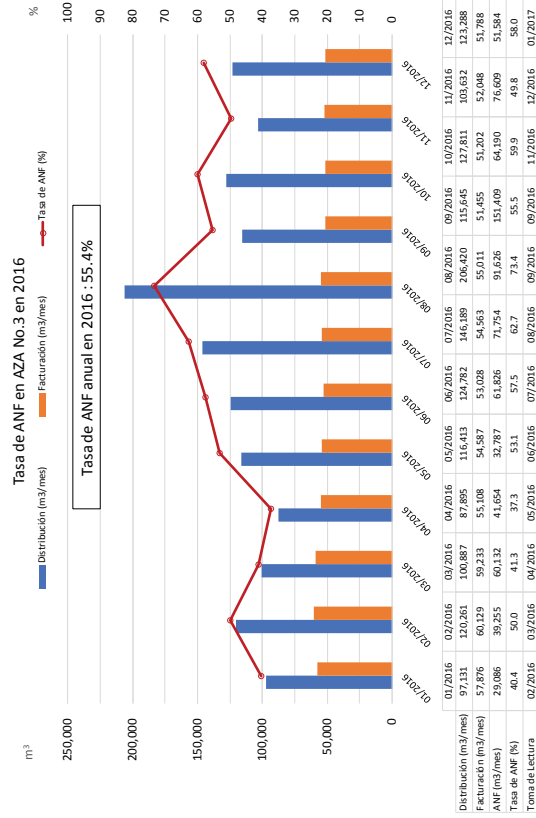


Figura 2.8 Tasa de ANF de la línea base (año 2016)

En la contabilización señalada anteriormente, se calculó la tasa de ANF según el intervalo de lectura de los medidores de una vez al mes como regla general, contabilizando el caudal de distribución y el caudal facturado y obteniendo la diferencia entre los dos. Por ejemplo, la tasa de ANF calculada a partir del caudal facturado que se generó entre diciembre del 2016 y enero del 2017 se clasifica como datos de diciembre del 2016.

Capítulo 3 Estudio y actualización del libro de registro de usuarios

3.1 Estudio total de usuarios

La primera actividad realizada en el Área Piloto AZA No.3 consistió en la ejecución del estudio de usuarios para confirmar la congruencia entre los datos que aparecen en el libro de registro de usuarios y los usuarios reales de agua.

La cooperación técnica de JICA a través de los expertos de un tercer país (Brasil) ejecutada en 2014 – 2015, incluyó el estudio de usuarios en dos microsectores del este de la Ciudad de Managua, utilizando las terminales portátiles en las que habían ingresado de antemano las rutas de lectura de medidores y las variables a estudiar. En el presente Proyecto se decidió utilizar las mismas terminales donadas en dicha ocasión, registrando la base de datos y cambiando los consumibles de las terminales, bajo la cooperación de la Gerencia Comercial y el Departamento de Organización y Método.

El estudio se inició a principios de abril de 2017 y duró aprox. tres semanas, en la que participaron seis técnicos del Departamento del ANF. Los principales aspectos analizados fueron los siguientes.

Tabla 3.1. Atributos estudiados de los usuarios

No	Atributos	No	Atributos
1	Código de departamentos / sucursales	16	Tipo de encuestados (propietario, arrendador, vecinos)
2	Distritos	17	Tipo de edificios (apartamento, vivienda unifamiliar, tienda, edificio, boveda, etc.)
3	Distrito	18	Categoría económica (estrato económicamente desfavorecido, viviendas ordinarias, comercial, etc.)
4	Número dentro del distrito	19	Nombre de la tienda
5	Zona	20	Actividades comerciales (hotel, restaurante, almacén, etc.)
6	Número del predio	21	Tipo de suministro de agua (camión cisterna, pozo, acueducto municipal, etc.)
7	Barrio	22	Tipo de conexiones (ducha, baño, número de grifos, etc.)
8	Número de registro	23	Número de establecimientos conectados
9	Número de cuenta	24	Desarrollo de alcantarillado frente al predio del usuario

No	Atributos	No	Atributos
10	Domicilio (nombre común)	25	Condiciones de las cajas de medidores
11	Domicilio (nombre oficial)	26	Tipo de conexiones (ordinaria, directa, cortada, etc.)
12	Tipo de usuarios (individual, colectivo)	27	Operatividad de los medidores de agua
13	Tipo de usuarios (propietario, arrendatario)	28	Datos del medidor de agua (fabricante, número, etc.)
14	Uso de acueducto (normal, suspendido permanente o temporalmente, etc.)	29	Fugas
15	Nombre y contacto del usuario	30	Ubicación del medidor (datos GPS)

En mayo de 2017 se enviaron los datos registrados en las terminales al equipo de control del libro de registro de usuarios de la Gerencia Comercial, donde se cotejaron estos datos con la información de usuarios existentes para identificar los problemas.

De acuerdo con el sistema de gestión de usuarios (AquaVisum) utilizado por dicho equipo, existen 1,328 usuarios en estos dos microsectores, de los cuales 1,223 son usuarios activos, 105 son usuarios inactivos. Sin embargo, el último estudio de usuarios ejecutado por el DANF en el presente Proyecto puso de manifiesto que existen 1,376 usuarios, mayor número de usuarios registrados en el sistema de base de dato.

Tabla 3.2 Desglose de los abonados de AZA-No.3 (marzo de 2017, Aquavisum)

Clasificación	Número de conexiones	Desglose 1	Desglose 2
Usuarios activos	1,223	1,040 (uso normal AL)	1,022 (con medidor)
		125 (suspendido temporalmente por falta de pago CF)	18 (sin medidor)
		54 (objeto de advertencia RE)	97 (con medidor)
		4 (suspendido SU)	28 (sin medidor)
Usuarios inactivos	105	99 (contratos cancelados BA)	3 (con medidor)
		6 (se desconoce)	1 (sin medidor)
Total	1,328	-	-

Tabla 3.3 Clasificación de los abonados de AZA-No.3 (marzo de 2017, A quavisum)

Clasificación	Número de conexiones	Clasificación de los usuarios	Desglose
Usuarios activos	1,223	Residencial	312
		Comercial	408
		Domiciliar	486
		Gobierno	7
		Industrial	5
		Otros	5

Tabla 3.4 Resultados del estudio de usuarios por el DANF (mayo de 2017)

Desglose	Número de conexiones
Número de conexiones estudiadas	1,348
Número de conexiones sin código de usuarios	28
Sub-total	1,376
De las anteriores, el número de casos con sospecha de conexiones ilegales	70

Los valores arriba mencionados son provisionales confirmados en el inicio del proyecto piloto, por lo que los valores fluctúan según avance de las actividades piloto para tener los valores fijos en la etapa final.

3.2 Actualización de la información catastral

De esta manera se esclareció que existe incongruencia en la información de los usuarios. Considerando que es posible que existan los datos redundantes o los usuarios que ya han sido desconectados, se decidió revisar los siguientes atributos y actualizar los datos del sistema bajo la responsabilidad de la Gerencia Comercial.

- Legalización de 28 usuarios sin código (responsabilidad de la división de nuevas conexiones)
- Estudio de 124 casos con sospecha de conexiones ilegales (unidad de antifraude)
- Usuarios cuyo medidor no coincidía con las coordenadas registradas
- Usuarios con un código de usuario específico y varios números de medidores de agua
- Usuarios que no aparecen en el plano de control según el estudio in sitio
- Usuarios que aparecen en el plano de control pero su existencia no ha sido confirmada en el estudio in sitio
- Error de los números de cuenta de usuarios (casos de los usuarios que están recibiendo la factura ajena por el error de los datos ingresados en el sistema, como por ejemplo el número de cuenta de usuarios o el número del medidor, etc.)

A medida que se avanzó en el trabajo, no solo se fue corrigiendo gradualmente la incongruencia, sino que además se percató que existen nuevas conexiones ilegales, y conexiones directas, es decir los usuarios legales pero sin medidores.

A continuación se presentan los datos organizados al mes de agosto de 2017, así como los datos de los usuarios que deben ser re-estudiados (21 casos) al mes de septiembre. Aunque los valores sean provisionales en el medio camino del proyecto piloto, se indican los valores con el fin de mostrar su proceso y avance del trabajo de actualización. Los resultados finales se muestran en el Capítulo 8 del presente informe.

Los principales errores en el base de datos son de "No se ha realizado la renovación de datos anteriores", "Equivocación de número de cuenta de los usuarios adyacentes" y "Error de número al ingresar datos" que traen la factulación incorrecta.

Tabla 3.5 Avances en la actualización de la información de usuarios (agosto de 2017)

Detalle	Número de casos	Avances en la toma de medidas
Conexiones ilegales	41	5 casos resueltos (Unidad de control de conexiones ilegales) 8 casos resueltos (Sucursal de Asososeca)
Conexiones directas	9	2 casos resueltos
Error de la base de datos de usuarios	80	76 casos resueltos
Total	130	De los cuales, 39 son casos no resueltos

* Informe en la reunión con ENACAL del 16 de agosto de 2017

Tabla 3.6 Usuarios que se requieren de un segundo estudio o de tomar medidas necesarias (septiembre de 2017)

Número	Código del usuario	Condiciones	Posibles medidas	Departamentos y divisiones responsables
1	160229	Cambio del propietario por la segmentación o venta del lote Suministro directo en forma ilegal.	Legalizar la conexión	Gerencia Comercial y Técnica
2	158628	Se desconoce	Confirmar el usuario en el sitio	Gerencia Comercial y Técnica
3	657322	Conexión directa por el error del código del usuario en la base de datos	Corregir el libro de registro e instalar el medidor	Gerencia Comercial y Técnica
4	160197	Existencia de la tubería terciaria para el lote con un usuario registrado con el código de otro usuario.	Cortar e invalidar la conexión	Sucursal de Asososeca
5	160447	Se desconoce	Cortar e invalidar la conexión	Sucursal de Asososeca
6	160495	Aparece como usuario inactivo en la base de datos	Ninguna	-
7	160385	Aparece como usuario inactivo en la base de datos	Estudiar si existe o no la tubería terciaria	Departamento de ANF
8	670143	Suspensión del servicio por falta de pago	Reconectar	Gerencia Comercial y Técnica

Número	Código del usuario	Condiciones	Posibles medidas	Departamentos y divisiones responsables
9	34120	Conexión ilegal y suministro de agua	Cortar e invalidar la conexión	Sucursal de Asososeca
10	160335	Conexión directa de un usuario activo	Estudiar la ubicación de la tubería terciaria	Departamento de ANF
11	159958	Cortar el suministro de agua	Cortar e invalidar la conexión	Sucursal de Asososeca
12	656809	Existen siete familias en viviendas multifamiliares, de las cuales una tiene conexión ilegal	Legalizar la conexión	Gerencia Comercial y Técnica
13	160375	No es posible cortar el suministro de agua por desconocer la ubicación de la tubería terciaria	Revisar la ubicación de la tubería terciaria	Departamento de ANF
14	160383	Se desconoce (espacio para el lavado de autos)	Realizar el estudio en sitio	Unidad de control de conexiones ilegales
15	160123	Viviendas multifamiliares con 23 familias. Existen las tuberías terciarias en el lote.	Ampliar la red de distribución y los medidores.	Departamento de ANF
16	160035	Existencia de medidores que no aparecen en el libro de registro de usuarios.	Cortar e invalidar la conexión	Sucursal de Asososeca
17	160150	Se desconoce	Realizar el estudio en sitio	Unidad de control de conexiones ilegales
18	159809	Se desconoce la ubicación del medidor	Realizar el estudio en sitio	Unidad de control de conexiones ilegales
19	160381	Se desconoce la ubicación de la tubería terciaria	Revisar la ubicación de la tubería terciaria	Departamento de ANF
20	159717	Conexión directa de un usuario activo	Corregir la factura	Sucursal de Asososeca
21	160434	El usuario aparece como inactivo en la base de datos	Corregir el libro de registro	Gerencia Comercial y Técnica

La Gerencia Comercial continúa corrigiendo y actualizando los datos. Se está tomando tiempo en confirmar la existencia de los usuarios que requieren de una investigación detallada (98 usuarios), por las siguientes razones.

- El estudio y los trámites necesarios se relacionan con varias gerencias y departamentos de ENACAL, y consecuentemente se demora en transmitir y confirmar las instrucciones e información.

➤ Hay diversos motivos y situaciones de la incongruencia entre la información de los usuarios y la realidad.

➤ La identificación de las conexiones ilegales requiere de un cuidadoso estudio y se demora en terminar los trámites de legalización.

Como se menciona en el Capítulo 8, finalmente se detectaron 124 casos de sospecha de fraude y se tomaron las medidas correctoras a través de la implementación de las medidas contra las pérdidas aparentes.

Capítulo 4 Elaboración del plan de ejecución del proyecto piloto

4.1 Flujo de las actividades

A continuación se presenta el flujo de actividades del proyecto piloto.

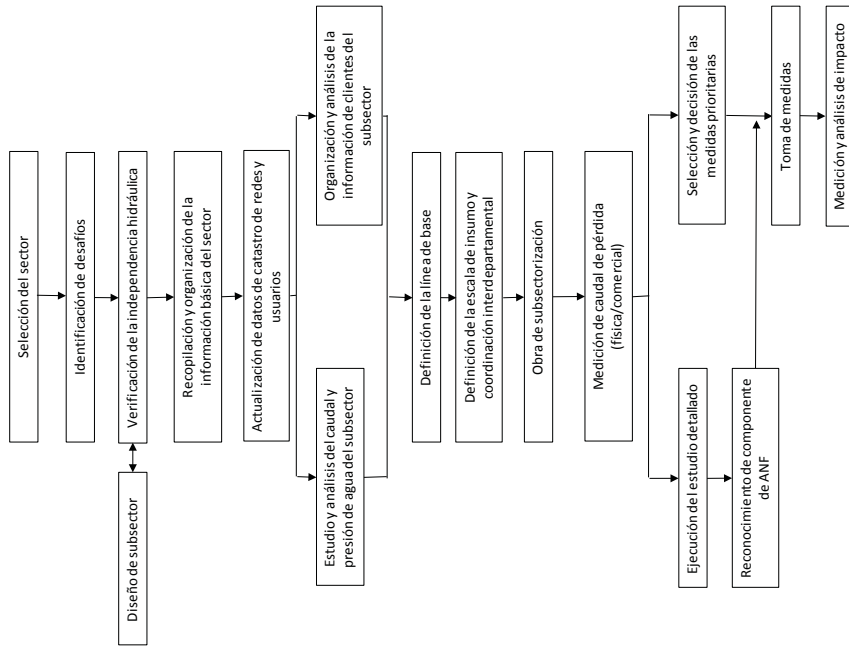


Figura 4.1 Flujo de actividades del proyecto piloto

El Equipo de Acción para la reducción de ANF, asistido por los expertos japoneses, elaboró el plan de ejecución del proyecto piloto para el Área Piloto No.1 (Ver.1). Dicho plan de ejecución cubre un año entre febrero y diciembre de 2017.

El plan elaborado antes de iniciar el Proyecto Piloto debe ser revisado tomando en cuenta las pérdidas de agua y sus causas dentro de las Áreas Piloto. En particular, es importante identificar las verdaderas causas del ANF, si se deben por las pérdidas aparentes o reales, ya que dependiendo de ellas cambian las medidas a tomarse y el tiempo a destinar.

Tabla 4.1 Plan de ejecución del proyecto piloto (Ver.1)

Items	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Acción Global en el Equipo de Acción											
Selección del Área Piloto											
Conocimiento de Problemas Actuales											
Recopilación de Datos Básicos en el Sector											
Establecimiento de la Línea de Base											
Verificación de la Independencia Hidráulica											
Organización y Análisis de Clientes Existentes											
Actualización de Datos Catastral											
Generación Comercial											
Investigación de Especificidad de Medidores Existentes											
Legitimación de Usuarios											
Organización de Datos de Reducción											
Instalación de Medidor											
Resaleamiento de la Ruta de Lectura											
Mejoramiento de la Tasa de Micromedición											
Análisis de Efectos de Actividades											
DANF											
Definición de Alcance Hidráulico											
Organización de Subsectorización											
Estudio de Caudal/Presión en los Subsectores											
Encuesta a los Usuarios Existentes											
Coordinación Interdepartamental											
Obra de Subsectorización											
Estudio Detallado de la Línea de Base											
Análisis del Sistema de Monitoreo LCC											
Medición Directa de la Pérdida de Agua											
Búsqueda y Reparación de Fugas											
Identificación de Conexiones Ilegales											
Asesoría de Información de Redes											
Selección de Medidas Prioritarias											
Conocimiento del Componente de ANF											
Realización de Medidas Prioritarias											
Análisis de Efectos de Actividades											
Manual de Reducción de ANF (Ver.1)											
Difusión del Conocimiento en el Taller											

4.2 Cronograma definitivo de las actividades

El estudio de línea de base puso de manifiesto que existe una gran cantidad de pérdidas en el Área Piloto AZA No.3, con un caudal constante de 35 lit/seg aun en las horas nocturnas. Adicionalmente, a través de las acciones Piloto, salieron a la luz las siguientes situaciones.

- Bajo las condiciones actuales de la red de distribución, el impacto de la simple detección y reparación de fugas es limitado.
- Una de las principales causas del ANF, es la generación de las pérdidas aparentes como por ejemplo las pérdidas en las tuberías no identificadas (tubería con flujo de agua sin información de usuario) o conexiones ilegales.

En el trabajo rutinario del DANF, se realiza la búsqueda de fugas de las tuberías de acometida poniendo su punto de partida en el micromedidor. Dicho trabajo es la manera eficiente en caso que no estén complicado la red de distribución cuya ubicación es casi igual que lo mencionado en el plano.

Sin embargo, se encuentran en el suelo varias tuberías y puntos de derivación que no están identificadas en la previa información, y se observan tuberías con flujo de agua que hayan dejado en el predio sin estructuras. Por lo tanto, es evidente necesario aplicar un nuevo método de investigación completa de tuberías y uso de agua además de los métodos convencionales.

Tomando en cuenta esta situación, el Equipo de Acción ha planteado las siguientes actividades para conocer la incidencia y la magnitud de las pérdidas reales para identificar las verdaderas causas del ANF.

- Instalar válvulas para segmentar más los II subsectores;
- medir las pérdidas en los subsectores segmentados.
- determinar el desglose de las pérdidas medidas, incluyendo las conexiones ilegales, fugas, etc.; y
- seleccionar y ejecutar las medidas prioritarias en el caso de que las pérdidas reales (fugas, etc.) sean la principal causa del ANF.

Con base en esta actividades adicionales, se revisó la línea de tiempo de las acciones a tomarse en el Área Piloto AZA No.3; se elaboró el plan definitivo de ejecución del Proyecto Piloto como se muestra a continuación:

Tabla 4.2 Cronograma definitivo de ejecución del proyecto piloto

Items	AÑO 2017												AÑO 2018			
	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
Acción Global en el Empleo de Acción																
Selección del Área Piloto																
Conformación de los Equipos Activos																
Selección del Área Piloto																
Establecimiento de la Línea de Base																
DANF General Comarcial																
Encuesta a los Usuarios Esenciales																
Actualización de Datos Catastral																
Selección de Medidores Esenciales																
Investigación de Exactitud de Medidores Esenciales																
Calibración de Usuarios																
Calibración de Usuarios																
Selección de Medidores																
Reestablecimiento de la Ruta de Lectura																
Ajustamiento de la Tasa de Acomodación																
Análisis de Efectos de Actividades																
DANF																
Confirmación de Asentamiento Hidráulico																
Diseño de Subsección																
Estado de Contorno en los Subsectores																
Estado de Contorno en los Subsectores																
Coordinación Interdepartamental																
Otra de Subsección																
Estado Definido en Área Piloto																
Análisis del Sistema de Monitoreo LDC																
Análisis del Caudal Mímo Nocturno																
Medición Directa de la Pérdida de Agua																
Estabilidad y Reparación de Fugas																
Medición de Fugas																
Actualización de Información de Datos																
Selección de Medidas Prioritarias																
Conformación del Componente de ANF																
Realización de Medidas Prioritarias																
Análisis de Efectos de Actividades																
Manual de Reducción de ANF (Ver 1)																
Difusión del Conocimiento en el Taller																

Capítulo 5 Aislamiento hidráulicamente el Área Piloto No.1

5.1 Estudio de verificación para el aislamiento hidráulico del Área Piloto

Cuando se revisó el grado de precisión y el funcionamiento de los equipos de medición, se percató que aún de noche se registraba un considerable caudal de distribución, que llevaba la sospecha de interconexión de las redes contiguas.

Por lo tanto, se volvió a verificar la independización hidráulica al inicio del Proyecto.

Tabla 5.1 Revisión de la independización hidráulica

Fecha y hora	Martes 21 de marzo de 10:00 ~ 14:00
Procedimiento	Se cierra la válvula en el punto de entrada donde se encuentra el equipo de medición del caudal, una vez que se encuentra en estado de corte de agua, se mide la presión de los varios grifos que hay en el área piloto.
Resultado	Como resultado de la ejecución del estudio de presión del agua antes y después del corte, se bajó hasta cero la presión del interior de las tuberías (presión atmosférica) de los puntos de estudio dentro del área, con lo cual se verificó si dicha área está hidráulicamente independizada en su totalidad.

5.2 Revisión de aislamiento hidráulico durante las actividades piloto

Para revisar el aislamiento hidráulico, la medición de la presión de agua es el método más sencillo, sin embargo, difícilmente se puede revisar la presión de agua en todas las válvulas de los clientes. En el presente Proyecto, la medición de las pérdidas de agua en la red de distribución se realiza dividiendo el sector en subsectores.

Para conocer plenamente las rutas de suministro en el sector y revisar completamente el aislamiento hidráulico al final de la revisión, es importante verificar si existen tuberías con conexiones desconocidas y suministro hacia propiedades contiguas cuando se realizan estudios en cada subsector.

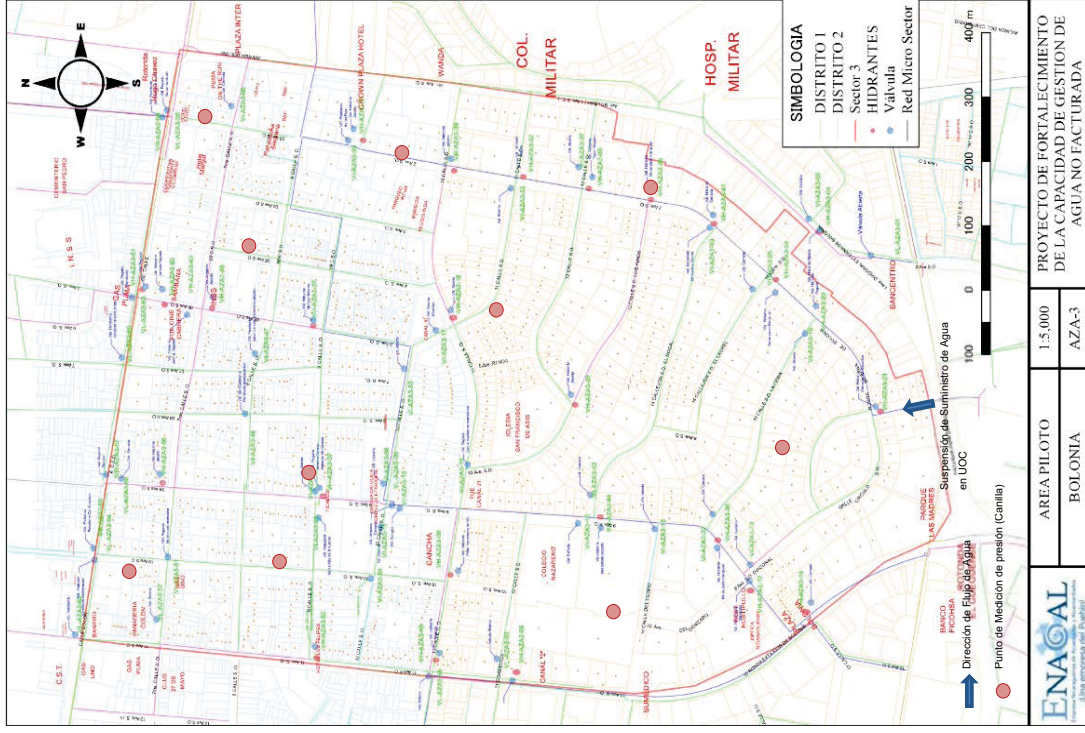


Figura 5.1 Puntos de toma de agua para confirmación de aislamiento hidráulico

Capítulo 6 Monitoreo del ANF en el Área Piloto No.1

6.1 Monitoreo del volumen de ANF

Desde que se inició el Proyecto, el monitoreo del ANF en el Área Piloto AZA No.3 se realiza en dos modalidades: mensual y diaria.

- Caudal de distribución, caudal facturado y ANF mensuales;
- El caudal diario puesto en distribución y el caudal diario mínimo nocturno a la entrada de los subsectores.

Al inicio del Proyecto, el Departamento de ANF media el caudal de distribución en la entrada del área piloto durante el período de lectura para determinar el caudal facturado según los datos suministrados por el Departamento Técnico Comercial, y calculaba la diferencia entre el caudal de distribución y el caudal facturado como ANF. Sin embargo, el Departamento Técnico Comercial proveía los datos hasta más de un mes después de la lectura, y esto generaba problemas en el monitoreo rápido.

A partir de enero del 2018, para calcular el ANF, el Departamento de ANF adoptó el nuevo método de descargar desde el Internet los resultados de la lectura de los usuarios del sector a través del sistema de base de datos (Aquavism) donde tienen acumulados los datos de lectura y facturación.

La lectura de los medidores se realiza una vez al mes, sin embargo, en algunos sectores se realiza a inicios del mes y en otros a mediados del mes, por lo que es necesario establecer las reglas cuando se contabilizan los datos de ANF.

El Proyecto Piloto calculó la tasa de ANF según las siguientes reglas:

【Fecha de lectura de los medidores】 xx de diciembre de 2017

【Período de facturación】 Del xx de noviembre al xx de diciembre de 2017

【Período de medición del caudal de distribución】 Del xx de noviembre al xx de diciembre de 2017

【Mes de consumo】 Noviembre de 2017

【Mes de ANF】 Noviembre de 2017

A través de las investigaciones de la cantidad de pérdidas continuas de agua del subsector por el Departamento de ANF hasta diciembre de 2017, se confirmó que las tuberías de agua de los siguientes 7 usuarios estaban conectadas a otro sistema, por lo cual se hizo evidente la necesidad de excluirlas de los objetivos contables de ANF de AZA No. 3.

Tabla 6.1 Usuarios con servicio de agua de fuera del área piloto

Número de Cuenta	Nombre	Consumo medio facturado por mes (m ³ /mes)	Observaciones
158626	Oficina (Cruz Blanca)	34	Su comedita tiene conectado en el punto anterior a la entrada (UOC) de AZA No.3.
158628	Comercio	3	Ditto
159916	Embajada de Alemania	486	Usuario a lo largo de la calle límite de Subsector 2A(e)
159917	World Vision Internacional	131	Ditto
159918	Oficina (Accedesa)	0.1	Ditto
159919	Residencial	1,097	Ditto
159920	Hospital (Sumedico)	1,737	Ditto
Total		3,488	

Los datos de monitoreo de ANF abajo indicados, son valores corregidos excluyendo el volumen de agua facturado de los 7 casos antes mencionados. Esta información quedó aclarada como resultado de la excavación de prueba y localización de tuberías de distribución de agua que se llevó a cabo junto con la medición del volumen de pérdida de agua después de la subsectorización.

Si bien es cierto que el caudal de distribución en junio de 2017 ha sido alto, se considera que esto se debe al efecto de la subsectorización y el drenaje de agua de las tuberías para instalar las válvulas. A finales de junio se realizaron de manera intensiva la detección y reparación de fugas, junto con la identificación de las pérdidas en cada subsector y la transferencia tecnológica en la toma de las medidas necesarias, cuyo efecto se manifestó en forma de reducción del caudal de distribución después de julio de 2017.

Es preferible que la lectura de los medidores de todos los usuarios de AZA No. 3 se realice en un solo día fijo, sin embargo, debido a la conveniencia de la distribución de los lectores y del ruteo, a veces la lectura se realiza durante varios días. En este caso, se generan diferencias entre el período de medición del caudal facturado y el período de medición del caudal de distribución, por lo que hay que tener cuidado con la tolerancia en la tasa de ANF por caudal mensual. Para eliminar esta tolerancia, se monitorean los resultados del cálculo de ANF mensual utilizando los datos del caudal diario.

Tabla 6.2 Registro de distribución de agua y consumo facturado

Mes de distribución	2016	01/2017	02/2017	03/2017	04/2017	05/2017	06/2017	07/2017	08/2017	09/2017	10/2017	11/2017	12/2017	01/2018	02/2018	03/2018	04/2018		
Distribución por mes (m ³)	1470,364	127,484	113,411	97,287	125,176	144,938	108,941	97,860	103,126	95,063	104,338	91,422	103,048	105,593	97,301	94,385	91,036	100,186	
Distribución que debe ser facturada (m ³)																			
Consumo facturado por mes (m ³)	650,029	85,109	59,221	57,124	62,109	61,468	46,838	52,911	48,848	47,796	48,639	48,726	53,873	54,970	56,115	59,660	60,731	60,731	60,731
Tasa de ANF por mes sin ajuste (%)	55.4	54.6	48.7	46.8	50.4	54.9	56.7	45.9	52.5	52.9	46.3	45.6	47.7	47.9	42.3	36.5	41.2	41.2	41.2
Tasa de ANF ajustada por mes (%)																			
Fecha de lectura en el O.C.	13/02/17	14/03/17	17/04/17	15/05/17	12/06/17	08/07/17	08/08/17	08/09/17	08/10/17	08/11/17	08/12/17	08/01/18	08/02/18	08/03/18	08/04/18	08/05/18	08/06/18	08/07/18	08/08/18
Intervalo de lectura de medidores (días)	365	32	29	34	28	30	28	30	30	31	29	32	31	29	29	29	29	29	29
Distribución por día (m ³ /día)	4.028	3.796	3.911	3.166	4.471	4.073	3.601	3.495	3.438	3.189	3.366	3.152	3.220	3.470	3.355	3.239	3.229	3.229	3.229
Fecha de lectura en usuarios (días)	07/02/17	08/03/17	08/04/17	08/05/17	07/06/17	08/07/17	10/08/17	08/09/17	07/10/17	07/11/17	08/12/17	08/01/18	08/02/18	08/03/18	08/04/18	08/05/18	08/06/18	08/07/18	08/08/18
Intervalo de lectura de medidores (días)	366	32	30	28	32	30	28	30	28	28	31	29	30	28	28	28	28	28	28
Consumo facturado por día (m ³ /día)	1.797	1.724	1.941	2.040	1.941	1.746	1.615	1.470	1.748	1.545	1.589	1.715	1.583	1.886	1.971	1.959	2.024	2.024	2.024
Tasa de ANF en base al volumen de agua por día (%)	2.214	2.072	1.970	1.116	2.530	2.397	1.986	2.025	1.990	1.824	1.797	1.437	1.635	1.510	1.484	1.313	1.313	1.313	1.313
Tasa de ANF (%)	55.4	54.6	50.4	50.4	56.6	57.9	59.2	57.9	49.2	51.2	59.4	45.6	50.6	44.3	44.2	40.5	37.3	37.3	37.3

Nota: *1. Según información de ANF, se estima un error instrumental de 3.00% en el medidor, por lo que se consideró un ajuste para el cálculo de ANF.

Tasa de ANF en AZA No.3 en 2017-2018

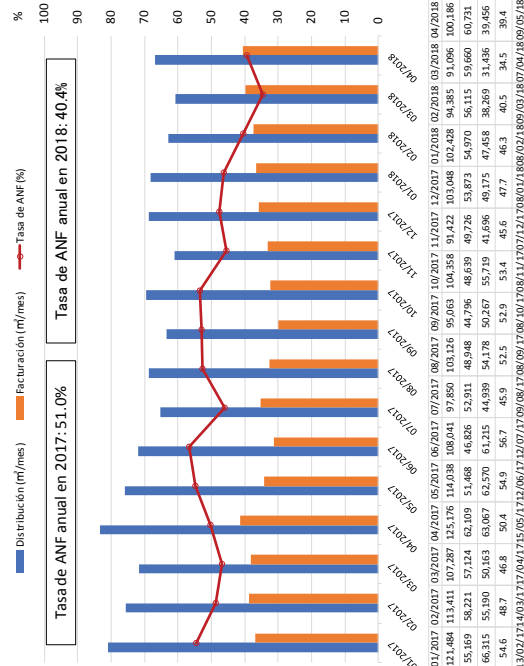


Figura 6.1 ANF del Área Piloto AZA No.3 según volumen de agua por mes (con ajuste)

Tasa de ANF en AZA No.3 en 2017-2018

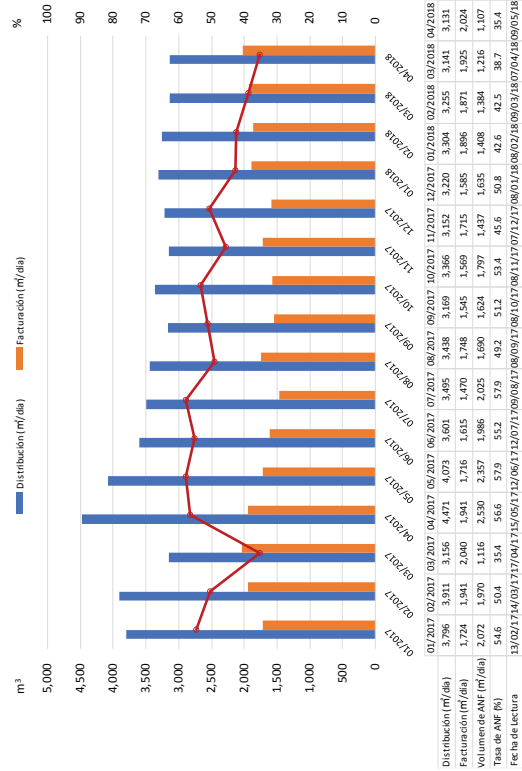


Figura 6.2 ANF del Área Piloto AZA No.3 según volumen de agua por día (con ajuste)

6.2 Descripción de las medidas de reducción de ANF y los componentes del ANF

Las actividades de reducción de ANF en el área piloto se clasifican en dos tipos:

- Medidas contra la reducción de las pérdidas aparentes
- Medidas contra la reducción de las pérdidas reales

Para las pérdidas aparentes se puede dividir el período para la ejecución de las medidas y para la validación del impacto. Sin embargo, para las pérdidas reales se requiere medir las pérdidas y al mismo tiempo detectar y reparar las fugas, por lo que la revisión de efectos se realiza en forma simultánea con las medidas.

En el caso del Área Piloto AZA No.3, se procuró determinar la distribución del caudal de distribución dentro del Área mediante la prueba de paso, detectar y reparar las fugas, y luego comprobar el impacto de reducción del caudal de distribución. Posteriormente, se decidió analizar las medidas necesarias (reparación de fugas, optimización de la presión de agua, etc.) después de ejecutar un estudio exhaustivo de las pérdidas detectando las causas como las conexiones ilegales, fugas, etc.

Tabla 6.3 Descripción de las acciones para reducir el ANF (propuesta)

Medidas contra la pérdida real	Medidas contra la pérdida aparente
<ul style="list-style-type: none"> - Medición y análisis del caudal mínimo nocturno - Subsectorización de las áreas piloto y prueba de pasos (nota 1) - Medición directa de las pérdidas en las áreas de distribución específicas - Estudio de fuga mediante detector sónico - Reducción de fuga mediante la optimización de la presión de agua - Medición del volumen de fugas detectadas - Estudio de fuga dentro de los predios (parte de los servicios domiciliarios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparación de los resultados de lectura de los medidores y el volumen facturado - Reparación de las fugas en las cajas de medidores - Corrección y actualización del libro de registro de usuarios - Reparación de la conexión equivocada con el sector contiguo a los grifos - Mejoramiento de la tasa de lectura de los medidores - Mejoramiento de exactitud del trabajo de lectura - Corrección de los datos de facturación - Detección, eliminación y legalización de las conexiones ilícitas - Evaluación del grado de precisión del medidor de agua - Instalación de los medidores de agua apropiados - Mejoramiento del método de instalación de las cajas de medidores

Nota 1: La prueba de paso consiste en segmentar el área servida en pequeños bloques, y medir el volumen mínimo en las horas nocturnas manipulando la válvula para detectar el volumen de fuga latente de cada bloque.

Para lograr mayor efectividad de las medidas de reducción de ANF, es importante analizar correctamente la composición del ANF. En el presente Proyecto, se propuso combinar la medición del caudal mínimo en las horas nocturnas, la medición directa utilizando los medidores electrónicos con salida de pulsos, medidores electromagnéticos y otros métodos adecuados para medir la fuga en el Área Piloto, según sus tipos. Luego se transfirió la tecnología aplicable para su solución.

En la fase final del proyecto piloto, se propuso determinar los componentes del ANF siguiendo la metodología recomendada por la Asociación Internacional del Agua (IWA).

Tabla 6.4 Clasificación del ANF

Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	AZA No.3
Consumos autorizados	Autorizados facturados	Agua facturada	① Consumo medido facturado	✓
	Consumos autorizados no facturados	Agua no facturada	② Consumo no medido facturado; Consumo no medido con tarifa estimada	✓
Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes		③ Consumos medidos no facturados: Agua suministrada a áreas específicas (barrios pobres, etc.)	No
			④ Consumos no medidos no facturados: consumo requerido para la operación de servicios	✓
	⑤ Consumos no autorizados: conexiones ilegales		✓	
	⑥ Errores del medidor: insensibilidad del medidor; error instrumental, error de lectura		✓	
	⑦ Fugas de la red primaria		✓	
Pérdidas reales		⑧ Fugas o desbordamiento de los tanques	No	
		⑨ Fugas en la red y las conexiones	✓	

La medición directa en los subsectores de las fugas ayudará a determinar los parámetros de “Pérdida real”, “Volumen del uso ilegal” y “Volumen de uso de agua de pequeño rango que no se mide debido a la insensibilidad de medidor”. Además una vez determinados también los parámetros de “Consumo real facturado”, se obtendrá un valor aproximado del caudal mínimo nocturno según horas limitadas. Adicionalmente, una vez determinados los valores aproximados del error de medidor en uso mediante la prueba de verificación del grado de precisión de los medidores que actualmente está ejecutando la Gerencia Comercial, se podrá determinar los componentes del caudal de distribución con un alto grado de exactitud.

La “fuga” es uno de los componentes del ANF. Aquí se propone analizar diferenciando el volumen de fuga “detectable” y “no detectable”.

La fuga no detectable es aquella que los medidores no detectan la fuga en forma individual, pero que sí se puede cuantificar a nivel del sector. En las actividades que se desarrollarán en el Área Piloto, se propone brindar asistencia para que el personal de ENACAL domine el manejo correcto del volumen de fuga.

El método de cálculo del caudal de agua perdida aplicado en las actividades del año 2017 es como se señala a continuación.

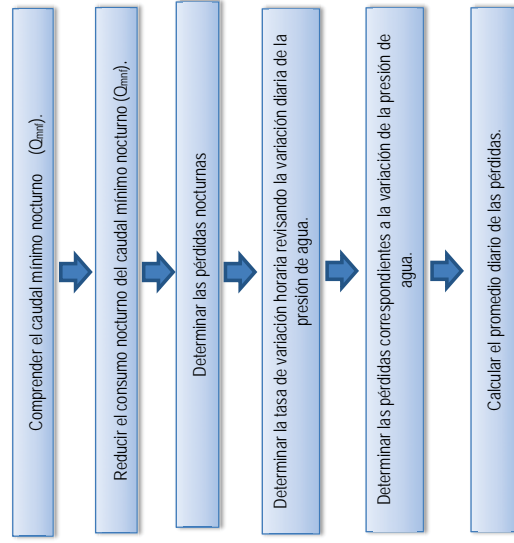


Figura 6.3 Cálculo de las pérdidas dentro del ANF

6.3 Monitoreo del Caudal Mínimo Nocturno (Q_{min})

El caudal mínimo nocturno es un indicador importante para cuantificar los resultados de las actividades realizadas. Es posible estimar las pérdidas al analizar la variación del caudal después de reparar las fugas, eliminar las conexiones ilegales, etc. en un área específica.

Al observar el caudal desde que se inició el proyecto piloto hasta abril de 2018 se observa que se logró reducir 42 % del caudal de distribución nocturna con el volumen de agua reducida de 15.5 lit./seg como máximo.

Mediante la detección y reparación de las fugas superficiales realizadas entre junio y julio de 2017 se logró reducir las fugas por 3.5 lit./seg., y posteriormente mediante la eliminación de las conexiones ilegales y la solución de las fugas de las tuberías conectadas realizadas hasta marzo de 2018, se logró reducir otros 8.4 lit./seg.

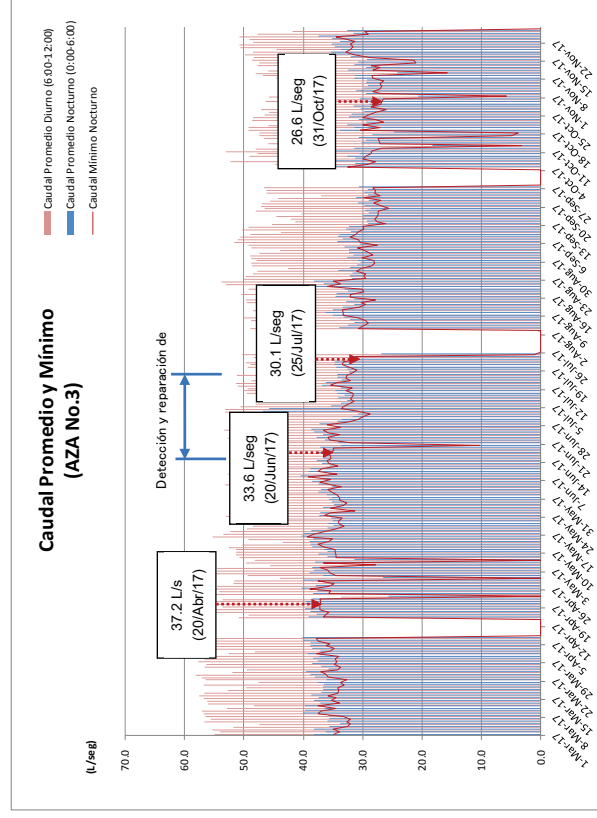


Figura 6.4 Gráfico de gestión del caudal mínimo nocturno en AZA No.3 (año 2017)

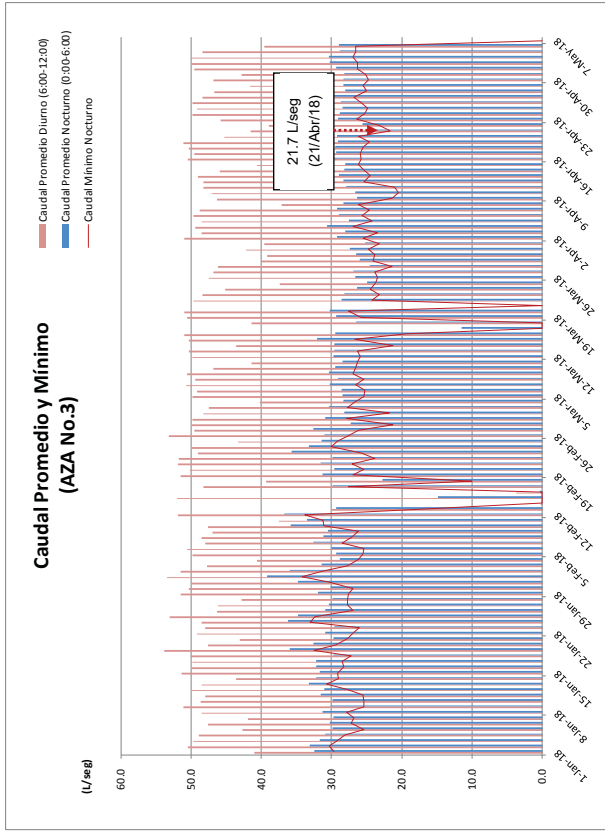


Figura 6.5 Gráfico de gestión del caudal mínimo nocturno en AZA No.3 (año 2018)

Capítulo 7 Medidas contra pérdidas reales y sus efectos

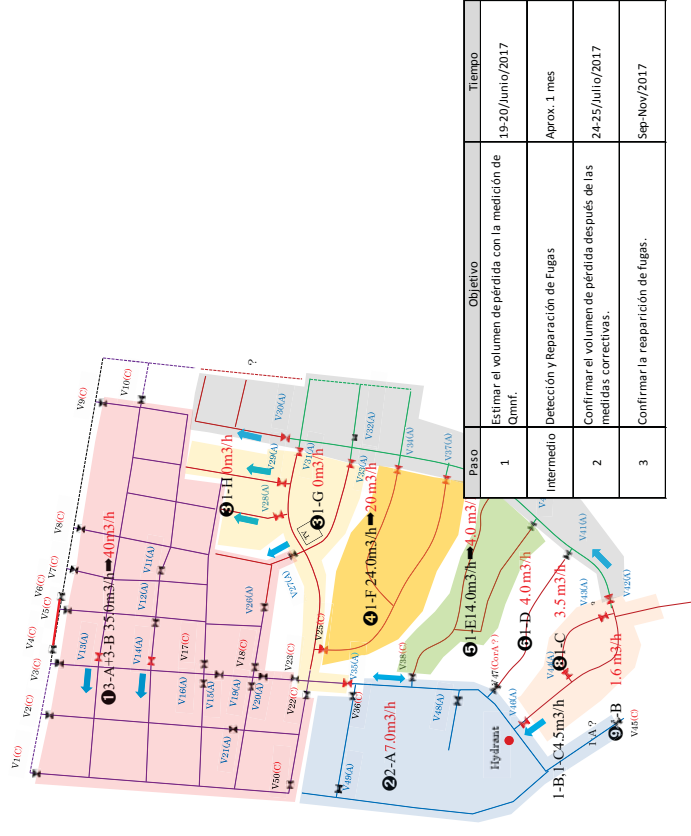
Para la primera etapa de las medidas de reducción del ANF, se analizó la distribución del caudal puesto en distribución del Área Piloto para identificar las zonas donde se produce una gran cantidad de pérdidas. La obra de instalación de las válvulas de compuerta para la subsectorización de la red de distribución fue ejecutada por el equipo de cuadrillas de ENACAL, y con ello se completó la subsectorización de la primera etapa en abril y mayo de 2017.

Inicialmente se había propuesto dividir el Área Piloto AZA No.3 en 11 subsectores. Sin embargo, debido a las fallas de algunas válvulas existentes y el error de información de las tuberías de distribución, no ha sido posible aislar completamente algunos subsectores, por lo que se pudo identificar la distribución de caudal de solo de nueve subsectores.

7.1 Prueba de paso

La prueba de paso consiste en medir el caudal mínimo nocturno (Q_{mnf}) operando las válvulas de cada subsector. Este dato permite conocer la distribución del caudal de distribución y de las pérdidas de los subsectores. En la prueba de Q_{mnf} se utilizó "Caudalímetro Ultrasonico (Portaflo-C)" y se registró el valor de caudal instantaneo en el intervalo de 10 segundos.

En el año 2017 se ejecutaron dos mediciones en sitio del Q_{mnf} y se identificaron las fugas y consumo desconocido (conexiones ilegales) por una gran cantidad en muchos de los subsectores. Por este motivo se seleccionaron algunas áreas específicas de entre los subsectores para impartir la capacitación técnica de medir directamente las pérdidas.



Paso	Objetivo	Tiempo
1	Estimar el volumen de pérdida con la medición de Q_{mnf} .	19-20/junio/2017
Intermedio	Detección y Reparación de Fugas	Aprox. 1 mes
2	Confirmar el volumen de pérdida después de las medidas correctivas.	24-25/julio/2017
3	Confirmar la reparación de fugas.	Sep-Nov/2017

Subsector	1ra. Medición (20/Jun)	2da. Medición (25/Jul)	Símbolo	Observaciones
3-A	35.0 m³/h	40.0 m³/h	1	Aumento de fugas
3-B				
2-A	30.0 m³/h	7.0 m³/h	2	
1-D		4.0 m³/h	3	
1-G	0.0 m³/h	0.0 m³/h	4	
1-H				
1-F	24.0 m³/h	20.0 m³/h	5	
1-E	34.0 m³/h	4.0 m³/h	6	
4-A	33.5 m³/h	28.3 m³/h	7	
1-B	4.5 m³/h	1.6 m³/h	8	
1-C		3.5 m³/h	9	
Total	121.0 m³/h (2.0m³/min)	108.4 m³/h (1.8m³/min)		Bajada de Q_{mnf} : 12.6m³/h

Figura 7.1 Figura esquemática de los resultados de la prueba de paso en AZA No.3

Es importante conocer el grado de degradación de las redes y tuberías de cada sector con base en el caudal mínimo nocturno (Q_{minf}). Si bien es cierto que el Q_{minf} en sí incluye también el consumo, y como tal la totalidad de este caudal no se debe solamente a las fugas, para este estudio se evaluaron las condiciones de la red asumiendo que el Q_{minf} se aproxima al caudal de fuga.

[Q_{minf} por cada km de la tubería (lit./min/km)]

En la Figura se observan valores altos de 412.9, 395.6, y 294.0 en este orden. Estos valores superan sustancialmente el indicador adoptado en Japón hace 20 o 30 años de 8~15 lit./min/km, por lo que los valores obtenidos indican que las redes presentan un avanzado grado de deterioro.

La línea roja de 50 lit./min/km es el valor referencial deseado para reducir las fugas antes de concluir el período del Proyecto.

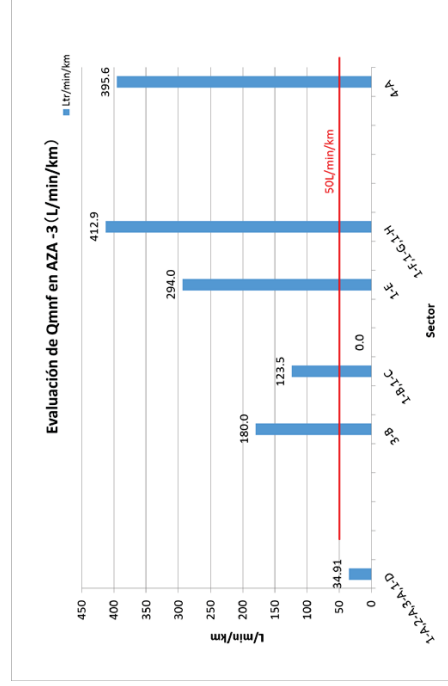


Figura 7.2 Indicadores de degradación de la red en AZA No.3 (lit./min/km)

[Q_{minf} por cada llave de agua (lit./con/día)]

En la Figura se observan valores altos de 6,931, 4,941, y 2,414 en este orden. Los operadores japoneses han adoptado este indicador hace poco, y muchos de ellos están operando con 25, 50, 100 lit./Con/día,

Si bien es cierto que no es pertinente aplicar los mismos criterios para las áreas urbana y rural, muchos de los países extranjeros mantienen una tasa de ANF de menos de 30 o 40 %. Si se compara con estos valores, la cifra de 500 indica que las llaves presentan un avanzado grado de deterioro. La línea roja de 500 lit./con/día es el valor referencial deseado para reducir las fugas antes de concluir el período del Proyecto.

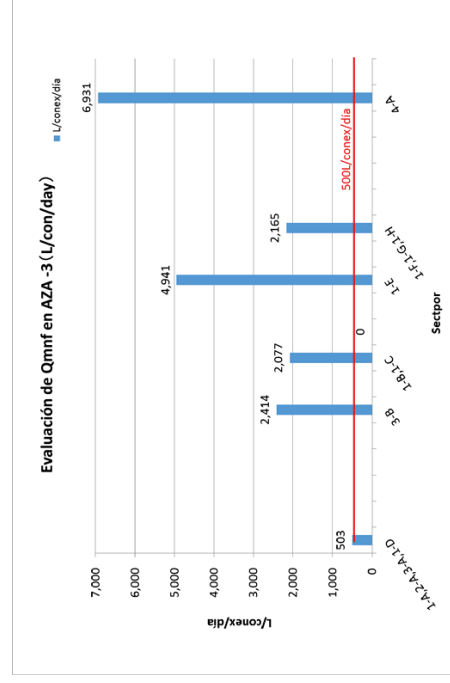


Figura 7.3 Indicadores de degradación de la red en AZA No.3 (lit./con/día)

7.2 Obras de subsectorización y resultados de medición de las pérdidas de agua

Las pérdidas en el Área Piloto No.1 (AZA No.3) son sumamente grandes, y el impacto de la simple detección y reparación de fugas es limitado. Tomando en cuenta esta situación, el Equipo de Acción para la reducción de ANF ha considerado necesario conocer el desglose de las pérdidas reales para identificar las verdaderas causas del ANF.

Por lo tanto, después de terminar el trabajo de subsectorización de la zona se midieron las fugas nocturnas cerrando todas las válvulas de los medidores que se encuentran sobre la línea de cada subsector. La metodología aplicada consistió en medir directamente el caudal que entra a la línea colocando los tubos de desvío (mangueras a prueba de presión) y los medidores de prueba antes y después de la válvula de compuerta.

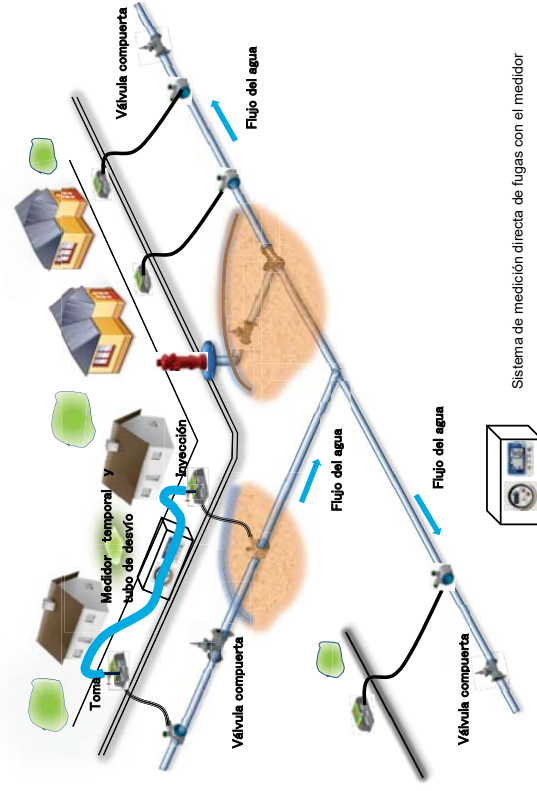


Figura 7.4 Descripción del sistema de medición directa de la pérdida de agua

El Área Piloto (AZA No.3) fue dividida en 26 subsectores mediante la instalación de las válvulas de compuerta (25 válvulas). A partir de los primeros días de octubre de 2017 se realizó la medición de las pérdidas de cada subsector.

Referente al subsector 3-Ac y algunos usuarios a lo largo del límite del área piloto de la parte norte, en la última fase de las actividades se descubrió que también era parte del Área Piloto, por lo que el caudal facturado de estos 100 usuarios aproximados estará reflejado a partir del monitoreo de ANF del mes de mayo de 2018. El caudal facturado de estos usuarios adicionales no está incluido en los datos de ANF del 2016 establecidos como línea de base, por lo que se realizó el análisis de costo y efecto con el dato de abril de 2018 lo que no incluye el consumo de dichos usuarios adicionales, para asegurar la misma condición entre ellos.

El método de medición consiste en leer cada uno de los medidores domiciliarios y registrar el consumo de un determinado tiempo. El agua que fluye al cerrar la llave del medidor se divide en la fuga de las tuberías, pérdida indentificada (fugas o uso ilegal), consumo ilegal evidente por las conexiones ilegales.

Qmmf : Resultado de la prueba de paso para 6 subsectores (medición en UOC por 2 veces)

Qdirect : Resultado de medición directa de caudal por subsector

En momento del fin de abril de 2018, se observa cierta cantidad de pérdida de agua cuya causa no se ha identificado. Hasta que no se aclara las causas de dicha pérdida indefinida, no se puede establecer la clasificación de las pérdidas con valor certificado.

A continuación se presentan los resultados de la medición directa de las pérdidas en los subsectores.

Tabla 7.1 Q_{mmf} de los subsectores y resultados de medición de las pérdidas de agua

Sector	Subsector	Q _{mf} (l/s)	Q _{mf} (l/s)	Pérdida Real (Fugas) (m ³ /h)	Pérdida a Fugas Usos Ilegales (m ³ /h)	Pérdida Aparente (No usos Ilegales) (m ³ /h)	Medición Directa (l/s)		Subtotal de Pérdidas (m ³ /h)	Usos de agua (Medido) (m ³ /h)	Total (m ³ /h)	Notas
							1	2				
3A	a			3.83	9.16	2.04	0	0	15.03		15.03	Pendiente
	b			7.71	2.18	3.01	0	0	12.90		12.90	Pendiente
	c	35.0	40.0	2.73	1.51	3.77	8.01	8.01	8.01		8.01	Pendiente
3B	a			1.69	1.60	1.01	0	0	4.30		4.30	Pendiente
	b			3.32	0.00	0.37	0	0	3.69		3.69	
	c			0.25	0.00	0.00	0	0	0.25	0.41	0.66	
2A	b(1)			0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	
	c(2)	100	7.0	2.17	0.00	0.11	0	0	0.11	0.28	0.36	
	d(3)			0.54	0.00	0.24	0	0	2.41	0.91	3.32	
	e		4.0	1.28	0.00	1.47	2.01	2.01	1.08	1.08	3.09	
1F	a			0.03	0.00	0.31	1.59	1.59	1.59	2.40	2.52	
	b			1.07	0.00	0.00	0	0	1.07	0.17	1.24	
	c	24.0	20.0	0.95	0.00	0.00	0	0	0.95	2.92	3.47	
1M	a			0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	1.85	1.85	
	b			1.21	0.00	0.00	0	0	1.21	0.86	2.07	
	c	14.0	4.0	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.71	1.00	
1E	a			0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.82	0.82	
	b			0.03	0.00	0.00	0	0	0.03	1.69	1.72	
	c			0.37	0.00	0.00	0	0	0.37	0.42	0.79	
4A	a			0.59	1.39	0.00	1.98	1.98	1.08	3.06	3.06	Pendiente
	b	33.5	28.3	0.51	0.00	1.41	1.92	1.92	0.35	2.27	2.27	Pendiente
	c			0.00	1.20	0.00	1.20	1.20	0.00	1.20	1.20	Pendiente
1C	a			0.00	0.00	2.55	2.55	2.55	0.91	3.46	3.46	
	b			28.31	13.04	16.29	16.29	16.29	0.08	80.72	80.72	
	c			4.53	2.64	26.43	26.43	26.43				
Proporción base a volúmenes base las pérdidas (%)		12.10	108.4									

1 : Fuga en la tubería de distribución y acometida.
 2 : Fuga o flujo que aparece constantemente en las tuberías indetificables. Esto está clasificado como "Pendiente".
 3 : Uso de agua no medido por micromedidor (conexión directa) y uso ilegal por by pass.
 4 : Uso de agua medido por micromedidor y fugas internas en el predio.

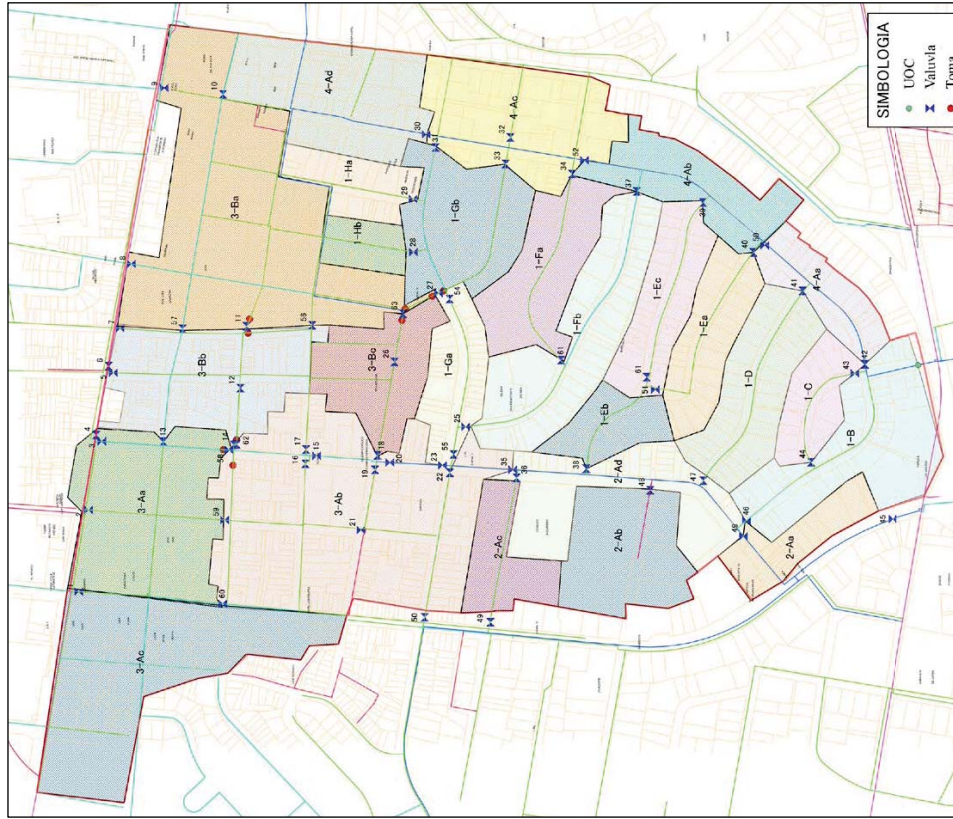


Figura 7.5 Subsectores del Área Piloto AZA No.3

7.3 Estimación del consumo de agua nocturno

Para estimar el porcentaje que el consumo en el caudal mínimo nocturno (Q_{min}), se requiere medir el consumo real mediante la lectura de los medidores al momento de realizar la medición directa.

El consumo nocturno se estima en $0.043 \text{ m}^3/\text{h}$ /caso de acuerdo con los resultados del estudio realizado.

En el Área Piloto AZA No.3 se ha aclarado que existen 1,324 usuarios activos en el momento de abril de 2018, el consumo nocturno en esta área se estima en $56.93 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tabla 7.2 Consumo de agua nocturno en los subsectores

Subsector	Voces de Medición	No. de Medidor Activo	① Fuga Interna y Uso Constante		② Uso Temporal		Uso de agua en promedio por conexión (m ³ /conex.)	Uso de agua en promedio por conexión (m ³ /conex.)	
			Uso de agua (m ³ /h)	Número de Medidor	Uso de agua (m ³ /h)	Número de Medidor			
1C	1	14	1.197	6	0.086	1	0.280	0.020	0.106
	2	14	0.330	3	0.034	2	0.098	0.001	0.025
1D	1	31	0.246	8	0.008	11	0.830	0.027	0.035
	2	31	0.376	9	0.012	12	0.790	0.023	0.035
1E(a)	1	24	0.298	3	0.012	14	0.410	0.017	0.029
1E(b)	1	14	0.123	2	0.009	5	0.850	0.061	0.070
1E(c)	1	29	0.542	8	0.019	9	0.280	0.010	0.029
1F(a)	1	35	0.346	7	0.010	19	1.240	0.025	0.045
1F(b)	1	41	1.316	11	0.032	20	1.170	0.029	0.061
1G(a)	1	31	0.170	0.005	0.020	28	1.820	0.052	0.005
1G(b)	1	35	0.658	0.020	0.031	13	1.260	0.066	0.097
1H(a)	1	19	0.593	0.031	0.013	10	0.190	0.007	0.015
2A(a)	1	26	0.218	0.008	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000
2A(b)	1	0	0.000	0.000	0.007	8	0.120	0.007	0.014
2A(c)	1	18	0.126	0.007	0.008	21	0.840	0.019	0.027
4A(a)	1	31	0.267	0.008	0.033	9	1.100	0.061	0.094
4A(b)	1	18	0.585	0.033	0.004	11	0.220	0.012	0.016
4A(c)	1	19	0.067	0.004	0.007	13	0.420	0.023	0.030
4A(d)	2	18	0.127	0.007	0.025	8	0.220	0.006	0.031
4A(e)	1	34	0.856	0.025	0.013	6	0.120	0.007	0.020
4A(f)	1	18	0.233	0.013	0.019	0.000	0.024	0.043	0.043

Nota ①: Fuga interna de agua medida por micromedidor.

Nota ②: Uso de agua contabilizado durante el período de medición directa excepto las fugas internas.

Nota: El valor de uso de agua temporal en el subsector 4A(f) es el estimado según otro subsector contiguo.

Si bien es cierto que el tiempo de medición del consumo nocturno se difiere según los sectores, estos se caracterizan por la alta incidencia de fugas de conexiones y medidores que están operando continuamente.

No existe en Nicaragua una empresa especializada en ejecutar las obras de acueductos, y todas las obras de instalación de los equipos de suministro de agua desde las tuberías de distribución hasta los medidores son ejecutadas directamente por ENACAL. La instalación de los equipos de conexión de agua potable dentro del lote sale del alcance de responsabilidades de ENACAL. Se encontró que la calidad de obras es, en general, baja y se estima que se produce un caudal importante de fugas dentro

de los lotes.

7.4 Revisión de la relevancia del consumo de agua nocturno

Como se indicó anteriormente, el consumo nocturno se estimó en aprox. $57 \text{ m}^3/\text{h}$, el cual se produce en la franja del tiempo de entre 0:00 y 1:00 a.m. Por lo general, el caudal mínimo nocturno (Q_{min}) se reduce al mínimo en plena noche (entre 2:00 y 3:00), por lo que se verificó la congruencia comparando con la variación del caudal de distribución del Área Piloto AZA No.3.

La gráfica abajo indicada es el registro de caudal clasificado según horario.

En caso de AZA No.3, no se ha encontrado grandes diferencias del caudal de distribución entre las franjas de tiempo de 0:00-1:00 y de 1:00-2:00. De esta manera, es muy probable que el caudal mínimo nocturno siga produciéndose entre 0:00 y 2:00m, por lo que se decidió utilizar el consumo de $57 \text{ m}^3/\text{h}$ como el valor base.

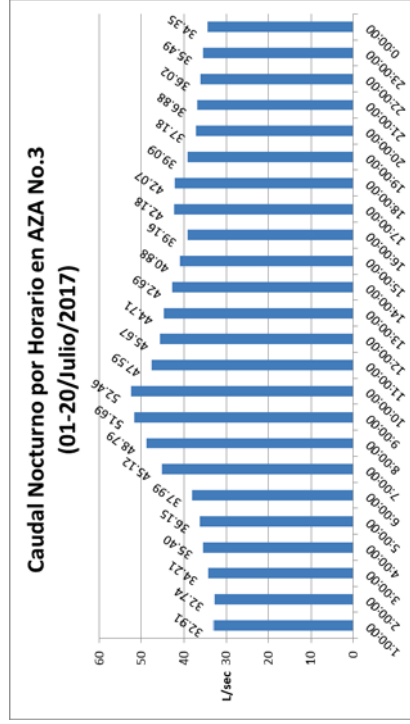


Figura 7.6 Caudal de distribución horaria en el Área Piloto AZA No.3

7.5 Estimación del porcentaje de las pérdidas dentro del caudal mínimo nocturno

Las pérdidas nocturnas pueden ser determinadas restando el consumo nocturno del caudal mínimo nocturno (Q_{min}) monitoreado constantemente.

El estudio de consumo nocturno fue realizado entre junio y octubre de 2017, por lo que el cálculo del volumen de pérdida de agua se realizó con el valor base de Q_{min} del septiembre de 2017.

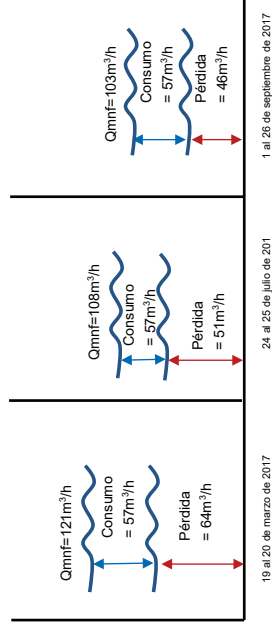


Figura 7.7 Cálculo de la pérdida nocturna

7.6 Cálculo de la pérdida media diaria

Aunque el volumen de pérdida de agua se ha calculado en $46 \text{ m}^3/\text{h}$ como se menciona anteriormente, las pérdidas determinadas hasta aquí son las pérdidas nocturnas. Para conocer el promedio de pérdidas diarias, es necesario reajustar este valor tomando en cuenta la variación de presión de agua diurna.

En la siguiente figura se dividió la presión de agua a la entrada del Área Piloto AZA No.3 en cuatro franjas de tiempo. Entre 0:00 y 6:00, la presión media es de 44.24 m (carga), con un promedio de diario de 34.28 m. El promedio de pérdidas diarias se estimó en aprox. $40.3 \text{ m}^3/\text{h}$ aplicando la tabla de conversión siguiente.

7.7 Estudio de la distribución de presión del agua

La diferencia de cota de terreno en la red de distribución de AZA No.3 es de 20m entre el punto cercano de entrada de agua y el punto extremo de la parte del norte. Con el fin de confirmar los siguientes asuntos se realizó el estudio de presión en las cañillas de usuarios:

- Influencia de la diferencia de cota de terreno sobre la distribución de presión del agua
- Relación entre puntos de fugas y distribución de presión del agua

[Período del estudio]

De 13 de febrero a 19 de febrero de 2018 (6 días consecutivos)

[Puntos de toma de presión]

29 puntos como se muestra en la figura 7.9

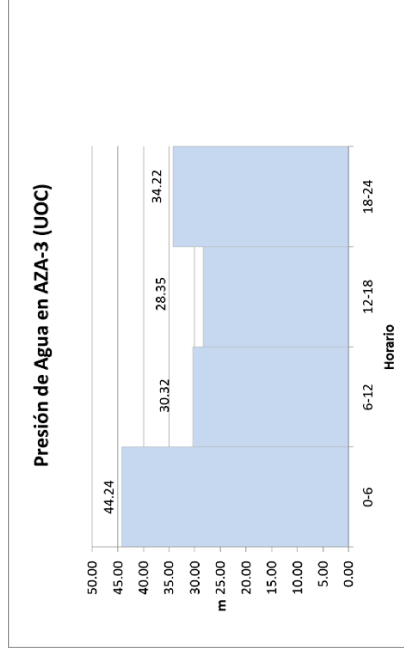


Figura 7.8 Presión de agua de entrada al Área Piloto AZA No.3

Tabla 7.3 Caudal media perdida diaria del Área Piloto AZA No.3

Items	Horario				Promedio
	0:00-6:00	6:00-12:00	12:00-18:00	18:00-24:00	
Presión (m)	44.24	30.32	28.35	34.22	34.28
Proporción (P_x/P_o)	1.00	0.685	0.641	0.773	
$(P_x/P_o)^{0.5}$	1.00	0.828	0.801	0.879	
Caudal (m^3/h)	46.00	38.09	36.85	40.43	40.34

$$Q_x = (P_x/P_o)^{0.5} \times Q_o$$

Q_o : Caudal en franja de tiempo base

P_o : Presión de agua en franja de tiempo base

P_x/P_o : Relación frente a la presión de agua en franja de tiempo base

(1) Evaluación de la presión del agua

[Punto extremo de la red de distribución (No.2)]

En el punto No.2 ubicado en la parte extrema del norte de la zona, se observó la presión máxima entre 55 y 60m, y marcó 20m como presión mínima excepto el tiempo en lo que no se permitió la medición (resultado "Cero") de los días 13 y 14 de febrero de 2018.

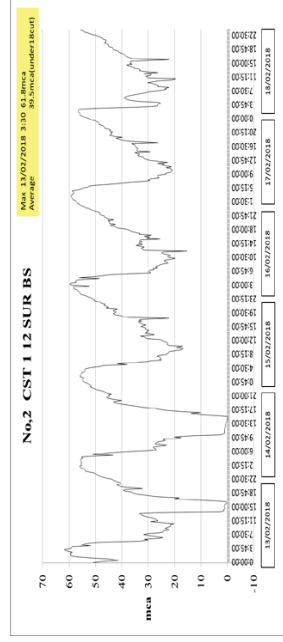


Figura 7.10 Variación de presión en No.2

[Punto cercano de la entrada de la red de distribución (No.29)]

Por otro lado, en el punto No.29 ubicado en la parte cercana de la entrada de la red de distribución, se observó 40m de la presión máxima en promedio, y marcó 20m como presión mínima excepto el tiempo en lo que no se permitió la medición (resultado "Cero") del día 18 de febrero de 2018.

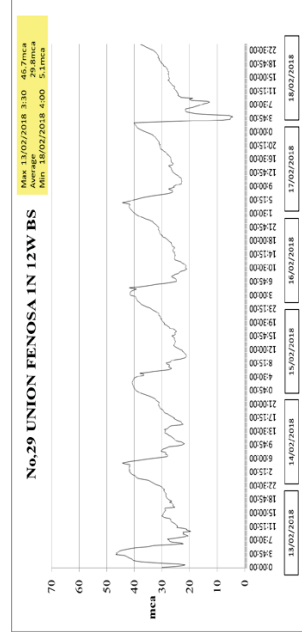


Figura 7.11 Variación de presión en No.29

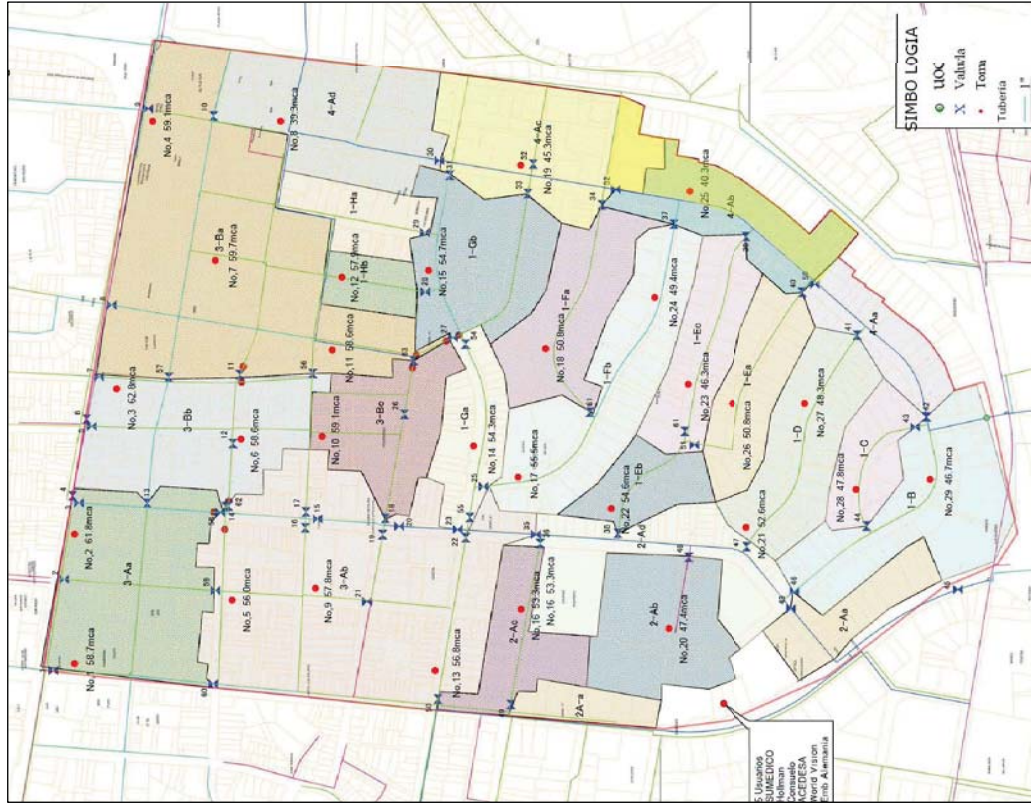


Figura 7.9 Puntos de medición de la presión del agua en AZA No.3

Dada la variación de presión del día (valor máximo y mínimo) entre diferentes puntos, se observa la banda de variación de 20m en el punto de entrada y 40m en el punto extremo. por lo que es evidente que la banda de variación de presión del punto extremo es más amplia que el punto de entrada.

Asimismo, la presión máxima aparece en el horario nocturno en lo que baja el consumo del agua (entre 2:00am y 4:00 am), y se observa 55m-60m en la zona del norte y 40m en el punto cercano de la entrada de la red de distribución.

Cabe recordar que dicho valor de presión del agua es un valor excesivamente alto como la presión de suministro del agua, y es un gran factor que provoca la fuga del agua en el horario nocturno.

Como consecuencia, es una medida eficaz para la reducción de ANF reducir las pérdidas físicas en el horario nocturno, regulando la presión nocturna actual al nivel de 20m aprox. equivalente a la presión del agua en el horario diurno.

(2) Resumen del resultado

El resultado de la presión máxima en los puntos del estudio se muestra en la siguiente tabla, excepto los puntos No.7 y No.17 que no se permitieron registrar los datos correctos.

Tabla 7.4 Comparación de la presión máxima en los diferentes puntos

Presión Máxima	Cantidad	Identificación de los punto
60m o mayor	2	No.2, No.3
Entre 55m y 60m	9	No.1, No.4, No.5, No.6, No.9, No.10, No.11, No.12, No.13
Entre 50m y 55m	7	No.14, No.15, No.16, No.18, No.21, No.22, No.26
Entre 45m y 50m	7	No.19, No.20, No.23, No.24, No.27, No.28, No.29
menor de 45m	2	No.8, No.25

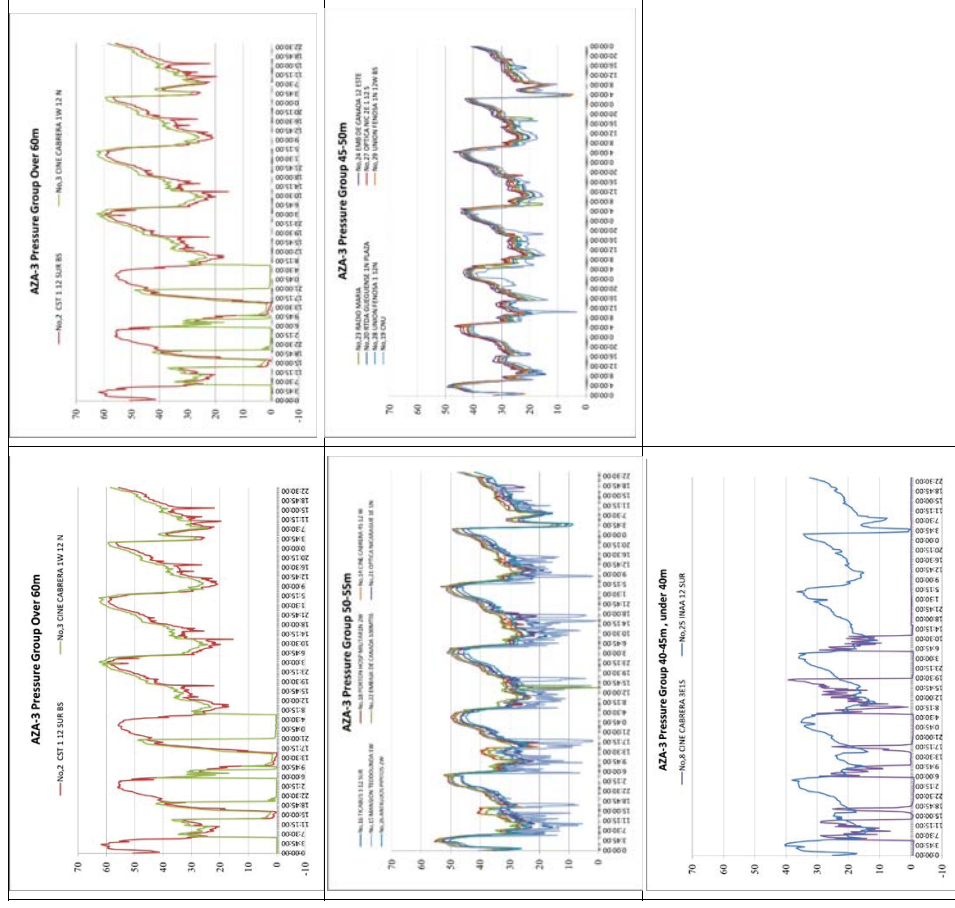


Figura 7.12 Registro de presión en los diferentes puntos

Capítulo 8 Medidas contra pérdidas aparentes y sus efectos

8.1 Medidas contra pérdidas aparentes

Los rubros y el contenido de las medidas contra las pérdidas aparentes (medidas contra las pérdidas comerciales) son los siguientes.

Tabla 8.1 Descripción general de las medidas contra las pérdidas aparentes

No	Medidas contra las pérdidas aparentes	Contenido de ejecución
1	Corrección y actualización del Catastro de Usuarios	Se realiza en el Departamento de Gerencia Comercial y otros Departamentos. En el Capítulo 3 se muestra su contenido.
2	Corrección de la conexión equivocada de los grifos con el sector contiguo	En el presente Proyecto Piloto no hubo ningún caso aplicable de corrección de la conexión equivocada que contribuyera al mejoramiento de la tasa de agua facturada, por lo que no se realizó.
3	Renovación de los medidores y mejoramiento de la tasa de lectura de los medidores	Se adquirieron y se instalaron 277 medidores para usuarios del AZA No. 3 (a la fecha del 16 de abril del 2018). Esto permitió facturar por medio de la lectura de los medidores a los usuarios que antes se facturaba por medio del promedio del caudal o el ajuste del caudal.
4	Corrección de los datos de facturación	
5	Instalación adecuada de los medidores de agua	
6	Detección, eliminación y legalización de las conexiones ilícitas	En las visitas domiciliarias a los usuarios que se realizaron al inicio del Proyecto, se elaboró un listado de 98 casos de sospecha de fraude y se actualizó el Catastro de Usuarios en el Departamento de Gerencia Comercial y otros Departamentos (Capítulo 3). De estos, se procedió a legalizar los casos comprobados de conexión ilegal. Cabe señalar que hubo casos de negativa a la legalización por parte de los usuarios de conexión ilegal aunque les notificaron y les cortaron el servicio (véase la Tabla 1). Por otro lado, durante la implementación de las medidas contra las pérdidas físicas impulsadas por el Departamento de ANF, se detectaron usuarios de conexión ilegal (27 casos), por lo que se procedió a legalizarlos. Asimismo, en cooperación con la Unidad de Antifraude del Departamento

No	Medidas contra las pérdidas aparentes	Contenido de ejecución
7	Verificación de precisión del medidor de agua	de Gerencia Comercial, se realizaron visitas domiciliarias para su legalización (18 casos). Por las exigencias en conocimientos técnicos avanzados y por ser una nueva experiencia en Nicaragua, en el siguiente párrafo se mencionarán los detalles.
8	Mejoramiento del método de instalación de las cajas de medidores	El tema fue abordado en la reunión periódica del Proyecto y se obtuvo la anuencia de los participantes de la reunión a favor de su implementación, sin embargo, en el presente Proyecto Piloto No. 1 no se llegó a realizar.

En el estudio catastral realizado al inicio de las actividades piloto, se informó de 98 casos de sospecha de fraude.

Posteriormente, el Departamento de ANF realizó un estudio de fuga e implementó las medidas. Como resultado, se agregaron 26 nuevos usuarios que requieren estudio.

La siguiente tabla muestra los resultados de la revisión de la situación actual de estos 124 usuarios.

Tabla 8.2 Situación de la implementación de las medidas antifraude en el AZA No. 3

No.	Situación actual	Casos	Porcentaje
1	Legalización finalizada	59	47.6%
2	Sin solicitud de legalización después de terminar el contrato de servicio	21	16.9%
3	Usuarios anteriormente legales	19	15.3%
4	Siguen ilegales pero sin poder cortar el servicio por el peligro, la extrema pobreza, etc.	9	7.4%
5	Conexión directa sin medidor pero sin poder cortar el servicio por no encontrar la tubería	4	3.2%
6	Aún sin legalizar después del corte de suministro de agua	3	2.4%
7	Se descubrió que estaba fuera del Área Piloto AZA No. 3	3	2.4%
8	Negativa a permitir la entrada a la propiedad pero sin poder cortar el servicio por no encontrar la tubería	2	1.6%
9	Sin encontrar el número correspondiente ni en el lugar ni en el mapa (posiblemente número antiguo)	2	1.6%
10	Suspensión temporal	1	0.8%
11	Error de registro (era el número de registro del vecino. Un caso se	1	0.8%

No.	Situación actual encuentra en situación de ilegalidad)	Casos	Porcentaje
Total		124	100.0%

Nota: En la actualidad de abril del 2018

Las causas de las pérdidas aparentes del ANF son las pérdidas por conexiones ilegales (robo de agua), error instrumental de los medidores (subregistro), y error de lectura de los medidores.

El reconocimiento de las pérdidas aparentes es aún insuficiente por parte de ENACAL, y tampoco se han realizado diferentes análisis para reducirlas.

Se consideró necesario transferir la tecnología en los siguientes cuatro temas para fortalecer la capacidad de reducción de ANF por pérdidas aparentes.

Estas actividades no solo contribuye a estimar la incidencia del error instrumental en el ANF, sino también a fortalecer la capacidad de gestión de los medidores de agua de los usuarios.

- Comprender en qué rango de caudal de consumo de los usuarios en general se produce el ANF.
- Conocer el impacto del error instrumental de los medidores en la facturación en cada rango de caudal.
- Conocer la relación entre la antigüedad de los medidores existentes y el error instrumental.
- Comprender el rendimiento requerido de los medidores de agua para recuperar el ANF comercial.

8.2 Estudio del rango de consumo de los usuarios ordinarios

El objetivo del estudio de rangos de consumo es cuantificar el consumo de agua en los diferentes rangos de caudal por los usuarios en general, y al mismo tiempo verificar el grado de precisión (error instrumental) de los medidores existentes.

En la siguiente figura se muestran el caudal de prueba utilizado en los ensayos de los medidores a su despacho, y el error instrumental.

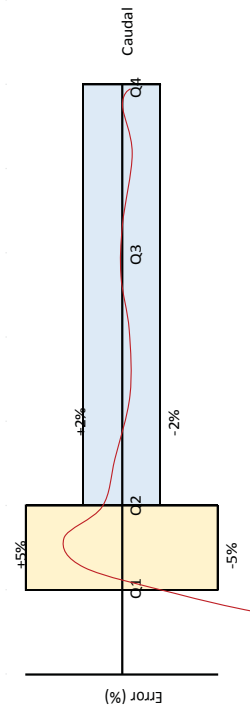


Figura 8.1 Rango de caudal de los medidores y el error instrumental

Los medidores existentes son, en su mayoría de Clase B según las normas ISO. A continuación se presentan los rangos de caudal de los medidores de 15 mm de diámetro. A medida que se disminuye el caudal mínimo nominal, es garantizado mayor grado de precisión en el rango de pequeño caudal, y mayor es el precio del producto.

El conocimiento de los rangos de caudal utilizados por los usuarios ordinarios de la Ciudad de Managua permite conocer qué aspectos de la gestión de precisión son importantes para recuperar el caudal facturado, y por ende, permite seleccionar estratégicamente los medidores tomando en cuenta la relación costo-beneficio.

Tabla 8.3 Rango de caudal en tuberías de 15 mm de diámetro y el error instrumental

Símbolos	Variables	Clasificación según ISO 4064			
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Q ₁	Caudal mínimo nominal	60 lit./h	30 lit./h	15 lit./h	11.25 lit./h
Q ₂	Flujo de transición	150 lit./h	120 lit./h	22.5 lit./h	17.5 lit./h
Q ₃	Caudal máxima nominal	1.5 m ³ /h	1.5 m ³ /h	1.5 m ³ /h	1.5 m ³ /h
Q ₄	Caudal límite	3.0 m ³ /h	3.0 m ³ /h	3.0 m ³ /h	3.0 m ³ /h



El método de estudio consistió en instalar el medidor electrónico en serie después del medidor existente, y registrar los datos por más de 24 horas, y analizar la frecuencia de generación de los rangos de caudal de consumo. El señal de impulso se emite desde el medidor eléctrico por 1 litro de registro de agua.



Se estudiaron 15 casos, y se determinó el promedio de los 14 casos excluyendo un caso de conexión ilegal. Se obtuvo que el rango de 30 lit./h representa el 82 % del total en el consumo diario. Esto quiere decir que el error instrumental en este rango de caudal incide fuertemente al volumen facturado.

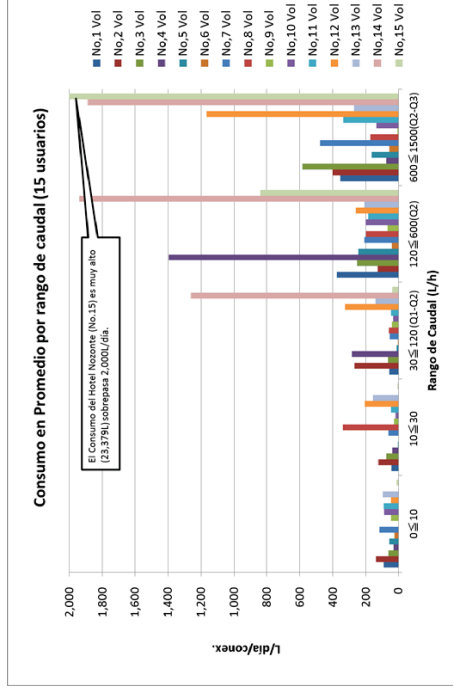


Figura 8.2 Consumo de agua según rangos de caudal de los 15 casos

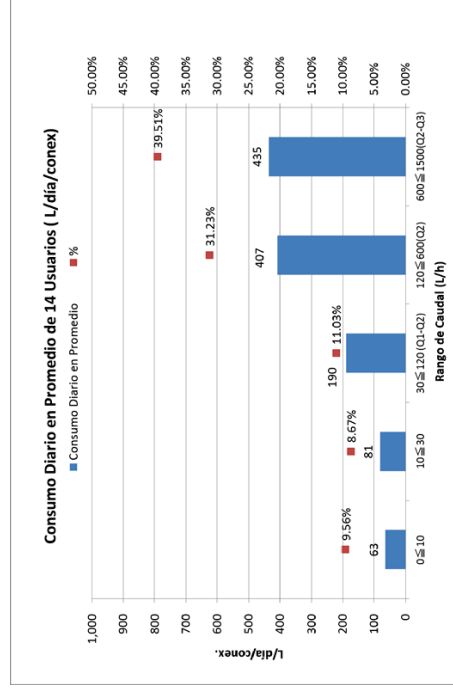


Figura 8.3 Consumo medio de agua según rangos de caudal (exceptuando un caso de conexión ilegal)

Se compararon los valores indicados por los medidores existentes y medidores electrónicos para los 15 casos mencionados, y se obtuvieron los siguientes resultados. Más de la mitad de los 15 medidores estudiados indicaron valores subregistrados (es decir valores inferiores al caudal real), y el error instrumental en cinco de ellos superó el 10 %.

Al analizar la correlación entre el caudal real acumulado de los medidores y el error instrumental mediante el método de aproximación lineal, no se ha encontrado una clara correlación. Lo mismo ocurre con el método de aproximación de la línea de tendencia logarítmica y la curva exponencial, debiendo por lo tanto continuar realizando el estudio aumentando más el número de muestras. Por lo tanto, se decidió ejecutar el estudio de verificación del grado de precisión utilizando los medidores de prueba portátiles después de mediados de agosto de 2017, principalmente por la Gerencia Comercial.

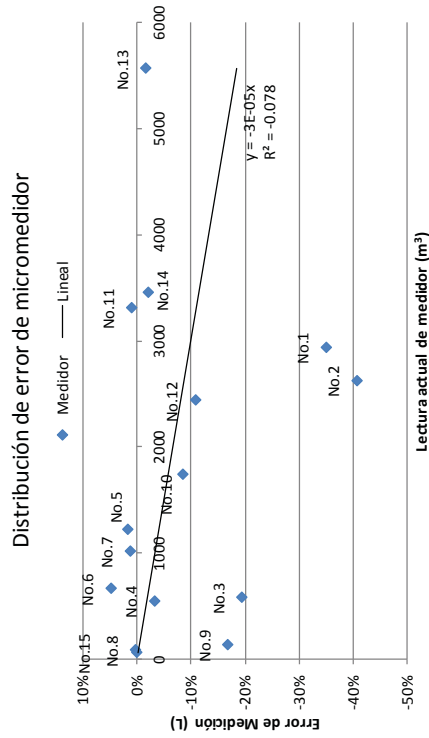


Figura 8.4 Resultados de la revisión del grado de precisión de los 15 medidores

8.3 Estudio del grado de precisión de los medidores existentes

El estudio de verificación del grado de precisión se realizó seleccionando aprox. 320 usuarios de agua del Área Piloto AZA No.3 y utilizando los medidores de prueba portátiles y el tanque estándar (de 20 litros).

Algunos usuarios negaron colaborar en el estudio ya que su ejecución implica suspender temporalmente el suministro de agua. Sin embargo gracias a los esfuerzos persistentes de la Gerencia Comercial, se completó el estudio de 245 medidores.



El error instrumental de los medidores en servicio se permite hasta el doble del error aprobado (a la salida del producto de la fábrica). Se permite hasta $\pm 10\%$ para el rango de caudal de Q1 y Q2 y de hasta $\pm 4\%$ para el rango de más de Q2.

Si se observa solamente el promedio general del error instrumental no se ha encontrado grandes problemas. Sin embargo al analizar los resultados de la prueba de cada uno de los medidores, se encontró un problema sumamente importante.

A continuación se presenta el porcentaje de los medidores que superan el error instrumental tolerable. Como se observa, un elevado porcentaje de los medidores presenta problemas. Se considera necesario aplicar esta información en el análisis de las futuras medidas de reducción de las pérdidas aparentes.

- No existe una clara relación entre el caudal real acumulado de los medidores y el error instrumental.
- El porcentaje de los medidores que excede el error instrumental tolerable en el rango de micro caudal es mayor que en otros rangos, con un 34 %.
- El porcentaje de los medidores que excede el error instrumental tolerable en el rango de pequeño caudal es de 27%.
- Muchos de los medidores que exceden el error instrumental tolerable en los rangos de micro a mediano caudal presentan el sobregistro.
- El error instrumental medio de los medidores es el siguiente: Q1 +3.5 %, Q2 +1.1 % y Q3 -2.0 %.
- Dado que existe una distribución homogénea de sobregistro y subregistro por el error instrumental, pese a que existe un importante número de medidores que no satisface el error instrumental tolerable, el impacto de la renovación de los medidores podría ser insignificante para la recuperación del caudal facturado.

➢ La baja fiabilidad de los medidores de agua en la Ciudad de Managua es un hecho muy conocido, y va a ser difícil recuperar la confianza de los usuarios a menos que se solucione este problema.

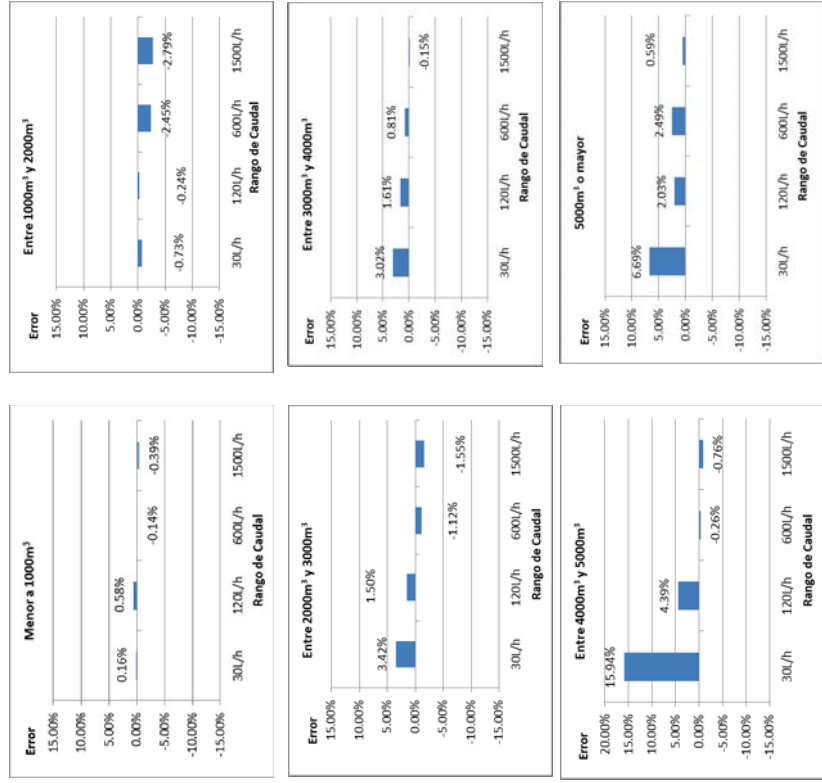
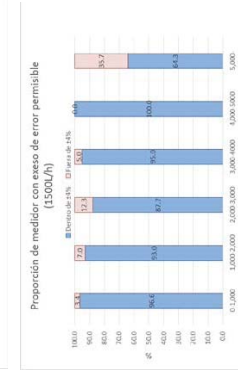
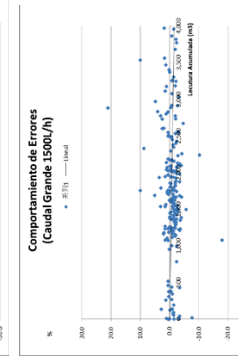
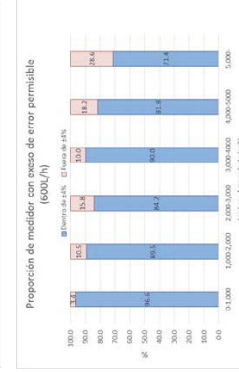
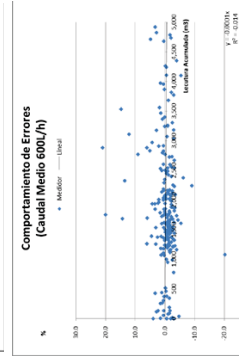
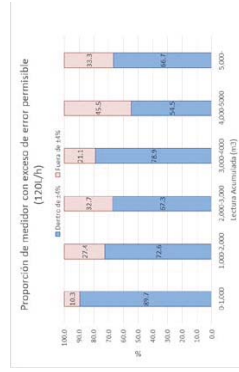
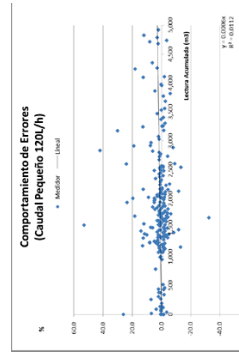
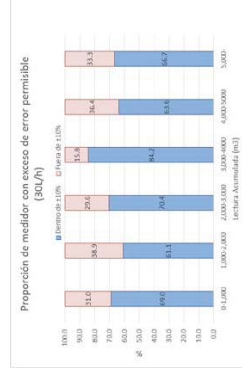
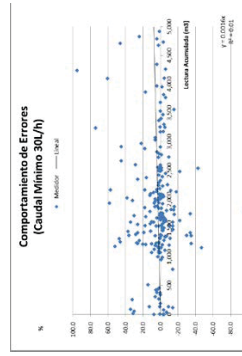


Figura 8.5 Distribución del error instrumental de los medidores de agua existentes

Tabla 8.4 Valores medios del error instrumental de los medidores según caudal integral

Rango de caudal	Valor del caudal integral del medidor (m³)					
	0 ~ 1000 (29 casos)	1000 ~ 2000 (113 casos)	2000 ~ 3000 (54 casos)	3000 ~ 4000 (19 casos)	4000 ~ 5000 (11 casos)	5000- (12 casos)
30 lit./h (Q1)	+0.16%	-0.73%	+3.42%	+3.02%	+15.94%	+6.69%
120 lit./h (Q2)	+0.58%	-0.24%	+1.50%	+1.61%	+4.39%	+2.03%
600 lit./h	-0.14%	-2.45%	-1.12%	+0.81%	-0.26%	+2.49%
1,500 lit./h(Q3)	-0.39%	-2.79%	-1.55%	-0.15%	-0.76%	-0.59%



8.4 Impacto del error instrumental de los medidores en la facturación actual

El estudio de rangos de caudal de 15 medidores del Área Piloto AZA No.3 puso de manifiesto el rango de caudal más utilizado por los usuarios en general, así como la tendencia de consumo. Asimismo, el estudio del grado de precisión de los 245 medidores puso de manifiesto el error instrumental en cada rango de caudal.

La facturación de agua incluye además de las facturas basadas en la lectura de los medidores, las facturas por el consumo medio o valor ajustado debido a imposibilidad de lectura o falta de medidores.

El consumo sujeto a las facturas basadas en consumo medio es manejado como el agua facturada, pero su grado de precisión está en cuestión. Para mejorar la fiabilidad de los indicadores operativos de ENACAL, como son el volumen y tasa del ANF, es sumamente importante mejorar el porcentaje de facturación basada en la lectura de los medidores.

Figura 8.6 Resultados del estudio del grado de precisión de los medidores existentes

En este estudio se cuantificó el impacto de la renovación de los medidores que no presentan ningún error instrumental sobre la facturación de agua.

En la siguiente figura, se observa que de los usuarios con medidores, 810 son facturados basándose en la lectura de los medidores.

Detalle de Tipo de Facturación por Lectura de Medidor (Dato de Facturación en Agosto de 2017)

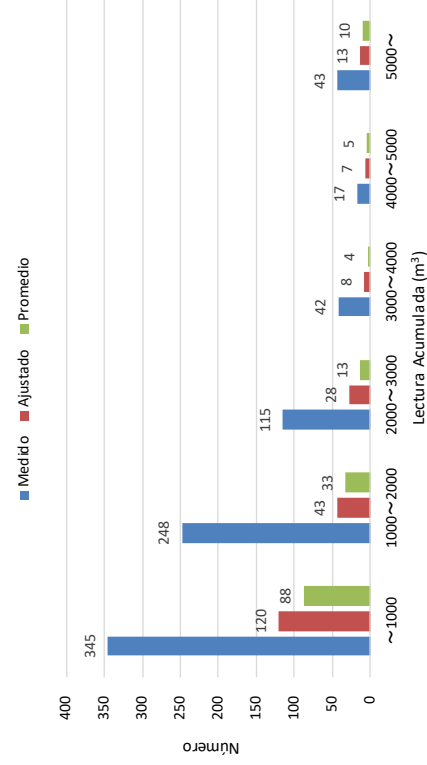


Figura 8.9 Tipo de facturas de los usuarios con medidores

Se cuantificó el consumo facturado de estos 810 usuarios distribuyendo el consumo en diferentes rangos de caudal y asumiendo que se utilizaron los medidores sin error instrumental. Los datos fueron tomados de la base de datos de agosto de 2017.

Los resultados son los siguientes. Se observa que el impacto del error instrumental sobre el consumo facturado es de apenas 0.3 %.

Consumo facturado

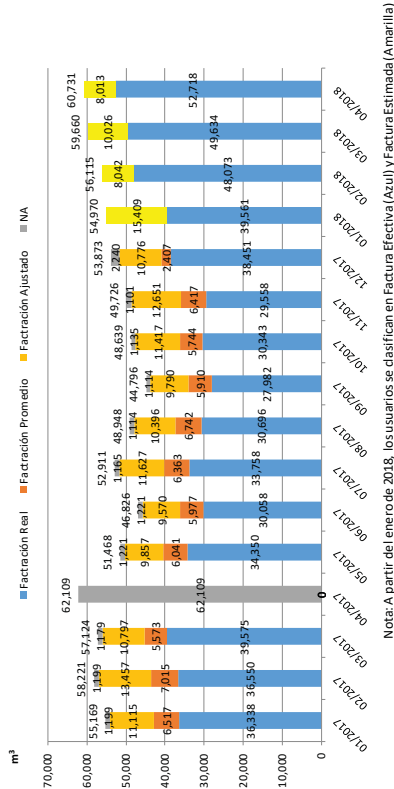


Figura 8.7 Desglose del caudal facturado en el Área Piloto AZA No.3

Números de usuarios

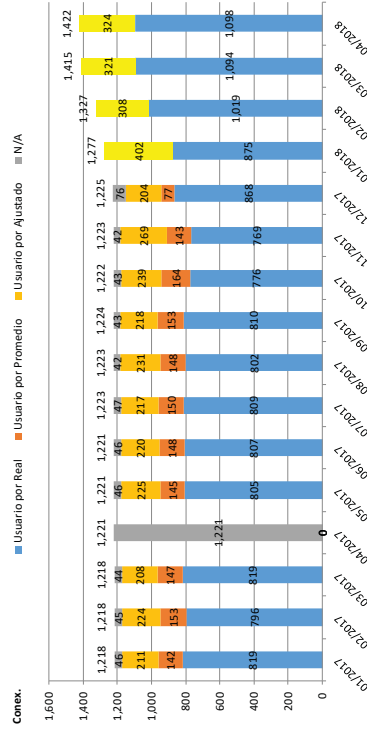


Figura 8.8 Tipo de facturas de los usuarios del Área Piloto AZA No.3

Items	Unidad	~1000	1000~2000	2000~3000	3000~4000	4000~5000	5000~
Número de usuarios	Nro	345	248	115	42	17	43
Volumen de Agua Facturado	m ³ /mes	9514	6077	2936	997	5621	
Volumen de Agua facturado por Usuario	m ³ /mes/cons	27.58	36.50	52.84	69.50	58.65	130.72



Rango de Caudal	Lectura Acumulada de Medidor (m ³)						
	~1000	1000~2000	2000~3000	3000~4000	4000~5000	5000~	
0~300/h	9.56	2.64	3.53	5.05	6.68	5.61	12.50
30~300/h	8.07	2.39	3.20	4.38	6.04	5.08	11.33
300~1200/h	11.03	8.04	4.07	4.83	6.77	6.97	16.92
1200~1600/h	14.11	10.51	4.65	4.58	7.43	5.17	20.42
1600~1500/h	39.53	10.50	14.58	20.88	27.62	23.17	53.65
Total	100.00	27.58	36.50	52.84	69.50	58.65	130.72



Rango de Caudal	Distribución de error						
	~1000	1000~2000	2000~3000	3000~4000	4000~5000	5000~	
0~300/h	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30~300/h	0.16	-0.71	3.42	3.02	5.94	6.69	6.69
300~1200/h	0.38	-1.18	0.11	0.11	0.32	0.32	2.00
1200~1600/h	-0.38	-2.45	-1.17	0.18	-0.76	-0.76	2.00
1600~1500/h	-0.38	-2.79	-1.55	-0.15	-0.76	-0.76	0.59



Rango de Caudal	Volumen facturado (Consumo real)						
	~1000	1000~2000	2000~3000	3000~4000	4000~5000	5000~	
0~300/h	2.64	3.53	5.05	6.68	5.61	12.50	
30~300/h	2.39	3.20	4.43	5.98	4.99	10.92	
300~1200/h	8.04	4.07	4.58	6.77	6.97	16.92	
1200~1600/h	8.62	11.81	16.69	21.66	18.32	39.83	
1600~1500/h	10.94	15.00	21.21	27.66	23.35	51.35	
Total	27.61	37.64	53.12	69.47	57.90	128.43	
Número de usuarios	345	248	115	42	17	43	
Volumen Facturado Total	9,525.83	9,334.50	6,106.51	2,917.83	984.33	5,522.33	
Volumen Facturado (Rectificación)	m ³ /mes	34,389.73					
Volumen Facturado en Agosto de 2017	m ³ /mes	34,295.71					
Tasa de Recuperación	%	0.29					

Figura 8.10 Estimación del caudal facturado sin tomar en cuenta el impacto del error instrumental

Estos resultados sugieren que el impacto de las pérdidas aparentes para los usuarios con medidores es insignificante. Sin embargo, también es cierto que existe una marcada diferencia del error instrumental en cada uno de los medidores, lo cual se traduce en la falta de equidad en la facturación. Este gran problema constituye una de las causas de la baja fiabilidad del servicio.

Por otro lado, existe un elevado porcentaje en el Área Piloto AZA No.3 de los usuarios desconocidos, con facturación ajustada, o con facturación promedio que en conjunto representa un 40 % del total. Se desconoce en qué medida la corrección de esta situación impactaría al caudal facturado. En todo caso, para poder analizar las medidas de reducción de las pérdidas aparentes en el ANF con los datos precisos, es indispensable mejorar la tasa de lectura de los medidores.

8.5 Efectos de las medidas contra las pérdidas aparentes

No se puede mostrar únicamente los efectos precisos de las medidas contra todas las pérdidas aparentes a base del caudal, ya que las medidas contra las pérdidas aparentes fueron implementadas paralelo a las medidas contra las pérdidas reales. Sin embargo, con respecto a las medidas antifraude y a la instalación y cambio de micromedidores, se puede conocer los efectos a base del caudal a través de la suma y comparación del caudal facturado de línea de base del usuario correspondiente identificado por el número de usuario al cual se implementaron las medidas con el caudal facturado después de la ejecución del Proyecto. Los resultados son los siguientes.

(1) Efectos de la instalación de micromedidores

Tabla 8.5 Cambios en el consumo facturado por la instalación del medidor

Rubro	Consumo facturado (m ³ /mes)	Consumo por conex (m ³ /mes * conex)
Promedio mensual de 2016	15,356	57.1
Consumo facturado (De abril a mayo de 2018)	16,769	62.3
Valor ajustado como promedio de 2018 (Nota 1)	17,002	
Incremento/ decremento	+1,646	

Nota 1: El período de lectura era de 30 días, por lo que se calculó la equivalencia del consumo facturado original (16,769) a 30.4167 días (=365/12).

Hasta el momento del fin de abril de 2018, se ha realizado el reemplazo o instalación nuevas para 277 usuarios activos en AZA No.3, de los cuales 269 son los usuarios objeto a calcular la tasa de ANF en el área piloto, puesto que se ha confirmado algunos usuarios están ubicados fuera del área piloto. Según el dato de facturación para dichos 265 usuarios en el mes de diciembre de 2016, 26 son de "Promedio" y 30 son de "Ajustado".

Como se muestra en la Tabla 8.5, el caudal facturado del usuario con el nuevo medidor instalado se incrementó en 1,646m³/mes en comparación con el periodo anterior a la ejecución del Proyecto Piloto que significa 10.7% del consumo facturado en promedio del 2016.

El consumo promedio de agua por 1 conexión aumentó 5.2 m³/mes de 57.1 m³/mes a 62.3 m³/mes. En este proyecto piloto, se descubrió que la instalación o reemplazo de un nuevo medidor causó un efecto positivo en ENACAL a medida que aumenta el agua facturada.

Comparando el consumo facturado de antes y después de la ejecución del Proyecto, se observa

un aumento de consumo en 151 usuarios y el descenso en 112 usuarios. Se supone que esto se debe a que los usuarios ahorraron cuidadosamente el consumo de agua por ser reciente la instalación.

Cabe señalar que en una situación donde la demanda del agua es mayor al caudal de suministro, el caudal de consumo reducido por el ahorro de agua en un sector se consume en otros sectores aledaños, por lo que para ENACAL en su totalidad esto no se traduce en una reducción del caudal facturado. Es decir, aun cuando el caudal facturado de ese sector se reduce logrando la concientización sobre el ahorro de agua mediante la instalación del medidor, esto significa nada más ni nada menos que el mejoramiento del servicio para los sectores aledaños generando un caudal adicional, por lo tanto, no está afectando las finanzas de ENACAL.

(2) Efectos de la legalización de usuarios

Tabla 8.6 Cambios en el consumo facturado por la legalización de conexiones ilegales

Rubro	Consumo facturado (m ³ /mes)	No. de usuarios con registro de consumo	Consumo por conex (m ³ /mes*conex)
Promedio mensual de 2016	1,328	29	45.8
Consumo facturado (De abril a mayo de 2018)	2,676	41	65.3
Valor ajustado como promedio de 2018 ^(Nota 1)	2,713		
Incremento/ decremento	+1,385		

Nota 1: El periodo de lectura era de 30 días, por lo que se calculó la equivalencia del consumo facturado original (2,676) a 30-4167 días (=365/12).

Hasta el momento del fin de abril de 2018, se registran 59 casos de legalización de usuarios en AZA No.3, de los cuales 51 casos ya se han asignado el número de cuenta. El análisis de los efectos de legalización de usuarios está dirigida a los 41 usuarios, puesto que los 5 usuarios de 51 casos están incluido en la Tabla 8.5 y otros 5 casos no se confirmaron sus consumos en la base de dato.

Resumiendo acerca de los usuarios de conexión ilegal legalizados, como se muestra en la Tabla 8.6, el total del caudal facturado se incrementó en un 1,385 m³/mes después de la ejecución del Proyecto Piloto.

El consumo promedio de agua por 1 conexión aumentó 19.5 m³/mes (43%) de 45.8 m³/mes a

65.3m³/mes. Se encontró que el volumen de agua facturada aumentó en gran medida por la legalización que hace que el agua ilegal no facturada sea cobrada. Esto es valioso en el aspecto financiero de ENACAL y en el aspecto de la utilización efectiva de los recursos, ya que el aumento del volumen de agua facturado se realizó sin las expansiones del volumen de distribución de agua y del consumo de recursos hídricos.

La Unidad de Antifraude tiene organizados los datos de multas y gastos corrientes por legalización. El monto total de multas y gastos corrientes cobrados a los usuarios legalizados del Área Piloto AZA No. 3 es de C\$89,364. El monto total de multas incluyendo los abonos que se pagarán en adelante es de C\$438,911 (Tabla 8.7). El importe facturado no recibido (C\$349,547) es la cantidad que ENACAL aún no ha recibido de usuarios ilegales debido al pago de cuotas futuras, y así sucesivamente. Este monto comparte el 79.5% del monto total facturado (monto prometido a pagar). El monto total pagado solo comparte el 20.5% del monto total facturado. Se considera importante aumentar el porcentaje del primer pago a plazos y hacer un mayor esfuerzo para mejorar la tasa de cobro del pago a plazos futuro. Las medidas antifraude contribuyen al aumento del caudal facturado del Área Piloto y también generan ingresos por multas.

Capítulo 9 Análisis de los componentes del ANF

El promedio de ANF por día según los datos de facturación sobre el consumo entre septiembre y octubre de 2017 se estima en 1,624 m³/día (67.7 m³/h), de los cuales 967.2 m³/día (40.3 m³/h) son pérdidas. Las fugas y las conexiones ilegales representan un elevado porcentaje de estas pérdidas.

En el sector donde se realizó la medición directa de las pérdidas nocturnas se estimaron los siguientes factores:

- Fugas evidentes de las tuberías (28.31 m³/h) : 46.0 %
- Pérdidas identificadas (17.04 m³/h) : 27.6 % (pendiente)
- Consumo aparente de las conexiones ilegales (16.29 m³/h) : 26.4 %

Como consecuencia del trabajo de medición directa en los subsectores realizado por el Department de ANF, se deduce que un 46.0 % de las pérdidas de este sector es pérdida real, un 27.6 % es pérdida identificada (pendiente) y un 26.4% es pérdida aparente por las conexiones ilegales.

La diferencia de 657 m³/día (27.4 m³/h) entre el promedio de ANF y las pérdidas representa un 42 % del consumo facturado (1,545 m³/día) que está clasificada en "Otros" en la figura abajo mencionada.

- Consumo de los usuarios alrededor del subsector 3A y 3B que no fueron confirmados al inicio del proyecto
- Cobro equivocado
- Consumo autorizado pero no facturado (uso en parque y sector público)
- Desagüe de agua (drenaje) producido en el trabajo de reparación de fugas, la obra de sectorización y la medición directa.

El volumen de agua clasificado en "Otros" se debe probablemente al error instrumental de la medición del agua distribuida, al cobro equivocado (debido al error de la lectura de los medidores y ajuste del cálculo) y el consumo autorizado no facturado (hidrantes, uso público).

La pérdida causada por el cobro equivocado debe ser clasificada en "Pérdida Aparente", pero no se ha alcanzado a confirmar sus volúmenes y causas de forma perfecta hasta este momento.

En otra parte, se observó la información de que existían otras conexiones en uso en la parte norte del

área piloto en la etapa final del proyecto piloto. El consumo de dichos usuarios está clasificado en "Otros", por lo que hay posibilidad de bajar el valor de "Otros" después de que se realice la renovación del monitoreo de ANF a partir de mayo de 2018.

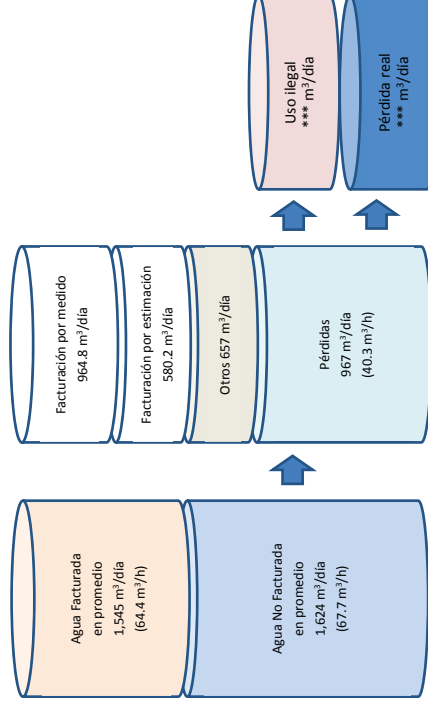


Figura 9.1 Componentes del ANF (en septiembre de 2017)

La siguiente tabla muestra el balance hídrico en forma provisional según el resultado conseguido hasta ahora. Sin embargo los valores son estimativos debido a la clasificación incompleta de "Otros" como se describe anteriormente.

Se espera que dicha clasificación sea aclarado según el trabajo de seguimiento del DANF.

Tabla 9.1 Balance Hídrico en AZA No.3 (Estimación en Sep/2017)

Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Consumos autorizados 2,202 m ³ /día	Autorizados facturados 1,545 m ³ /día	Agua facturada 1,545 m ³ /día	Consumo medido facturado
	Consumos autorizados no facturados 657 m ³ /día	Agua no facturada 1,624 m ³ /día	Consumo no medido facturado: Consumo no medido con tarifa estimada
Pérdidas de agua 967 m ³ /día	Pérdidas aparentes *** m ³ /día		Consumos medidos no facturados: Agua suministrada a áreas específicas (barrios pobres, etc.)
	Pérdidas reales *** m ³ /día		Consumos no medidos no facturados: consumo requerido para la operación de servicios
			Consumos no autorizados: conexiones ilegales
			Errores del medidor: insensibilidad del medidor; error instrumental, error de lectura
			Fugas de la red primaria
			Fugas o desbordamiento de los tanques
			Fugas en la red y las conexiones

Capítulo 10 Análisis de la relación costo beneficio

10.1 Método de análisis de costo beneficio

10.1.1 Cálculo de beneficios

Se puede suponer dos beneficios, la reducción del caudal de distribución (Figura 10.1, (1)) y el incremento del caudal de agua facturada (idem, (2)).

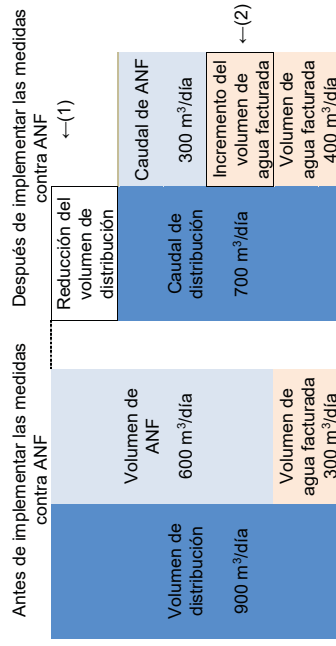


Figura 10.1 Efectos de las medidas contra ANF (ilustrativo)

(1) Beneficio de la reducción del caudal de distribución

La reducción del volumen de distribución hacia el Área Piloto AZA No. 3 es un ahorro de costos para el sector en cuestión, sin embargo, para ENACAL en su totalidad (en una situación de escasez de agua), el caudal reducido implica el aumento del volumen de distribución y el aumento del consumo facturado de los sectores aledaños (Figura 10.2). El beneficio se obtiene multiplicando el caudal de distribución reducido por tasa de agua facturada, luego multiplicando el resultado por costo unitario de suministro (ingresos por caudal unitario de agua facturada).

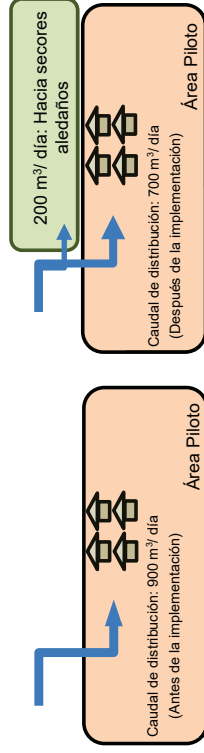


Figura 10.2 Beneficio de la reducción del caudal de distribución (ilustrativo)

Tabla 10.1 Ejemplo del cálculo de beneficio por la reducción del caudal de distribución

Caudal de distribución reducido	Tasa de agua facturada	Costo unitario de suministro*	Beneficio por el ahorro del caudal de distribución
200m³/día	45%	14C\$/m³	1,260C\$/día

Nota: * Se define con la fórmula Monto facturado de tarifa de agua ÷ Caudal de agua facturada.

(2) Beneficio del incremento del volumen de agua facturada

El aumento del volumen de agua facturada implica ingresos adicionales a ENACAL, por lo tanto, obviamente es un beneficio. El beneficio del incremento del volumen de agua facturada se obtiene como se muestra en la Tabla 10.2.

Tabla 10.2 Ejemplo del cálculo de beneficio por el incremento del volumen de agua facturada

Caudal de agua facturada incrementado	Costo unitario de suministro	Beneficio incrementado
100 m³/día	14 C\$/m³	1,400 C\$/día

(3) Beneficio total

El beneficio total se obtiene a partir de párrafo (1) y (2) como se muestra en la Tabla 10.3.

Tabla 10.3 Ejemplo del cálculo de beneficio total

Beneficio de la reducción del caudal de distribución	Beneficio del incremento del caudal de agua facturada	Beneficio total
1,260 C\$/día	1,400 C\$/día	2,660 C\$/día

(4) Período de generación del beneficio

Los beneficios anteriormente mencionados se generan después de la ejecución del Proyecto hasta que el ANF se retorne completamente, disminuyéndose constantemente por una cierta cantidad. Los beneficios también se generan durante la ejecución del Proyecto incrementándose progresivamente como se muestra en la siguiente Tabla, los cuales se contabilizan también como beneficio. Cabe señalar que durante la ejecución del Proyecto la reducción de la tasa de ANF no es lineal sino con variaciones, sin embargo, para simplificar el cálculo en este análisis, se presume una reducción lineal de una cierta cantidad constante con el transcurso del tiempo.

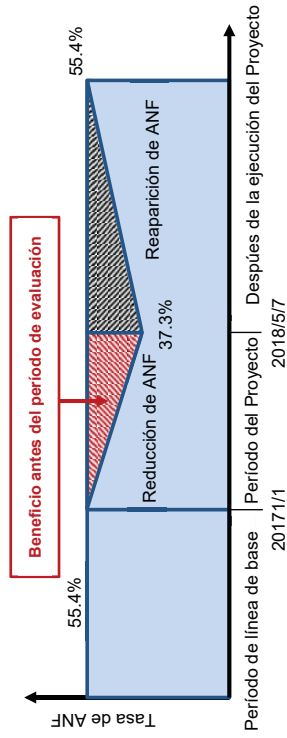


Figura 10.3 Período de generación del beneficio (ilustrativo)

10.1.2 Cálculo de costos

Al finalizar el Proyecto, se contabilizarán los costos por separado para medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales) y para medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas), registrando mensualmente los costos por rubros como el costo de mano de obra, el costo de transporte en vehículos, el costo de equipos y materiales para el estudio, el costo de materiales de reparación y el costo de combustible, entre otros.

Para el costo de mano de obra, se registran por empleados las horas trabajadas del mes laborado. Cuando un empleado del Departamento de ANF que usualmente se dedica a las medidas contra las pérdidas físicas se dedicó a la detección de fraudes, es preferible que se registren las horas empleadas para esta actividad para el posterior ajuste del costo de mano de obra.

Para el costo de transporte, se registran mensualmente los tipos, el número de unidades y la distancia recorrida de los vehículos utilizados para trabajos de campo.

Con respecto a los nuevos medidores y grifos, su costo se contabiliza anualmente como costo de amortización en vez de precio de adquisición, ya que estos pueden ser utilizados aún después que el ANF que se había reducido gracias al Proyecto Piloto se retorne nuevamente dentro de unos años. El costo de amortización se obtiene dividiendo el valor excepto el valor remanente después del período de vida útil (10%) entre los años de vida útil (en caso del método de cuota fija), y se contabiliza anualmente mientras permanezcan los efectos de las medidas contra ANF después de su instalación. En caso del uso de inventarios para la reparación, se procurará no contabilizar el costo como cero sino se incluirá el costo de adquisición de productos similares (si el producto tiene años de vida útil, el costo de amortización).

De igual manera, los costos de equipos y materiales para el estudio de fuga, el costo de materiales de reparación y otros costos no se contabilizarán como precio de adquisición, ya que se utilizarán aún después de la finalización del Proyecto Piloto, sino como costo de amortización por el período utilizado.

10.1.3 Método de comparación de costo beneficio

(1) Indicador 1: Costo por caudal unitario ahorrado (caudal de ANF reducido)

Estos son costos de implementación de las medidas para reducir 1m³/día el ANF (o consumo de agua facturada incrementado y volumen de distribución reducido). Si estos son inferiores al costo de suministro de agua de ENACAL, está comprobado de que las medidas contra ANF del Proyecto Piloto han logrado incrementar el caudal de distribución a un costo inferior al promedio de costo unitario de suministro de agua de ENACAL. Este indicador se puede obtener con la siguiente fórmula:

Fórmula

Costo por caudal unitario ahorrado (C\$/m³) =

$$\frac{\text{Costo de medidas contra ANF (C\$)} - \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)}}{\text{Volumen de distribución ahorrado (m}^3\text{/mes)} \times \text{Período de efectividad (meses)} + 2} =$$

$$\frac{\text{Costo de medidas contra ANF (C\$)} - \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)} - \text{Beneficio antes del período de evaluación (C\$)}}{(\text{Consumo de agua facturada incrementado (m}^3\text{/mes)} + \text{Tasa de agua facturada en el área piloto} + \text{Volumen de distribución reducido (m}^3\text{/mes)}) \times \text{Período de efectividad (meses)} + 2}$$

Nota: * Se divide entre 2 porque se considera el retorno de ANF suponiendo un retorno lineal constante de una cierta cantidad con el transcurso del tiempo.

(2) Indicador 2: Período de recuperación del costo de medidas contra ANF

Esto es el beneficio producto de las medidas contra ANF e indica el período que permite recuperar el costo de medidas. Si dicho período es menor al supuesto período de efectividad de la reducción de ANF, se concluye que se puede recuperar el costo de medidas. Este indicador se puede obtener con la siguiente fórmula.

Fórmula

Período de recuperación de costo de medidas contra ANF (meses) =

$$\frac{\text{Costo de medidas contra ANF (C\$)} - \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)} - \text{Beneficio antes del período de evaluación (C\$)}}{(\text{Consumo de agua facturada incrementado (m}^3\text{/mes)} + \text{Volumen de distribución reducido (m}^3\text{/mes)}) \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto} \times \text{Costo unitario de suministro de agua (C\$/m}^3\text{)} + 2}$$

Nota: * Se divide entre 2 porque se considera el retorno de ANF suponiendo un retorno lineal constante de una cierta cantidad con el transcurso del tiempo.

(3) Indicador 3 : Relación costo beneficio (estableciendo un período de efectividad)

La relación se calcula dividiendo el beneficio entre el costo, e indica la comparación del beneficio con el costo. Si el resultado es mayor a 1, significa que el beneficio > el costo, lo que implica que el Proyecto genera utilidades. Si el resultado es menor a 1, significa que el beneficio < el costo, lo que implica que se generan pérdidas. Si el resultado es 1, el beneficio = el costo.

Fórmula

Relación costo beneficio =

$$\frac{(\text{Consumo de agua facturada incrementado (C\$/mes)} + \text{Volumen de distribución reducido (C\$/m}^3) \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto)} \times \text{Costo unitario de suministro de agua (C\$/m}^3) \times \text{Período de efectividad (meses)} + 2^* + \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)}}{\text{Costo de medidas contra ANF (C\$)}}$$

Nota: *Se divide entre 2 porque se considera el retorno de ANF suponiendo un retorno lineal constante de una cierta cantidad con el transcurso del tiempo.

(4) Tasa interna de retorno financiero (FIRR)

Es la tasa de descuento que permite que los ingresos del proyecto sean iguales a la inversión sufragando todos los gastos de inversión, operación y mantenimiento y renovación, además, el pago de intereses, cuando se realiza un proyecto con los fondos de un préstamo. Cuando la FIRR es mayor que la tasa de descuento (interés real considerando la inflación), esto significa que aunque se implementaran las medidas con el financiamiento se puede pagar el principal y los intereses, y generar utilidades. La FIRR se calcula llenando las casillas de gastos e ingresos de la siguiente Tabla, luego obteniendo la tasa interna de retorno (IRR) de la casilla de saldo mediante el uso del Asistente del archivo de Excel.

Tabla de gastos e ingresos del Proyecto Piloto

Año	Gastos	Ingresos	Saldo
1er. año	AAAA	BBB	- DDDD
2do. año		CCC	CCC
3er. año		CCC	CCC
4to. año			
5to. año			

Condiciones para la factibilidad del proyecto:

FIRR > Tasa de descuento

* La tasa de descuento significa el interés real.
Ni los ingresos ni los gastos consideran la inflación.

Gastos: Costo de medidas contra ANF y gastos de mantenimiento del Área Piloto a partir del siguiente año

Ingresos = Primer año: Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$) y beneficio antes del período de evaluación (C\$)

A partir del segundo año: Consumo de agua facturada incrementado (C\$/mes) x Costo unitario de tarifa (C\$/m³) + Volumen de distribución reducido (C\$/mes) x Costo unitario de suministro de agua (C\$/m³) x 12 meses x Tasa de reducción de ingresos de cada año ^(Nota 1)

Nota 1: Como los ingresos disminuyen cada año debido al retorno de ANF, se multiplica el ingreso por la tasa de reducción que varía cada año. Ej.: Cuando se retorna el ANF al 100% en un año, Ingreso anual x 50% (... Tasa de reducción de ingresos). Se multiplica la tasa de reducción de La siguiente tabla por el ingreso según el período de efectividad y el año fiscal.

Tasa de reducción de ingresos: El 100% es el ingreso anual cuando no hay retorno de ANF. Cuando hay retorno, el ingreso de algún año llega a ser X%. Este X es la tasa de reducción de ingresos. Se multiplica el monto de ingreso anual por el siguiente porcentaje.

X años transcurridos después del inicio	Periodo de efectividad						
	1 año	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años	7 años
2do. año	50.0%	75.0%	83.3%	87.5%	90.0%	91.7%	92.9%
3er. año		25.0%	50.0%	62.5%	70.0%	75.0%	78.6%
4to. año			16.7%	37.5%	50.0%	58.3%	64.3%
5to. año				12.5%	30.0%	41.7%	50.0%
6to. año					10.0%	25.0%	35.7%
7mo. año						8.3%	21.4%
8vo. año							7.1%

Nota: Se supone que los ingresos disminuyen constantemente por una cierta cantidad con el transcurso del tiempo (se retorna el ANF).

10.2 Cálculo de costos

La siguiente tabla resume los costos de medidas contra las pérdidas aparentes y de las medidas contra las pérdidas reales.

Tabla 10.4 Costo de Proyecto Piloto para las medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)

No.	Rubro	Unidad	Monto
1	Mano de obra (incluyendo la asignación desde las medidas contra las pérdidas físicas)	C\$	843,439
2	Vehículo y combustible	C\$	72,168
3	Costo de amortización de medidores de agua instalados	C\$	20,004
4	Total	C\$	935,611

Nota: Monto desde 2017 hasta marzo de 2018

Tabla 10.5 Costo de Proyecto Piloto para las medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)

No.	Rubro	Unidad	Monto
1	Mano de obra (viático y horas extras)	C\$	3,180,590
	Mano de obra dedicada a las medidas antifraude	C\$	528,112
	Mano de obra excepto para medidas antifraude (a)	C\$	2,652,477
2	Vehículo y combustible	C\$	299,627
	Para medidas antifraude	C\$	52,201
	Costo de mantenimiento excepto para medidas antifraude (b)	C\$	247,426
3	Monto de inversión preliminar a través del PRASMA (Proyecto de Agua y Saneamiento de Managua) (c)	C\$	19,995
4	Costo de sub-sectorialización	C\$	1,173,888
	De los cuales, costo de amortización de nuevos medidores de agua	C\$	45,009
	Costo de sub-sectorialización excepto el anterior (d)	C\$	1,128,879
	Total costo para las pérdidas reales (a+b+c+d)	C\$	4,048,777

Nota: Monto desde 2017 hasta abril de 2018

La siguiente tabla extrae únicamente el costo de instalación de medidores incluido dentro del costo de medidas contra las pérdidas aparentes, con la finalidad de averiguar el costo efectividad con la instalación de los medidores.

Tabla 10.6 Costo de instalación de nuevos medidores

Rubro	Nov. de 2017	Dic. de 2017	Enero de 2018	Febrero de 2018	Marzo de 2018	Monto
Mano de obra	9,815	49,978	38,241	43,381	43,382	184,797
Costo de amortización de nuevos medidores	0.00	5,001	5,001	5,001	5,001	20,004
Total						204,801

A partir del segundo año

Rubro	Monto mensual	Número de meses	Monto
Costo de amortización de nuevos medidores de agua	5,001	12 meses	60,012

Nota: El costo de amortización de los nuevos medidores para medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas) de C\$45,008 (equivalentes a 9 meses) es mayor que el costo de amortización de los medidores para medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales) de C\$10,002 (equivalentes a 2 meses), ya que desde el inicio del Proyecto se contabilizaba el costo de amortización para medidas contra las pérdidas reales. En realidad, la mayoría de los medidores se instaló a partir de diciembre del 2017, por lo que para futuros cálculos se utilizará el costo de medidas contra las pérdidas aparentes.

Se prevé la instalación de las válvulas reductoras para contener el retorno de ANF después de la finalización del Proyecto Piloto. El costo de adquisición de las válvulas y el costo de amortización para gastos de obras civiles para su instalación se contabilizarán en el costo de segundo año y los posteriores. Esto es porque las válvulas y las estructuras serán utilizadas no sólo durante el periodo de efectividad de la reducción de ANF sino también en los años posteriores de vida útil.

Tabla 10.7 Costo de válvulas reductoras (a partir del segundo año)

Rubro	Unidad	Monto
Costo de adquisición de válvulas reductoras	USD	1,000
Gastos de obras civiles en el lugar de instalación	USD	4,000
Años de vida útil de válvulas reductoras	año	15
Años de vida útil de estructuras	año	30
Costo de amortización (monto anual):		
Válvulas reductoras	USD/año	60
Estructuras de obras civiles	USD/año	120
Monto total de costo de amortización	USD/año	180
	C\$/año	5,580

* El costo de amortización se calcula utilizando el método de cuota fija al 10% del valor remanente.

Tipo de cambio: 31.00C\$/USD

La siguiente tabla resume todos los costos anteriores. Se estima que el periodo de efectividad será de 41 meses.

Tabla 10.8 Costo de Proyecto Piloto No. 1 para la reducción de ANF

Costo de Proyecto Piloto No. 1 para la reducción de ANF

Rubro	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año	Tasa de descuento	Valor actual
Costo total	4,984,389	65,592	65,592	65,592	27,330	8%	5,173,514

Unidad: C\$

Nota: El costo a partir del segundo año es solamente el costo de amortización de los equipos y materiales instalados. El costo de amortización se contabilizará únicamente durante el periodo de efectividad de la reducción de ANF.

Costo de medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)

Rubro	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año	Tasa de retorno	Valor actual
Costo (medidas contra las pérdidas aparentes)	935,611	60,012	60,012	60,012	25,005	8%	1,108,646

Unidad: C\$

Nota: El costo a partir del segundo año es solamente el costo de amortización de los equipos y materiales instalados. El costo de amortización se contabilizará únicamente durante el periodo de efectividad de la reducción de ANF.

Costo de instalación de medidores de agua (una parte del costo de medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales))

Rubro	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año	Tasa de retorno	Valor actual
Costo (instalación de nuevos medidores de agua)	204,801	60,012	60,012	60,012	25,005	8%	377,836

Unidad: C\$

Nota: El costo a partir del segundo año es solamente el costo de amortización de los equipos y materiales instalados. El costo de amortización se contabilizará únicamente durante el periodo de efectividad de la reducción de ANF.

Costo de medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)

Rubro	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año	Tasa de retorno	Valor actual
Costo (medidas contra las pérdidas reales)	4,048,778	5,580	5,580	5,580	2,225	8%	4,064,867

Unidad: C\$

Nota: El costo a partir del segundo año es solamente el costo de amortización de los equipos y materiales instalados. El costo de amortización se contabilizará únicamente durante el periodo de efectividad de la reducción de ANF.

10.3 Cálculo de efectos

La siguiente tabla muestra el caudal de distribución, el caudal facturado, la tasa de ANF, etc. del Área Piloto AZA No. 3 de la línea de base (2016) y del período de evaluación (de inicios de abril a inicios de mayo del 2018).

Tabla 10.9 Condiciones del cálculo de efectos

Antes de la ejecución del Proyecto Piloto		Después de la ejecución del Proyecto Piloto	
Área del proyecto:	AZA No. 3	Área del proyecto:	AZA No. 3
Periodo de evaluación:	Del 1 de enero al 31 de diciembre del 2016	Periodo de evaluación:	Del 7 de abril al 9 de mayo del 2018 (32 días)
		Lectura de los medidores	Del 9 de abril al 9 de mayo del 2018 (30 días)
Promedio mensual de volumen de distribución:	122,530 m ³ /mes	Volumen de distribución mensual real:	103,282 m ³ /32 días
		Valor ajustado:	98,172 m ³ /mes*
Volumen de distribución (promedio diario):	4,028 m ³ /día	Volumen de distribución (promedio diario):	3,228 m ³ /día
Promedio mensual de consumo facturado:	54,669 m ³ /mes	Consumo facturado real:	60,731 m ³ /30 días
		Valor ajustado	61,575 m ³ /mes*
Tasa de ANF:	55,4%	Tasa de ANF:	37,3%

Nota: * Se hizo la corrección estableciendo un mes como 30,4167 días (365 días ÷ 12 meses).

La siguiente tabla es el beneficio a base del caudal calculado a partir de los datos de la tabla anterior para antes y después de la ejecución, así como el precio unitario de suministro de agua y el costo unitario de producción de agua según los datos de 2016 en la ciudad de Managua.

Beneficio total		Datos de referencia	
Caudal de distribución reducido	24,358 m ³ /mes *	Precio unitario de suministro de agua (situación actual)	14,027 CS/m ³
Caudal incrementado	6,906 m ³ /mes *	Costo de producción de agua (situación actual)	9,860 CS/m ³
Beneficio de las medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)			
1		Nota: Calculado en base a los datos del estudio de línea de base	
1.1	Reducción del caudal de distribución por las medidas contra las pérdidas aparentes *2	1,218 m ³ /mes *	Fórmula:
1.2	Caudal incrementado	3,031 m ³ /mes *	Costo unitario de suministro de agua =
(1)	Caudal incrementado por las medidas antifraude *3	1,385 m ³ /mes *	Monto facturado
(2)	Caudal incrementado de los usuarios con nuevos medidores instalados *4	1,646 m ³ /mes *	Consumo facturado
2	Beneficio de las medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)		Costo unitario de producción de agua =
2.1	Caudal de distribución reducido	23,140 m ³ /mes *	Costo total de producción de agua
2.2	Caudal incrementado (excepto por las medidas contra las pérdidas aparentes)	3,875 m ³ /mes *	Volumen de producción de agua

[]

Nota:

*1: Se hizo la corrección estableciendo un mes como 30.4167 días (365 días ÷ 12 meses).

*2: Se supuso que el 5% del caudal de distribución reducido era producto de las medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales).

*3: Se calculó a partir del consumo facturado de 2016 y de abril a mayo de 2018 de los usuarios a los cuales se implementaron las medidas antifraude (véase la Tabla 8.6).

*4: Se calculó a partir del consumo facturado de 2016 y de abril a mayo de 2018 de los usuarios a los cuales se instalaron los micromedidores (véase la Tabla 8.5).

El beneficio antes del período de evaluación se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Beneficio antes del período de evaluación} = \frac{(\text{Consumo facturado incrementado (m}^3/\text{mes)} + \text{Volumen de distribución reducido (m}^3/\text{mes)}) \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto)} \times \text{Costo unitario de suministro de agua (C\$/m}^3) \times \text{Período del Proyecto (meses)} / 2$$

Nota:

*1: Se calculó a partir del promedio de la tasa de ANF en la ciudad de Mangua: 54.9% (2016, estudio de línea de base).

*2: El período del proyecto es de 16 meses (a partir de enero de 2017 hasta abril de 2014)

Proyecto Piloto en su totalidad:

$$(6,906 + 24,358 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 2,007,708 \text{ C\$/}$$

Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales):

$$(3,031 + 1,218 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 401,733 \text{ C\$/}$$

Medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas):

$$(3,875 + 23,140 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 1,605,975 \text{ C\$/}$$

10.4 Cálculo de efectos costo beneficioso

(1) Indicador 1: Costo por volumen unitario de agua ahorrado (volumen de ANF reducido)

Se calculó el Indicador 1 de la siguiente manera. Se estima que el período de efectividad será de 41 meses.

Costo de medidas contra ANF (C\$) – Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)						
– Beneficio antes del período de evaluación (C\$)						
$(\text{Consumo de agua facturada incrementado (m}^3\text{/mes)} \div \text{Tasa de agua facturada en el área piloto} + \text{Volumen de distribución reducido (m}^3\text{/mes)}) \times \text{Período de efectividad (meses)} \div 2$						
Proyecto Piloto en su totalidad						
5,173,514	- 264,137	- 2,007,708	=	4,002	<	9,860
(6,906 / 62.70% + 24,358)	× 41	/ 2		C\$/m ³		Costo de producción de agua
Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)						
1,108,646	- 264,137	- 401,733	=	3,569	<	9,860
(3,031 / 62.70% + 1,218)	× 41	/ 2		C\$/m ³		Costo de producción de agua
Medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)						
4,064,867	- 1,605,975		=	4,091	<	9,860
(3,875 / 62.70% + 23,140)	× 41	/ 2		C\$/m ³		Costo de producción de agua
Medidas de instalación de medidores (una parte de las medidas contra las pérdidas aparentes)						
377,836			=	7,021	<	9,860
(1,646 / 62.70% + 0)	× 41	/ 2		C\$/m ³		Costo de producción de agua

En todos los casos, cuando el período de retorno de ANF es de 41 meses, el costo unitario para crear el ahorro del volumen del agua en el Proyecto Piloto es más bajo que el promedio de costo de producción de agua en la ciudad de Managua, y esto demuestra que es viable producir el agua más barata que el promedio a través del Proyecto Piloto.

(2) Indicador 2: Período de recuperación del costo de medidas contra ANF

Se calculó de la siguiente manera.

Costo de medidas contra ANF (C\$) – Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)					
– Beneficio antes del período de evaluación (C\$)					
$(\text{Consumo de agua facturada incrementado (m}^3\text{/mes)} + \text{Volumen de distribución reducido (m}^3\text{/mes)} \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto}) \times \text{Precio unitario de suministro de agua (C$/m}^3\text{)} \div 2$					
Proyecto Piloto en su totalidad					
5,173,514	- 264,137	- 2,007,708	=	23.12	meses
(6,906 + 24,358 x 45.10%)	x 41	/ 2	(1.9	año)
Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)					
1,108,646	- 264,137	- 401,733	=	17.63	meses
(3,031 + 1,218 x 45.10%)	x 41	/ 2	(1.5	año)
Medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)					
4,064,867	- 1,605,975		=	24.50	meses
(3,875 + 23,140 x 45.10%)	x 41	/ 2	(2.0	año)
Medidas de instalación de medidores (una parte de las medidas contra las pérdidas aparentes) (referencia)					
377,836			=	32.73	meses
(1,646 + 0 x 45.10%)	x 41	/ 2	(2.7	año)

Se demostró que el presente Proyecto Piloto permite recuperar el costo durante el período de retorno de ANF de 41 meses.

(3) Indicador 3 : Relación costo beneficio (estableciendo un período de efectividad)

Se calculó de la siguiente manera, estimando un período de efectividad de **3 años y medio**.

$$\left(\text{Consumo de agua facturada incrementado (CS/mes)} + \text{Volumen de distribución reducido (CS/mes)} \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto} \right) \times \text{Precio unitario de suministro de agua (CS/m}^3) \times \text{Período de efectividad (meses)} + 2 + \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (CS)} + \text{Beneficio antes del período de evaluación (CS)}$$

Costo de medidas contra ANF (CS)

$$\begin{aligned} \text{Proyecto Piloto en su totalidad} \\ \left(6,906 + 24,358 \times 45.10\% \right) \times 14,027 \times 41 / 2 + 264,137 + 2,007,708 \\ = 5,173,514 \\ = 1,434 > 1 \end{aligned}$$

Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)

$$\begin{aligned} \left(3,031 + 1,218 \times 45.10\% \right) \times 14,027 \times 41 / 2 + 264,137 + 401,733 \\ = 1,108,646 \\ = 1,529 > 1 \end{aligned}$$

Medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)

$$\begin{aligned} \left(3,875 + 23,140 \times 45.10\% \right) \times 14,027 \times 41 / 2 + 1,605,975 \\ = 4,064,867 \\ = 1,407 > 1 \end{aligned}$$

Medidas de instalación de medidores (una parte de las medidas contra las pérdidas aparentes) (referencia)

$$\begin{aligned} \left(1,646 + 0 \times 45.10\% \right) \times 14,027 \times 41 / 2 \\ = 377,836 \\ = 1,253 > 1 \end{aligned}$$

Se demostró que el presente Proyecto Piloto permite obtener un beneficio superior al costo durante el período de retorno de ANF de 41 meses.

(4) Indicador 4 : Tasa interna de retorno financiero (FIRR)

El flujo de los gastos e ingresos y la tasa interna de retorno financiero son los siguientes.

Proyecto Piloto en su totalidad			Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)		
Año	Gastos	Ingresos	Año	Gastos	Ingresos
1er. año	4,984,389	2,271,845	1er. año	935,611	665,870
2do. año	65,592	2,635,117	2do. año	60,012	527,274
3er. año	65,592	1,882,226	3er. año	60,012	376,624
4to. año	65,592	1,129,336	4to. año	60,012	225,975
5to. año	27,330	156,852	5to. año	25,005	31,385

Nota: Se estableció un período de efectividad de 3 años y medio después de la finalización del Proyecto.

$$\begin{aligned} \text{Saldo} & -2,712,543 \\ \text{FIRR:} & 55\% > 8\% \end{aligned}$$

Medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)

Proyecto Piloto en su totalidad			Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)		
Año	Gastos	Ingresos	Año	Gastos	Ingresos
1er. año	4,048,778	1,605,975	1er. año	204,801	
2do. año	5,580	2,107,842	2do. año	60,012	242,422
3er. año	5,580	1,505,602	3er. año	60,012	173,159
4to. año	5,580	903,361	4to. año	60,012	103,895
5to. año	2,325	125,467	5to. año	25,005	34,632

Nota: Se estableció un período de efectividad de 3 años y medio después de la finalización del Proyecto.

$$\begin{aligned} \text{Saldo} & -2,442,803 \\ \text{FIRR:} & 47\% > 8\% \end{aligned}$$

En caso que se estima que el período de recuperación de ANF (duración máxima de efectividad) es de 41 meses, se demostró que el Proyecto Piloto en su totalidad puede crear una ganancia positiva con un beneficio superior al costos estimados, tales como los gastos de operación, mantenimiento y tasa de interés de préstamo).

En el análisis arriba mencionado se realizó el cálculo de efectos costo beneficio utilizando los beneficios cuantitativos.

Aparte de esos beneficios, se consideran los siguientes beneficios cualitativos provenientes de la reducción de fugas que justifican la importancia de medidas contra agua no facturada:

- Beneficio de permitir frenar el desarrollo de las nuevas fuentes de agua

- Beneficio de permitir frenar la construcción de las nuevas instalaciones de suministro de agua (purificación y distribución)
- Beneficio de efectos de prevención de daños secundarios

Capítulo 11 Comparación de indicadores de evaluación

Tabla 11.1 Comparación de indicadores de evaluación

Parámetros	Unidad	Antes del Proyecto Piloto	Abril de 2018	Valor utilizado para la evaluación
Número de usuarios	Conex.	1,217 (Diciembre de 2016)	1,422	
Casos de facturación efectiva	Conex.	807 (Diciembre de 2016)	1,098	
Tasa de facturación efectiva	%	66.3 (Diciembre de 2016)	77.2	
Caudal de distribución diurno en promedio (6:00-18:00)	L/seg	53.1 (3 de marzo de 2016)	40.4 (21 de abril de 2018)	
Caudal de distribución nocturno en promedio (0:00-6:00)	L/seg	38.3 (3 de marzo de 2017)	23.6 (21 de abril de 2018)	
Caudal mínimo nocturno (0:00-6:00)	L/seg	35.0 (3 de marzo de 2017)	21.7 (21 de abril de 2018)	
Volumen de distribución anual	m ³ /año	1,470,354 (año 2016)	-	-
Volumen de distribución mensual en promedio	m ³ /mes	122,530	100,186*4 (Ajustado por el factor de error)	98,172*1
Volumen de agua facturado anual	m ³ /año	656,029 (año 2016)	-	-
Volumen de agua facturado mensual en promedio	m ³ /mes	54,669	60,731	61,575*2
Volumen de ANF anual en promedio	m ³ /año	814,325	-	-
Volumen de ANF mensual en promedio	m ³ /mes	67,860	39,456	36,597*3
Tasa de agua facturada en promedio	%	44.6	60.6	
Tasa de ANF en promedio	%	55.4	39.4	37.3-
Longitud de tuberías de tuberías de redes de distribución de agua	km	13.7	13.7	-
Volumen de ANF/Conexión activa	m ³ /conex/día	1.9	0.9	-
Volumen de ANF/Longitud de tuberías	m ³ /km/día	165.1	96.0	-

Nota *1: Volumen registrado (103,282 m³ de Abril/18) / 32 días x (365/12)

Nota *2: Consumo facturado (60,731 m³ de Abril/18) / 30 días x (365/12)

Nota *3: 98,172 (*1) - 61,575 (*2)

Nota *4: Volumen registrado 103,282 / (1 + 3,09/100) = 101,186

Cambio de las Condiciones Antes y Después del Proyecto Piloto

Antes del Proyecto Piloto	Después del Proyecto Piloto
Área Objetivo: AZA No.3	Área Objetivo AZA No.3
Periodo de Evaluación: 01/01/2016 - 31/12/2016	Periodo de Evaluación: Distribución: 07/04/2018 - 09/05/2018 (32 días) Facturación: 09/04/2018 - 09/05/2018 (30 días)
Promedio Mensual Vol. de Distribución de Agua 122,530 m ³ /mes	Vol. mensual real de distribución de agua.: □ 103,282 m ³ Ajustado 98,172 m ³ /mes*
Promedio diario de Vol. de agua Distribuida 4,028 m ³ /día	Vol. promedio diario de distribución de agua 3,228 m ³ /día
Vol. de agua promedio mensual facturado 54,669 m ³ /mes	Volumen real de agua facturado mensual 60,731 m ³ /mes Ajustado 61,575 m ³ /mes*
ratio ANF: 55.4%	ratio ANF: 37.3%

Note: *, en 30,4167 días/mes base (1mes = 365/12mes).

Los resultados de este análisis son preliminares.
No resultados finales

Anexo.3

Hojas de Análisis Costo Beneficio

Beneficios Totales

Reducción de vol. de distribución de agua \square 24,358 m³/mes¹

Aumento en el Volumen de Agua Facturada/Revenued (Billed) Water Volume 6,906 m³/mes¹

1 Beneficios de las medidas para pérdidas comerciales (Pérdidas Aparentes)

1.1 Reducción de volumen de distribución de agua cortando usuarios ilegales² 1,218 m³/mes¹

1.2 Incremento en el Total de agua Recaudada (facturada) 3,031 m³/mes¹

(1) Aumento del agua recaudada (facturada) de usuarios ilegales anteriores 1,385 m³/mes¹

(2) Incremento en el agua facturada en los usuarios que se les instaló nuevos medidores 1,646 m³/mes¹

2 Beneficios de las medidas para las pérdidas físicas (Pérdidas reales)

2.1 Reducción del volumen de distribución de agua 23,140 m³/mes¹

2.2 Aumento en el Volumen de Agua Recaudada (facturado) (excepto incremento por las medidas para pérdidas comerciales) 3,875 m³/mes¹

Datos de Referencia

Precio Unitario de Suministro de Agua 14.027 C\$/m³

Costo Unitario de Producción de Agua 9.860 C\$/m³

Euente: calculada por los datos de la encuesta de referencia de este Proyecto

Fórmula:

Precio Unitario de Suministro de = $\frac{\text{Monto de facturación}}{\text{Volumen de agua facturada}}$

Costo Unitario de Producción = $\frac{\text{Gasto total}}{\text{Producción de agua}}$

Note: ¹; en 30.4167 días/mes base (1mes = 365/12días).

²; asumido al 5% de la reducción total del volumen de distribución de agua.

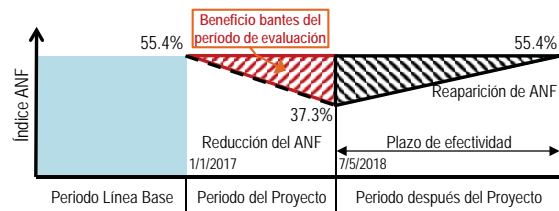
2 ページ

Cálculo del beneficio generado antes del período de evaluación;

Entre 1/1/2017 y 7/5/2018

= 16 mes

Asumiendo: Reducción constante del índice de ANF para el período arriba establecido



Volumen de Agua Ahorrado = (Aumento del volumen del agua facturada (m³/mes) * Tasa de agua facturada dentro del área + Reducción de distribución de agua (m³/mes)) x Período del proyecto (mes) / 2

Proyecto Piloto Completo:

$$\left(\frac{6,906}{62.70\%} + 24,358 \right) \times \frac{16}{2} = 282,979 \text{ m}^3$$

Para la contramedida de pérdida comercial (aparente):

$$\left(\frac{3,031}{62.70\%} + 1,218 \right) \times \frac{16}{2} = 48,413 \text{ m}^3$$

Para la contramedida de pérdida física (real):

$$\left(\frac{3,875}{62.70\%} + 23,140 \right) \times \frac{16}{2} = 234,562 \text{ m}^3$$

Valor de beneficio por el ahorro de agua = (Incremento del Vol. de agua facturada (m³/mes)^{*} + (Reducción de distribución de agua (m³/mes) x Tasa de agua facturada en Managua excepto el área piloto) x Precio unitario de suministro de agua (C\$/m³) x Período del proyecto (mes) / 2

Proyecto Piloto Completo:

$$\left(6,906 + 24,358 \times 45.10\% \right) \times 14.027 \times \frac{16}{2} = 2,007,708 \text{ C}\$$$

Para la contramedida de pérdida comercial (aparente):

$$\left(3,031 + 1,218 \times 45.10\% \right) \times 14.027 \times \frac{16}{2} = 401,733 \text{ C}\$$$

Para la contramedida de pérdida física (real):

$$\left(3,875 + 23,140 \times 45.10\% \right) \times 14.027 \times \frac{16}{2} = 1,605,975 \text{ C}\$$$

Costos Totales del Proyecto Piloto No.1 para Reducción de Agua no Facturada

Unidad: C\$

	1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	5to Año	6to Año	Tasa de descuento	Valor Presente
Costos Totales	4,984,389	65,592	65,592	65,592	27,330		8%	5,173,514

Nota: Los costos del segundo al cuarto año son solo costos de depreciación para los materiales instalados.
El costo de depreciación se aplicará durante el período de duración del proyecto.

Costos totales de las medidas para la reducción de pérdidas comerciales (aparentes)

Unidad: C\$

	1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	5to Año	6to Año	Tasa de descuento	Valor Presente
Costos (Pérdidas Comerciales)	935,611	60,012	60,012	60,012	25,005		8%	1,108,646

Nota: Los costos del segundo al cuarto año son solo costos de depreciación para los materiales instalados.
El costo de depreciación se aplicará durante el período de duración del proyecto.

Costos para la instalación de un nuevo medidor (parte de las contramedidas de pérdida comercial (aparente))

60731

Unidad: C\$

	1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	5to Año	6to Año	Tasa de descuento	Valor Presente
Costos (Instalación de medidor nuevo)	204,801	60,012	60,012	60,012	25,005		8%	377,836

Nota: Los costos del segundo al cuarto año son solo costos de depreciación para los materiales instalados.
El costo de depreciación se aplicará durante el período de duración del proyecto.

#VALUE!

Costos totales para las medidas contra las pérdidas físicas (reales)

Unidad: C\$

	1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	5to Año	6to Año	Tasa de descuento	Valor Presente
Costos (pérdida real)*	4,048,778	5,580	5,580	5,580	2,325		8%	4,064,867

Nota: Los costos del segundo al cuarto año son solo costos de depreciación para los materiales instalados.
El costo de depreciación se aplicará durante el período de duración del proyecto.

*: Los costos de personal que trabajan para la reducción de conexión ilegal se asumen al 17.52% de los costos totales.

Detalles:

Costos (Instalación nuevo medidor)

	Nov-17	Dec-17	Jan-18	Feb-18	Mar-18	Total
Costos de personal por corte y reconexión	9,814.55	49,978.08	38,241.18	43,381.44	43,381.44	184,796.69
Costo de depreciación de los medidores instalados	0.00	5,000.99	5,000.99	5,000.99	5,000.99	20,003.95
						Total
						204,800.64 ... Total para el 1er año

Costo de depreciación de los medidores instalados	5,000.99	12 months	60,011.84 ... Total después del 1er año
---------------------------------------------------	----------	-----------	-----------------------------------------

Costos (Pérdidas Reales)

	Año 2017	Enero-Abril/18	Total
Costo del Proyecto	3,215,590.93	878,195.90	4,093,786.84
Tubo & accesorios (JICA)*			45,008.88
Costos (Pérdida Real)			4,048,777.95

Nota: *: Costos por la adquisición de medidores de agua, que se asignarán a los costos (instalación de nuevos medidores)

Costos de la válvula Reguladora de Presión para mantenimiento

Artículos	Cantidad	Unidad
Compra de válvula reguladora de presión	1,000	USD
Obra Civil	4,000	USD
Vida útil de la Válvula	15	Año
Vida útil de la Estructura Civil	30	Año
Costos de depreciación anual para:		
Válvula reguladora de presión	60	USD/año
Estructura Civil	120	USD/año
Costos totales de depreciación	180	USD/año
	5,580	C\$/año

*Metodo de línea recta con valor residual al 10%.

Tasa de cambio: 31.00 C\$/USD

Los resultados de este análisis son preliminares. No resultados finales

1) Costo por unidad de agua ahorrada (reducción de volumen Agua No Facturada.) : Costo unitario de las medidas por 1m³ de reducción de volumen de ANF (o aumento de Agua Facturada más reducción SI)
 Costo por unidad de agua ahorrada (C \$ / m³) = Costo de la contramedida ANF por día (C\$) / Agua tratada adicionalmente disponible (m³)

$$= \frac{\text{Costos de la contramedida ANF (C\$) - Multas contra usuarios ilegales (C\$), si hay alguna - Valor de beneficio previo a la evaluación (C\$)}}{(\text{Aumento vol. AF (m}^3\text{/mes)} \cdot \text{Tasa de AF en el área piloto} + \text{Reducción de distribución (m}^3\text{/mes)}) \times \text{Periodo de duración del efecto(mes)} / 2}$$

Nota: "; En caso de que Vol. de AF disminuido después del proyecto, se ingresará como "0", no como una figura negativa.

⇒ Si el costo anterior es menor que el costo de producción unitario (incluidos los costos de depreciación), la contramedida ANF es una medida de producción n de agua más barata que la producción de agua existente.

Proyecto Piloto Completo:

$$= \frac{(6,906 / 62.70\% + 24,358) \times 264,137 - 2,007,708}{41} \div 2 = 4,002 \text{ C\$/m}^3$$

A comparar con Costo de Producción Unitario 9.86 C\$/m³

Este costo del proyecto ANF es más barato que la producción de agua existente.

Para la contramedida de pérdida comercial (aparente):

$$= \frac{(3,031 / 62.70\% + 1,218) \times 264,137 - 401,733}{41} \div 2 = 3,569 \text{ C\$/m}^3$$

A comparar con Costo de Producción Unitario 9.86 C\$/m³

Este costo del proyecto ANF es más barato que la producción de agua existente.

Para la contramedida de pérdida física (real):

$$= \frac{(3,875 / 62.70\% + 23,140) \times 264,137 - 1,605,975}{41} \div 2 = 4,091 \text{ C\$/m}^3$$

A comparar con Costo de Producción Unitario 9.86 C\$/m³

Este costo del proyecto ANF es más barato que la producción de agua existente.

Para la instalación de un nuevo medidor, una parte de la contramedida de pérdida comercial (aparente):

$$= \frac{(1,646.0 / 62.70\% + 0) \times 264,137 - 377,836}{41} \div 2 = 7,021 \text{ C\$/m}^3$$

A comparar con Costo de Producción Unitario 9.86 C\$/m³

Este costo del proyecto ANF es más barato que la producción de agua existente.

Los resultados de este análisis son preliminares. No resultados finales

2) Periodo de retracción de los costos de medidas para la reducción de ANF

Periodo de retracción de los costos de reducción de ANF (mes) = Costos ANF(C\$) / Ingresos por reducción de ANF (C\$/m)

$$= \frac{\text{Costos de las medidas para la reducción de ANF(C\$) - Multas contra usuarios ilegales (si hay) - Valor de beneficio previo a la evaluación (C\$)}}{(\text{Incremento del Vol. de AF (m}^3\text{/mes)} \cdot \text{Reducción de distribución de agua (m}^3\text{/mes)} \times \text{Tasa de AF excepto el área piloto}) \times \text{Precio unitario de suministro de agua (C\$/m}^3\text{)} / 2}$$

Nota: "; En caso de vol. de AF disminuido después del proyecto, se ingresará como "0", no como una figura negativa.

⇒ Si el Periodo de recuperación calculado se considera relevante (no demasiado largo), se espera que los ingresos recuperen los costos de la contramedida de ANF.

Proyecto Piloto Completo:

$$= \frac{(6,906 + 24,358) \times 45.10\% - 2,007,708}{14,027} \div 2 = 23.12 \text{ mes}$$

1.90 año

Periodo de recuperación de los costos de reducción ANF

Contramedidas para Pérdidas Comerciales (Aparentes):

$$= \frac{(3,031 + 1,218) \times 45.10\% - 401,733}{14,027} \div 2 = 17.63 \text{ mes}$$

1.50 año

Periodo de recuperación de los costos de reducción ANF

Contramedidas para Pérdidas Físicas (Real):

$$= \frac{(3,875 + 23,140) \times 45.10\% - 1,605,975}{14,027} \div 2 = 24.50 \text{ mes}$$

2.00 año

Periodo de recuperación de los costos de reducción ANF

Para la instalación de un nuevo medidor, una parte de la contramedida de pérdida comercial (aparente):

$$= \frac{(1,646 + 0) \times 45.10\% - 377,836}{14,027} \times 2 = 32.73 \text{ mes}$$

2.7 año

Periodo de recuperación de los costos de reducción ANF

Note: "; Water distribution reduction by new meter installation is assumed at 0.

3) Relación de costo-beneficio (bajo consideración de periodo de duración de efectos)

Relación Costo Beneficio (%) = Beneficio / Costo

$$= \frac{(\text{Aumento de volumen de AF (m}^3\text{/mes)} + \text{Reducción de la distribución de agua (m}^3\text{/mes)} \times \text{Tasa de AF en Managua excepto el área piloto)} \times \text{Precio unitario de suministro de agua (C\$/m}^3\text{)} \times \text{Periodo de duración de efectos (mes)} / 2 + \text{Multas contra usuarios ilegales (si hay)} + \text{Valor de beneficio previo a la evaluación (C\$)}}{\text{Costo de las medidas para la reducción de ANF (C\$)}}$$

Nota: *, En caso de que vol. AF disminuido después del proyecto, se ingresará como "0", no como una figura negativa.
 ⇒ Si la cifra calculada es más de 1, el beneficio es más que costos. La contramedida ANF es rentable.

Proyecto Piloto Completo:

$$= \frac{(6,906 + 24,358 \times 45.10\%) \times 14.027 \times 41 / 2 + 264,137 + 2,007,708}{5,173,514}$$

Comparar con 1.434 > 1 ⇒ *Este proyecto piloto de ANF generará ganancias.*

Para contramedidas de Pérdidas Comerciales (Aparentes):

$$= \frac{(3,031 + 1,218 \times 45.10\%) \times 14.027 \times 41 / 2 + 264,137 + 401,733}{1,108,646}$$

Comparar con 1.529 > 1 ⇒ *Este proyecto piloto de ANF generará ganancias.*

Para contramedidas de Pérdidas Físicas (Reales):

$$= \frac{(3,875 + 23,140 \times 45.10\%) \times 14.027 \times 41 / 2 + 1,605,975}{4,064,867}$$

Comparar con 1.407 > 1 ⇒ *Este proyecto piloto de ANF generará ganancias.*

Para la instalación de un nuevo medidor, una parte de la contramedida de pérdida comercial (aparente):
 (Para referencia)

$$= \frac{(1,646 + 0 \times 45.10\%) \times 14.027 \times 41 / 2}{377,836}$$

Comparar con 1.253 > 1 ⇒ *Este proyecto piloto de ANF generará ganancias.*

4) TIR (Tasa Interna de Retorno Financiera) (Asumiendo los años de duración del efecto)

Complete la tabla de abajo por: Costo; referirse a la hoja de "Costos"
 Ingreso; = (Incremento en vol. De AF (m³/mes)* + Reducción a la Distribución de Agua (m³/mes) × Tasa de AF en Managua excepto el área piloto) × Precio unitario de suministro de agua (C\$/m³) × 12 meses × índice de Reducción:
 (Para el ingreso del primer año, se registrarán multas contra usuarios ilegales y prebeneficio, si corresponde)

Nota: *, En caso de que AF vol. disminuido después del proyecto, se ingresará como "0", no como una figura negativa.
 ⇒ Si la Tasa Interna de Retorno Financiera es más que una tasa de descuento, el proyecto ANF por préstamo puede recuperar suficientes ingresos para el reembolso del principal con intereses.

Proyecto Piloto completo:

Flujo de Costs e Ingresos del proyecto piloto de ANF
 Unidad: C\$

Año	Costo	Ingreso	Balance
1er año	4,984,389	2,271,845	-2,712,543
2do año	65,592	2,635,117	2,569,525
3er año	65,592	1,882,226	1,816,634
4to año	65,592	1,129,336	1,063,744
5to año	27,330	156,852	129,522
			0
			0

Nota: El costo / beneficio continúa hasta el año en que se espera que se ejerza el efecto del proyecto.

TIRF: 55% > 8%
 Tasa de descuento

El proyecto ANF es financieramente factible

Contramedida para Pérdidas Comerciales (Aparentes):

Flujo de Costs e Ingresos del proyecto piloto de ANF
 Unidad: C\$

Año	Costo	Ingreso	Balance
1er año	935,611	665,870	-269,741
2do año	60,012	527,274	467,262
3er año	60,012	376,624	316,613
4to año	60,012	225,975	165,963
5to año	25,005	31,385	6,380
			0
			0

Nota: El costo / beneficio continúa hasta el año en que se espera que se ejerza el efecto del proyecto.

TIRF: 135% > 8%
 Tasa de descuento

El proyecto ANF es financieramente factible

Contramedida para Pérdidas Físicas (Reales):

Flujo de Costs e Ingresos del proyecto piloto de ANF
 Unidad: C\$

Año	Costo	Ingreso	Balance
1er año	4,048,778	1,605,975	-2,442,803
2do año	5,580	2,107,842	2,102,262
3er año	5,580	1,505,602	1,500,022
4to año	5,580	903,361	897,781
5to año	2,325	125,467	123,142
			0
			0

Nota: El costo / beneficio continúa hasta el año en que se espera que se ejerza el efecto del proyecto.

TIRF: 47% > 8%
 Tasa de descuento

El proyecto ANF es financieramente factible

Para la instalación de un nuevo medidor, una parte de la contramedida de pérdida comercial (Como referencia)

Costo y flujo de ingresos del proyecto piloto de ANF
Unidad: C\$

Año	Costo	Ingreso	Balance
1er año	204,801		-204,801
2do año	60,012	242,422	182,410
3er año	60,012	173,159	113,147
4to año	60,012	103,895	43,883
5to año	25,005	34,632	9,627
			0
			0

Nota: El costo / beneficio continúa hasta el año en que se espera que se ejerza el efecto del proyecto.

TIRF: 41% > 8%
Tasa de descuento



El proyecto ANF es financieramente factible

- > El proyecto ANF es financieramente factible
- < El proyecto ANF no es financieramente factible.

índice de Reducción: Los ingresos se reducirán por la recuperación del ratio de ANF.
Los siguientes son el % de los ingresos del año que se multiplicarán a la cantidad total

	Periodo de continuación del efecto						
	1 año	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años	7 años
2do año	50.0%	75.0%	83.3%	87.5%	90.0%	91.7%	92.9%
3er año		25.0%	50.0%	62.5%	70.0%	75.0%	78.6%
4to año			16.7%	37.5%	50.0%	58.3%	64.3%
5to año				12.5%	30.0%	41.7%	50.0%
6to año					10.0%	25.0%	35.7%
7 año						8.3%	21.4%
8 año							7.1%

Note: Se asume una reducción constante a través del tiempo.



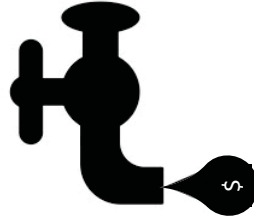
ENAQUAL

ProGestión
Para reducir las pérdidas de agua



**PROYECTO DE FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE
GESTION DE AGUA NO FACTURADA
EN LA CIUDAD DE MANAGUA
EN LA REPUBLICA DE NICARAGUA**

**INFORME CONCLUSIVO
DEL PROYECTO PILOTO
(Microsector MS No.61)**



Octubre de 2019

**Equipo de acción para la reducción de ANF
con el apoyo de**



CTI Engineering International Co., Ltd.

Nihon Suido Consultants Co., Ltd.

CONTENIDO

Resumen	6-13
6.5 Cálculo del volumen de pérdida de agua promediado por día	6-15
6.6 Factores que componen el ANF	7-1
Capítulo 7 Medidas contra pérdidas reales y sus efectos	7-1
7.1 Prueba de paso	7-2
7.2 Medición del volumen de pérdidas por sector	7-7
7.3 Análisis de efectos de las medidas contra pérdidas reales	7-7
7.3.1 Efectos por las medidas contra fugas	7-9
7.3.2 Efectos por la regulación de presión de suministro de agua	7-12
7.3.3 Volumen reducido de las pérdidas de agua como valor promedio diario	7-15
7.3.4 Efectos por el reemplazo de tuberías de acometida	7-19
7.4 Evaluación del volumen de fugas en el área piloto	7-19
7.4.1 Pérdidas reales anuales inevitables	7-20
7.4.2 Índice de Fuga Infraestructural	7-21
7.4.3 Fugas residuales	8-1
Capítulo 8 Medidas contra pérdidas aparentes y sus efectos	8-1
8.1 Lista de medidas contra pérdidas aparentes	8-2
8.1.1 Corrección y actualización del catastro de usuarios	8-3
8.1.2 Corrección de las tuberías de conexiones domiciliarias erróneamente conectadas con sectores colindantes	8-4
8.1.3 Mejora del método de instalación de cajas para medidor	8-5
8.1.4 Reemplazo de micromedidores y mejora de la tasa de lectura/ Mejora adecuada de los micromedidores/ Corrección de datos de facturación	8-14
8.1.5 Detección/ remoción/ legalización de las conexiones ilegales	8-21
8.2 Comprobación de la precisión de los micromedidores existentes	8-26
8.3 Afectaciones por errores instrumentales del medidor en el volumen facturado actual	8-26
8.3.1 Variaciones por tipo de facturación en el MS No.61	8-28
8.3.2 Tipos de usuarios en el MS No.61	8-30
8.3.3 Estimación del volumen facturado cuando no existen errores instrumentales del medidor	8-33
8.4 Efectos de las medidas contra las pérdidas aparentes	9-1
Capítulo 9 Análisis de los componentes del ANF	10-1
Capítulo 10 Análisis de la relación costo beneficio	

Resumen	1-1
Capítulo 1 Trasfondo y Resumen del Proyecto	1-1
1.1 Trasfondo del Proyecto	1-2
1.2 Resumen del Proyecto	1-4
1.3 Resumen del Proyecto Piloto	1-4
1.3.1 Introducción	1-6
1.3.2 Objetivo y Actividades del Resultado 2	1-7
1.3.3 Sistema de Ejecución del Proyecto	2-1
Capítulo 2 Datos de Línea de Base del Área Piloto No. 2 (MS No.61)	2-1
2.1 Información básica	2-4
2.2 Situación de control del caudal de agua afluente	2-5
2.3 Tasa de ANF como Línea Base	2-6
2.4 Recopilación de datos para realizar la subsectorización de redes	3-1
Capítulo 3 Estudio y actualización del libro de catastro de usuarios	3-1
3.1 Información de usuarios del área piloto MS No.61	3-3
3.2 Trabajo de actualización del catastro de usuarios	4-1
Capítulo 4 Elaboración del plan de ejecución del proyecto piloto	4-1
4.1 Flujo de las actividades	4-2
4.2 Plan de ejecución del proyecto piloto	5-1
Capítulo 5 Aislamiento hidráulico del Área Piloto No.2 y ejecución de la prueba de paso	5-1
5.1 Estudio de verificación para el aislamiento hidráulico del Área Piloto	5-1
5.2 Prueba de paso	6-1
Capítulo 6 Monitoreo del ANF en el Área Piloto No.2	6-1
6.1 Monitoreo del volumen de ANF	6-4
6.2 Descripción de las medidas de reducción de ANF y los componentes del ANF	6-7
6.3 Monitoreo del Caudal Mínimo Nocturno (Q_{min})	6-9
6.4 Cálculo de consumo y pérdida de agua en horario nocturno	

10.1 Método de análisis de costo beneficio	10-1
10.1.1 Cálculo de beneficios	10-1
10.1.2 Cálculo de costos	10-5
10.1.3 Método de comparación de costo beneficio	10-6
10.2 Cálculo de costos	10-11
10.2.1 Costo durante la implementación del Proyecto Piloto	10-11
10.2.2 Costo después de la finalización del Proyecto Piloto	10-14
10.3 Cálculo de efectos	10-17
10.4 Cálculo de efectos costo beneficio	10-20
10.4.1 Resultado de efectos costo beneficio	10-20
10.4.2 Reducción del costo de medidas contra las pérdidas reales, y mejora de los indicadores	10-25
10.4.3 Lecciones aprendidas de la comparación con el Proyecto Piloto en AZA No.3	10-27

Resumen

I. Trasfondo del Proyecto

Este Proyecto Piloto fue realizado con la finalidad de que ENACAL conociera correctamente la situación actual y las causas de ANF en los microsectores con paisaje urbano más representativo de la ciudad de Managua, y que adquiriera técnicas prácticas de reducción de ANF. Las experiencias y el know-how adquiridos en estas actividades serán compartidos en todos los niveles de ENACAL a través de los talleres que se celebrarán aparte, y se espera que sean de utilidad para la reducción de ANF en toda la Nicaragua en el futuro.

II. Información del área piloto

II-1. Información del área piloto

El área objeto de las actividades piloto del año 2018 es el Microsector denominado como MS No.61.



Figura 1 Ubicación de las áreas piloto

II-2. Número de conexiones en el área piloto

Esta es una zona residencial ocupada en su mayor parte por viviendas de la clase media y baja, siendo una zona donde en una parte existen quioscos y restaurantes. Es una zona de la ciudad de Managua donde la seguridad es bastante buena, y se puede decir que es un paisaje urbano común en la ciudad.

Aunque no está aclarado el número de población actual en dicha área, el número de conexiones de uso de agua es de 990 casos.

III. Período del proyecto piloto

El proyecto piloto se realizó durante 16 meses desde abril de 2018 hasta julio de 2019.

IV. Actividades realizadas para la reducción de ANF y su resultado

IV-1. Tasa de ANF como línea base

Se consiguieron datos posteriores a septiembre de 2016, con lo cual se comprobaron los cambios en la tasa de ANF por la comparación del volumen de distribución y el volumen facturado. La cantidad de distribución de agua es el valor señalado en el medidor de caudal observado visualmente una vez al mes.

En cuanto a la cantidad de agua facturada, debido a que la lectura de medidores dura varios días, el período de medición del volumen de agua de distribución es diferente. Por esta razón, el índice de ANF por meses es un valor de referencia, lo ideal como valor de línea base sería calcular el índice de ANF en un determinado período.

Entre septiembre de 2016 a agosto de 2017 son 11 meses que se pudo registrar con certeza el volumen de distribución de agua, y a partir de estos datos recopilados, se calcula que el índice promedio de ANF fue del 42.5%.

Con el objeto de evaluar el efecto costo-beneficio en octubre de 2019, el proyecto piloto se termina con la lectura de micromedidores del mes de septiembre de 2019.

Se muestra el resultado de monitoreo de ANF en el momento de agosto de 2019, en lo que se observa 17.4% de la tasa de ANF.

Tabla 1 Registro de distribución de agua y consumo facturado

Mes de facturación	Subtotal 2018	01/2018	02/2018	03/2018	04/2018	05/2018	06/2018	07/2018	08/2018	09/2018	10/2018	11/2018	12/2018
Distribución por mes (m3)	555,706	44,720	43,018	38,398	53,920	44,710	47,420	48,450	48,600	45,380	51,040	43,470	46,580
Plazo de distribución por día (m3/día)		31	30	30	30	31	30	28	30	30	31	30	31
Consumo facturado por mes (m3)	352,286	29,307	27,558	30,406	29,798	26,861	27,368	29,691	28,615	28,982	30,658	32,856	30,186
Facturación efectiva por día (m3/día)		24,464	22,934	26,114	25,362	21,867	22,264	24,527	23,329	23,758	25,143	24,235	25,573
Facturación estimada por día (m3/día)		4,943	4,624	4,292	4,436	4,994	5,104	5,164	5,286	5,224	5,515	5,621	4,613
Plazo de lectura (día)		31	30	30	31	30	28	32	30	30	31	30	31
Consumo facturado por día (m3/día)		945	919	1,014	961	895	977	926	954	966	989	1,085	974
ANF por mes (m3)	203,420	15,413	15,460	7,992	24,122	17,849	20,052	18,759	19,985	16,398	20,382	10,614	16,394
ANF por día (m3)		497	515	266	778	595	716	566	666	547	657	354	529
Tasa de ANF (%)	36.6	34.5	35.9	20.8	44.7	39.9	42.3	38.7	41.1	36.1	39.9	24.4	35.2

Mes de facturación	Subtotal 2019	01/2019	02/2019	03/2019	04/2019	05/2019	06/2019	07/2019	08/2019	09/2019
Distribución por mes (m3)	347,650	43,340	37,040	43,310	43,630	37,520	38,030	37,570	33,570	33,640
Plazo de distribución por día (m3/día)		31	29	29	32	31	28	30	32	31
Consumo facturado por mes (m3)	254,820	29,657	27,120	28,417	31,586	28,234	27,152	28,119	27,736	26,799
Facturación efectiva por día (m3/día)		24,828	22,533	16,228	28,121	23,071	21,307	21,845	23,240	22,318
Facturación estimada por día (m3/día)		4,829	4,567	12,189	3,465	5,163	5,845	6,274	4,496	4,481
Plazo de lectura (día)		31	29	29	32	31	28	30	32	31
Consumo facturado por día (m3/día)		957	935	980	987	911	970	937	867	864
ANF por mes (m3)	92,830	13,683	9,920	14,893	12,044	9,286	10,878	9,451	5,534	6,841
ANF por día (m3)		441	342	514	376	300	389	315	182	221
Tasa de ANF (%)	26.7	31.6	26.8	34.4	27.6	24.7	28.6	25.2	17.4	20.3



Figura 2 Tasa de ANF de la línea base (año 2016)

IV-2. Tasa ANF final

Desde que se inició el Proyecto, el monitoreo del ANF en el Área Piloto MS No.61 se realiza con los siguientes datos proporcionados por el DANF.

- Volumen de distribución, volumen facturado y ANF mensuales;
- El caudal diario puesto en distribución y el caudal mínimo nocturno a la entrada del área piloto.

Para calcular una correcta tasa de ANF, es necesario que ambos periodos coincidan exactamente.

La lectura de micromedidores se realiza una vez al mes, por lo tanto, mediante la consulta previa se llegó a un acuerdo de que finalizaría la lectura de micromedidores del sector en un día determinado de cada mes y contabilizaría el volumen de distribución coincidiendo con el día de la lectura.

V. Medidas tomadas para la reducción de ANF

Las actividades de reducción de ANF en el área piloto se clasifican en dos tipos:

- Medidas contra la reducción de las pérdidas aparentes
- Medidas contra la reducción de las pérdidas reales

Para implementar las medidas contra la reducción de las pérdidas aparentes, es necesario reemplazar micromedidores, sin embargo, para seleccionar y adquirir los micromedidores, se tardan unos 3 meses.

Por consiguiente, en las actividades en el MS No.61, se decidió implementar primero las medidas contra la reducción de las pérdidas reales para minimizar la pérdida de tiempo.

Primero se realizó la prueba de paso para identificar la distribución local del volumen de pérdidas, luego se desarrollaron las medidas contra la reducción de las pérdidas reales a través de la detección y reparación de las fugas en cada subsector, y se verificó el efecto de la reducción de ANF. Además, se reguló la presión de distribución del sector mediante la válvula reductora de presión para reducir el volumen de fugas residuales.

Posteriormente, a partir de marzo del 2019 se desarrollaron el reemplazo de micromedidores y las medidas contra las conexiones ilegales y se verificó el efecto de la reducción de ANF producto de la implementación de las medidas contra la reducción de las pérdidas aparentes.

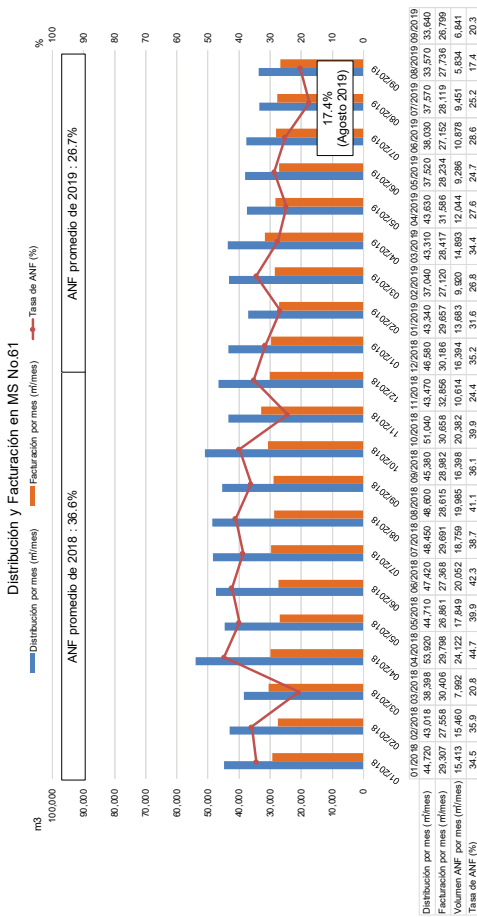


Figura 3 ANF del Área Piloto MS No.61 según volumen de agua por mes (con ajuste de error)

Tabla 2 Descripción de las acciones para reducir el ANF (propuesta)

Medidas contra la pérdida real	Medidas contra la pérdida aparente
<ul style="list-style-type: none"> - Medición y análisis del caudal mínimo nocturno - Subsectorización de las áreas piloto y prueba de pasos ^(nota 1) - Medición directa de las pérdidas en las áreas de distribución específicas - Estudio de fuga mediante detector sónico - Reducción de fuga mediante la optimización de la presión de agua - Medición del volumen de fugas detectadas - Reparación de las fugas en las cajas de medidores - Estudio de fuga dentro de los predios (parte de los servicios domiciliarios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparación de los resultados de lectura de los medidores y el volumen facturado - Corrección y actualización del libro de registro de usuarios - Reparación de la conexión equivocada con el sector contiguo a los grifos - Mejoramiento de la tasa de lectura de los medidores - Mejoramiento de exactitud del trabajo de lectura - Corrección de los datos de facturación - Detección, eliminación y legalización de las conexiones ilícitas - Evaluación del grado de precisión del medidor de agua - Instalación de los medidores de agua apropiados - Mejoramiento del método de instalación de las cajas de medidores

Nota 1: La prueba de paso, consiste en segmentar el área servida en pequeños bloques, y medir el volumen mínimo en las horas nocturnas manteniendo la válvula para detectar el volumen de fuga latente de cada bloque.

VI. Relación costo beneficio de las medidas contra la reducción de ANF

VI-1 Cálculo de beneficios

Se puede suponer dos beneficios, la reducción del caudal de distribución en el área y el incremento del caudal de agua facturada.

Los beneficios anteriormente mencionados se generan después de la ejecución del Proyecto hasta que el ANF se retorne completamente, disminuyéndose constantemente por una cierta cantidad. En esta estimación, se considera el incremento no solo de la fuga sino también de conexión ilegal.

Los beneficios también se generan durante la ejecución del Proyecto incrementándose progresivamente como se muestra en la siguiente Tabla, los cuales se contabilizan también como beneficio. Cabe señalar que durante la ejecución del Proyecto la reducción de la tasa de ANF no es lineal sino con variaciones, sin embargo, para simplificar el cálculo en este análisis, se presume una reducción lineal de una cierta cantidad constante con el transcurso del tiempo.

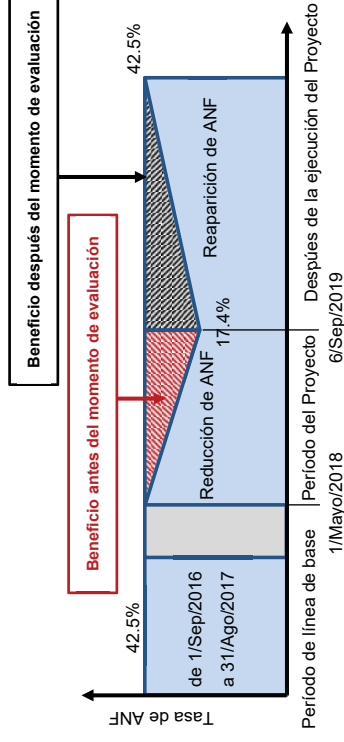


Figura 4 Período de generación del beneficio (ilustrativo)

VI-2 Cálculo de relación costo beneficios

[Indicador 1: Costo por caudal unitario ahorrado (caudal de ANF reducido)]

Estos son costos de implementación de las medidas para reducir $1m^3$ el ANF (o consumo de agua facturada incrementado y volumen de distribución reducido). Si estos son inferiores al costo de producción de agua de ENACAL, está comprobado de que las medidas contra ANF del Proyecto Piloto han logrado incrementar el caudal de distribución a un costo inferior al promedio de costo unitario de suministro de agua de ENACAL.

En MS No.61 se estableció un período de 7 años como período de efectividad, y para efectos únicamente de las medidas contra las pérdidas aparentes, se estableció un período de 5 años considerando los años de vida útil de los micromedidores.

Tabla 3 Costo por caudal unitario ahorrado

	Gasto generado	Costo unitario de producción de agua en Managua
Proyecto total	5,754 C\$/m ³	< 9.86 C\$/m ³
Medidas contra pérdida aparente	1,932 C\$/m ³	< 9.86 C\$/m ³
Medidas contra pérdida real	7,212 C\$/m ³	< 9.86 C\$/m ³

El costo unitario del ahorro del volumen del Proyecto piloto resulta más bajo que el costo de producción promedio de la Ciudad de Managua en todos los casos: Proyecto piloto en su totalidad, Medidas contra las pérdidas aparentes y Medidas contra las pérdidas reales. Esto indica que es posible producir el volumen de agua a un costo inferior al promedio.

[Indicador 2: Período de recuperación del costo de medidas contra ANF]

Esto es el beneficio producto de las medidas contra ANF e indica el período que permite recuperar el costo de medidas. Si dicho período es menor al supuesto período de efectividad de la reducción de ANF, se concluye que se puede recuperar el costo de medidas.

En el Proyecto piloto de MS No.61, se demostró que es posible recuperar el costo de medidas contra ANF en menos de un año en caso de las medidas contra las pérdidas aparentes, en condición de que se asegure 8 años del período de efectividad en caso de las medidas contra las pérdidas reales, y 5 años y 4 meses para el Proyecto piloto en su totalidad.

En caso de las medidas contra las pérdidas reales, aunque hubo mayores efectos de reducción del volumen de distribución, el costo de medidas de ANF (sobre todo el costo de personal) es relativamente alto, por lo tanto, se requieren más largo tiempo como período de efectividad para recuperar el costo generado.

Tabla 4 Período de recuperación del costo de medidas contra ANF

	Período necesario para recuperación del costo
Proyecto total	63.25 meses (5.3 años aprox.)
Medidas contra pérdida aparente	10.01 meses (0.8 años aprox.-)
Medidas contra pérdida real	95.76 meses (8.0 años aprox.)

[Indicador 3: Relación costo beneficio (estableciendo un período de efectividad)]

La relación se calcula dividiendo el beneficio entre el costo, e indica la comparación del beneficio con el costo. Si el resultado es mayor a 1, significa que el beneficio > el costo, lo que implica que el Proyecto genera utilidades.

Se calculó de la siguiente manera, estimando un período de efectividad de 7 años (en caso de únicamente las medidas contra las pérdidas aparentes, 5 años).

Tabla 5 Beneficio / Costo

	Beneficio / Costo	Valor de criterio
Proyecto total	1.261	> 1
Medidas contra pérdida aparente	2.899	> 1
Medidas contra pérdida real	0.895	< 1

En el Proyecto piloto de MS No.61, es posible generar utilidades donde el beneficio supera el costo en 7 años de período de efectividad en caso del Proyecto piloto en su totalidad y en 5 años en caso de las Medidas contra las pérdidas aparentes.

Sin embargo, únicamente en caso de las medidas contra las pérdidas reales, se descubrió que el costo superaba ligeramente el beneficio y que, si el período de efectividad fuera 7 años, se generarían pérdidas.

Aparte de dichos beneficios, se consideran los siguientes beneficios cualitativos provenientes de la reducción de fugas que justifican la importancia de medidas contra agua no facturada:

- Beneficio de permitir frenar el desarrollo de las nuevas fuentes de agua
- Beneficio de permitir frenar la construcción de las nuevas instalaciones de suministro de agua (purificación y distribución)
- Beneficio de efectos de prevención de daños secundarios

VI-3 Condiciones para calcular el efecto

La siguiente tabla muestra el caudal de distribución, el caudal facturado, la tasa de ANF, etc. del Área Piloto MS No.61 de la línea de base (de inicios de septiembre de 2016 a inicios de agosto de 2017), del momento después de reparación de fugas (de inicios de mayo a inicios de junio de 2019) y del momento de evaluación (de inicios de agosto a inicios de septiembre de 2019).

Tabla 6 Condiciones para calcular el efecto

Antes de la ejecución del Proyecto Piloto	Después de ejecución de las medidas contra pérdidas reales (físicas) (Reparación de fugas y control de presión)	Después de ejecución de las medidas contra pérdidas aparentes (comercial) y reemplazo de conexión domiciliaria (Momento final del proyecto piloto)
Área del proyecto: MS No.61	Área del proyecto: MS No.61	Área del proyecto: MS No.61
Periodo de evaluación: de 1/sep/2016 a 31/ago/2017	Periodo de evaluación: Vol. de distribución de 6/mayo/2019 a 6/junio/2019 (31 días) Intervalo de micromedición de 6/mayo/2019 a 6/junio/2019 (31 días)	Periodo de evaluación: Vol. de distribución de 3/ago/2019 a 4/septiembre/2019 (32 días) Intervalo de micromedición de 3/ago/2019 a 4/septiembre/2019 (32 días)
Vol. promedio mensual de distribución: 51,531 m ³ /mes	Vol. mensual de distribución real: 37,520 m ³ Ajuste 36,814 m ³ /mes*	Vol. mensual de distribución real: 33,570 m ³ Ajuste 31,909 m ³ /mes*
Vol. promedio diario de distribución: 1,694 m ³ /día	Vol. promedio diario de distribución: 1,210 m ³ /día	Vol. promedio diario de distribución: 1,049 m ³ /día
Vol. promedio de facturación: 29,610 m ³ /mes	Vol. de facturación real: 28,234 m ³ Ajuste 27,703 m ³ /mes*	Vol. de facturación real: 27,736 m ³ Ajuste 26,364 m ³ /mes*
Tasa de ANF: 42.5%	Tasa de ANF: 24.7%	Tasa de ANF: 17.4%

Nota: * Se hizo la corrección estableciendo un mes como 30.4167 días (365 días ÷ 12 meses).

VI-4 Efectos confirmados por las medidas contra la reducción de ANF

Para calcular en qué medida han contribuido tanto las pérdidas aparentes como las pérdidas reales en la reducción del índice de ANF, es necesario realizar completamente la división de los períodos en que se ejecutaron las medidas contra las pérdidas aparentes y cuando se ejecutaron las medidas contra las pérdidas reales. Sin embargo, debido a que en el Proyecto Piloto se dió mayor importancia al rendimiento, en la segunda mitad de las actividades se le está dando mayor interés a la época en que se realizaron dichas medidas. Por consiguiente, después de hacer la hipótesis de las condiciones, se efectuó las siguientes suposiciones sobre los efectos de cada medida.

(1) Efectos por las medidas contra las pérdidas reales

En el proyecto piloto, se han realizado la reparación de fugas hasta febrero de 2019, posteriormente se ha realizado el ajuste de presión con la válvula reguladora hasta abril de 2019, por lo que la tasa de ANF del mes de mayo significa el efecto cuantificado de las medidas contra pérdidas reales.

Aunque se haya realizado el reemplazo de tuberías de acometida a partir de abril de 2019, aquí no está considerado dicho efecto puesto que no se ha observado la reducción de fugas como el efecto de dicho reemplazo.

Tabla 7 Efectos de las medidas contra las pérdidas reales

Ítems	Valor antes de inicio del proyecto piloto	Valor después de ejecución de las medidas contra las pérdidas reales (Mayo de 2019)	Observaciones
Volumen promedio de distribución de agua	51,531 m ³ /mes	36,814 m ³ /mes	Los valores de mayo de 2019 se han convertido según "30.4167/día por mes".
Volumen promedio de agua facturada	29,610 m ³ /mes	27,703 m ³ /mes	
Volumen promedio de ANF	21,921 m ³ /mes	9,111 m ³ /mes	
Tasa de ANF	42.5%	24.7%	
Bajada de tasa de ANF		-17.8%	

(2) Efectos por las medidas contra las pérdidas aparentes

Las medidas contra pérdidas aparentes que inició a partir de mayo de 2019 consisten en el reemplazo de micromedidores y la legalización de conexiones ilegales.

Aquí se realizó un análisis de efectos con los datos de ANF del mes de agosto de 2019.

Tabla 8 Efectos de las medidas contra las pérdidas aparentes

Ítems	Valor después de ejecución de las medidas contra las pérdidas reales (Mayo de 2019)	Valor después de ejecución de las medidas contra las pérdidas aparentes (Agosto de 2019)	Observaciones
Volumen promedio de distribución de agua	36,814 m ³ /mes	31,909 m ³ /mes	Los valores de mayo de 2019 se han convertido según "30.4167 día por mes".
Volumen promedio de agua facturada	27,703 m ³ /mes	26,364 m ³ /mes	
Volumen promedio de ANF	9,111 m ³ /mes	5,545 m ³ /mes	
Tasa de ANF	24.7%	17.4%	
Bajada de tasa de ANF			-10.0%

VII Lecciones aprendidas de la comparación con el Proyecto Piloto en AZA No.3

Un punto que se debe tomar en cuenta cuando se ejecuta el Proyecto piloto es no aferrarse a la tasa de ANF como única meta de las medidas, ya que posiblemente no podrán prever otros efectos esperados.

Entre el AZA No.3 (incluye zonas comerciales) y el MS No.61 (básicamente viviendas particulares), existe una gran diferencia en el volumen total de distribución, más que el número de usuarios (ver la Tabla 10.14, 1 y 2). Los resultados indican que a pesar de que se mejoró considerablemente la tasa de ANF en el MS No.61, el volumen de distribución reducido y el volumen facturado incrementado fueron inferiores que el AZA No.3 (véase la misma Tabla 8).

Por otro lado, en el MS No.61 se empleó igual o mayor período de implementación de las medidas y gastos que en el AZA No.3, por lo tanto, al analizar la relación costo-efectividad, se produjeron resultados muy diferentes entre ambos.

El beneficio monetario tiene una relación directa con el volumen de distribución reducido y el volumen facturado incrementado, por lo tanto, cuando se analiza el período de finalización mientras se ejecutan las medidas de reducción de ANF, no hay que juzgar únicamente por la tasa de ANF sino también es necesario conocer el volumen de distribución reducido y el volumen facturado incrementado como volumen absoluto.

De igual manera, en la etapa de planificación antes de implementar las medidas, se puede estimar el volumen de distribución reducido que se espera a partir del volumen total de distribución y el volumen de ANF en el área objeto, luego determinar el número adecuado del personal a asignar y el período aproximado de las medidas (período de finalización).

Tabla 9 Comparación de costo-efectividad entre el AZA No.3 y el MS No.61

Ítems	AZA No.3	MS No.61
1. Volumen de distribución total (Línea base)	122,530 m ³ /mes	51,531 m ³ /mes
2. Número de usuarios	1,429 conexiones	990 conexiones
3. Período de ejecución de las medidas contra ANF	16 meses (de enero/2017 a abril/2018)	16 meses (de abril/2018 a julio/2018)
4. Costo total de las medidas contra ANF ¹	4,977,817 CS	5,326,736 CS
5. Tasa de ANF	55.4% → 37.3%	42.5% → 17.4%

Ítems	AZA No.3	MS No.61
(Línea bases → Después de las medidas)		
6. Variación de la tasa de ANF	-18.1%	-25.1%
7. Volumen de distribución (después de las medidas contra ANF)	98,172 m ³ /mes	31,909 m ³ /mes
8. Volumen de distribución reducido	24,358 m ³ /mes	19,622 m ³ /mes
9. Consumo facturado		
(Línea bases → Después de las medidas)	54,669 → 61,575 m ³ /mes	29,610 → 26,364 m ³ /mes
10 Consumo facturado incrementado	6,906 m ³ /mes	-3,246 m ³ /mes
11. Efecto costo-beneficio	Totalidad del Proyecto: 1.9 años Medidas contra pérdidas aparentes: 1.5 años Medidas contra pérdidas reales: 2.0 años	Totalidad del Proyecto: 5.3 años Medidas contra pérdidas aparentes: 0.8 años Medidas contra pérdidas reales: 8.0 años

Nota *1: Gasto generado durante el proyecto piloto.

VIII Lecciones y recomendaciones para realizar las medidas contra ANF

La detección de fugas de agua visibles y no visibles y reparaciones que ha venido ejecutando el Departamento de ANF son muy importantes, sin embargo, sin el esclarecimiento de la ubicación de las tuberías obsoletas, la determinación del destino desconocido de distribución de agua y sin la solución fundamental de las conexiones ilegales, es imposible realizar una reducción significativa de ANF.

Por parte del Departamento de ANF, se ha logrado obtener un nivel satisfactorio en cuanto al desarrollo de técnicas de detección de fugas, reparación de tuberías y determinación de tuberías que no se encuentran dentro del catastro de redes. Por lo tanto, sería importante seguir haciendo el trabajo a la vez que se mejora el grado de destreza a través de las labores rutinarias diarias. Se espera que los conocimientos y técnicas correctas que se están adquiriendo se difundan a toda ENACAL

Por otro lado, en lo que respecta a la detección de conexiones ilegales y a la localización de tuberías que no están registradas en catastro, a excepción del Departamento de ANF no hay otro departamento en ENACAL que cuente con las técnicas adecuadas para la realización de dichas tareas. Estas labores corresponden a la Gerencia Comercial. Sin embargo, las medidas contra las conexiones ilegales no dependen únicamente de esfuerzo considerable que se realiza por el personal de campo, sino que también se tiene que contar con el equipo efectivo para la detección. Por este motivo, además de utilizar los detectores de sonido existentes, se requiere la introducción experimental de tecnologías basadas en nuevos puntos de vista.

En el Proyecto, también ha quedado esclarecido que en la información del libro mayor de clientes se encuentran incluidos errores. Además, se ha verificado que es difícil conocer con exactitud el periodo de lectura del micromedidor y el periodo de facturación. Es muy importante actualizar periódicamente el libro mayor de clientes y la comunicación y entendimiento entre el personal del sitio con los departamentos relacionado con el ingreso de datos informativos. Por otro lado, en ENACAL se está mejorando el sistema de control de clientes, y tienen previsto el uso de un sistema que pueda fácilmente conocerse el periodo de lectura de micromedidores y el periodo de facturación, sobre el cual se espera su realización.

A través del Proyecto se apoya el mejoramiento técnico de medidas contra las conexiones ilegales en los aspectos técnicos y de equipos, siendo necesario la creación de un sistema de actividades de reducción de ANF, de manera que con las medidas contra las pérdidas físicas por parte del Departamento de ANF y las medidas contra las pérdidas comerciales por parte de la Gerencia Comercial avancen paralelamente.

Capítulo 1 Trasfondo y Resumen del Proyecto

1.1 Trasfondo del Proyecto

En la República de Nicaragua (en adelante denominada como “Nicaragua”), el Plan Nacional de Desarrollo Humano posiciona como tema prioritario “un acceso sostenible al agua segura para el pueblo” y está avanzando el fortalecimiento organizativo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (en adelante denominada como “ENACAL”), encargada de la gestión de implementar servicios de agua potable y alcantarillados en el área metropolitana de Managua y otras ciudades.

En cuanto al desarrollo del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Managua, capital del país, distintas instituciones, tales como el Banco Interamericano de Desarrollo (en adelante denominado como “BID”) y el Banco Mundial, incluyendo el Gobierno de Japón, han venido brindando apoyo. En 2005, JICA realizó el “Estudio de Desarrollo para el Abastecimiento de Agua Potable a Mediano y Largo Plazo de la Ciudad de Managua”, y como resultado de dicho estudio se elaboró un Plan Maestro para el Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de Managua con el año enfocado de 2015 (en adelante denominado como “Plan Maestro”), indicando una dirección específica del desarrollo del sistema de abastecimiento en la ciudad de Managua. ENACAL ha venido desarrollando varios proyectos, tales como el desarrollo y reparación de fuentes de agua con el fin de incrementar el volumen de suministro y la ampliación del sistema de transmisión y distribución de agua, en cooperación con distintos donantes de acuerdo al plan de acción a mediano y largo plazo indicado en el Plan Maestro.

Como consecuencia, ha mejorado en forma significativa la capacidad de ENACAL para el abastecimiento de agua en la ciudad de Managua. Desde el punto de vista del servicio integral de agua potable, sin embargo, aún quedan varios problemas y aun en la zona urbana se encuentran barrios donde no se suministra el agua con un tiempo completo. Como sus razones principales, se pueden mencionar los 3 puntos siguientes:

- a. Falta del sistema de almacenamiento de agua capaz de responder a la variación de la demanda
- b. Estructuración atrasada de las redes eficientes de distribución de agua
- c. Pérdidas físicas representadas por fugas de agua, pérdidas comerciales por el robo de agua e indisponibilidad de micromedidores, falta del plan de mantenimiento, etc.

Especialmente, la tasa de agua no facturada (en adelante denominada como ANF) en la ciudad de

Managua es estimada entre el 40 y 50 % en 2012. Por lo tanto, el bajar la tasa de ANF se ha convertido en el desafío prioritario, con el fin de mejorar el estado financiero deficitario de ENACAL y asegurar un fondo necesario de inversión para mejorar el tiempo de abastecimiento.

ENACAL está tomando medidas contra ANF, centrándose en la macro- y microsectorización de redes de distribución de acuerdo a las sugerencias del Plan Maestro, la Política Nacional y el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional en cooperación con otros donantes. Sin embargo, debido a que no existe “un plan de reducción de ANF a mediano y largo plazo” y no está tomando medidas con transversalidad organizativa para resolver el problema de ANF, las medidas tomadas hasta la fecha no han tenido efectividad.

Este Proyecto Piloto fue realizado con la finalidad de que ENACAL conociera correctamente la situación actual y las causas de ANF en los microsectores con paisaje urbano más representativo de la ciudad de Managua, y que adquiriera técnicas prácticas de reducción de ANF. Las experiencias y el know-how adquiridos en estas actividades serán compartidos en todos los niveles de ENACAL a través de los talleres que se celebrarán aparte, y se espera que sean de utilidad para la reducción de ANF en toda la Nicaragua en el futuro.

1.2 Resumen del Proyecto

A continuación se indica el perfil global del Proyecto de Cooperación Técnica en lo que se establecen 4 resultados esperados y sus actividades respectivamente. El Proyecto Piloto corresponde al Resultado 2.

Tabla 1.1 Perfil del Proyecto

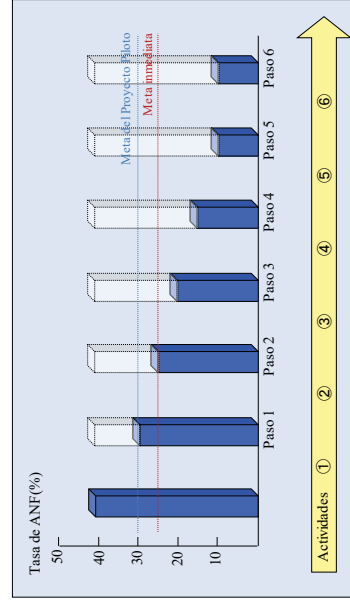
1. Título del Proyecto	Proyecto del Fortalecimiento de la Capacidad de Gestión de Agua no Facturada en la ciudad de Managua en la República de Nicaragua
2. Objetivo superior	Las actividades de reducción de agua no facturada (ANF) en la ciudad de Managua se ejecutan de manera planificada.
3. Objetivo del Proyecto.	Se tiene la base adecuada para implementar acciones contra ANF en la ciudad de Managua de manera planificada.
4. Resultados	1) Se fortalece la capacidad de ENACAL de elaboración del plan de reducción de ANF. 2) Se fortalece la capacidad de ENACAL para ejecutar acciones para reducir ANF. 3) Se fortalece la capacidad de ENACAL para controlar la calidad de la instalación de conexiones domiciliarias (tuberías y micromedidores). 4) Se fortalece la capacidad de planificación y ejecución de capacitación sobre las medidas de reducción de ANF para el personal técnico de ENACAL.

5. Área del Proyecto	La ciudad de Managua
6. Instituciones involucradas	(Entidad responsable) Ministerio de Relaciones Exteriores de Nicaragua (Entidad ejecutora) ENACAL
7. Periodo del Proyecto	Enero de 2017 – Mayo de 2020 (Fase 1: enero de 2017 – diciembre de 2017) (Fase 2: enero de 2018 – diciembre de 2018) (Fase 3: enero de 2019 – Mayo de 2020)

1.3 Resumen del Proyecto Piloto

1.3.1 Introducción

Las etapas de las medidas de reducción de ANF se muestra a continuación. La aplicación de las medidas que empieza en la etapa 1 durará en las 6 etapas hasta que se establece la tasa de ANF. Las acciones para la reducción de ANF que se realizarán en las áreas piloto del Proyecto cubrirán las primeras 2 etapas y una parte de la etapa 3 en lo que comienza la reparación de fugas, y posteriormente en el resto de las etapas se exige que ENACAL se esfuerce por lograr el resultado, aprovechando el sistema de capacitación que se describirá después.



- ① Reducción de fugas superficiales de agua y pérdidas aparentes
 - Recorrido de observación
 - Medidas contra el robo de agua,
 - Reemplazo de micromedidores de mal funcionamiento
 - Reducción de medición errónea
- ② Reducción de fugas subterráneas de agua
 - Mejora de técnica de detección de fugas de agua
 - Sectorización de redes de tuberías
- ③ Prevención de la reparación de fugas de agua
 - Preparación de planos correctos de tuberías
 - Regulación de presión de agua
 - Aceleración de reparación de tuberías
 - Renovación de tuberías deterioradas
- ④ Continuación de actividades para la prevención de fugas de agua
 - Revisión y mejora de trabajos de reducción de pérdidas
 - Capacitación de alta tecnología
- ⑤ Paso final de actividades para la prevención de fugas de agua hasta cierto nivel
 - Reemplazo perfecto de tuberías obsoletos
 - Racionalización de organización
- ⑥ Freno a la subida repetida de la tasa de agua no facturada
 - Continuación de trabajos al mínimo para la reducción de pérdidas de agua

Figura 1.1 Pasos para el desarrollo de actividades de reducción de ANF

En el área piloto se identificó en una etapa temprana la línea de base par ala toma de medida de reducción de ANF y se cuantificó la reducción de ANF lograda mediante la aplicación de medidas en el Proyecto, luego se realizó la evaluación de efectos costo-beneficio comparando los efectos cuantificados con la inversión.

El resultado final fue compartido con las personas no involucradas en el Proyecto Piloto y los dirigentes de ENACAL, llevando el comprensión profunda para la reducción de ANF y el mejoramiento de motivación de las mismas.

1.3.2 Objetivo y Actividades del Resultado 2

El objetivo del Resultado 2 es “Se fortalece la capacidad de ENACAL para ejecutar acciones para reducir ANF.” Para lograr dicho objetivo se han programada las siguientes actividades:

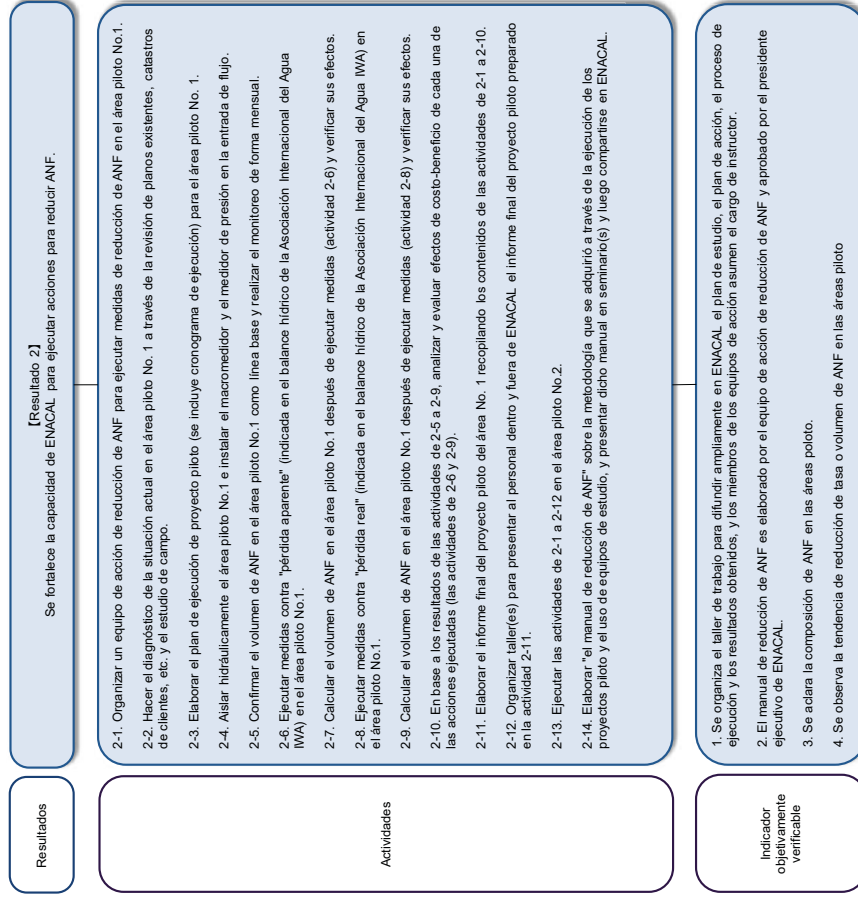


Figura 1.2 Actividades e indicadores del Resultado 2

1.3.3 Sistema de Ejecución del Proyecto

Con el fin de agilizar la ejecución de las actividades relacionadas con el Resultado 2, se conformó el Equipo de Acción para la reducción de ANF.

Las personas involucradas en las actividades piloto son las que pertenecen al Departamento de ANF y la Gerencia Comercial.

El Departamento de ANF cumple su papel central de reducir ANF en la ciudad de Managua con la responsabilidad de reducción de pérdida física.

En otro lado, el papel que desempeña la Gerencia Comercial con relación a ANF es la gestión de lectura de micromedidores y facturación, cobranza y recaudación de tarifas, análisis de pérdidas por error en la lectura de micromedidores y por facturación, reducción de pérdidas aparentes debidas a las conexiones ilegales.

A continuación, se muestra el sistema organizativo para la implementación del proyecto piloto

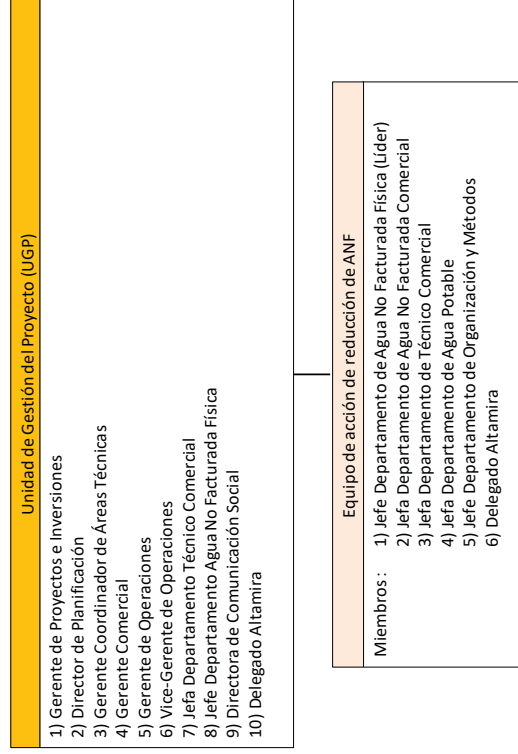


Figura 1.3 Organigrama del Departamento de ANF

Capítulo 2 Datos de Línea de Base del Área Piloto No. 2 (MS No.61)

2.1 Información básica

A continuación, se indica el resumen de MS No. 61 seleccionado como área piloto No. 2.

Se encuentra ubicada en la zona alta de distribución de agua de la ciudad de Managua cuya dimensión es de aproximadamente de 0,27 km², siendo de este a oeste de 0,7 km y de sur a norte de 0,53 km. La fuente de suministro a dicha zona, es a través de bombas desde el Lago Asososca, y no se realiza el suministro por pozos.

Es uno de los microsectores de los 65 diseñados por un consultor privado (Wasser) bajo la cooperación financiera del gobierno español en el pasado. A principios de febrero de 2018 se realizó una vez una prueba para la independencia hidráulica, comprobándose igual que antes, la posibilidad de la independización de la red de distribución de agua.

Tabla 2.1 Información básica de MS No.61

Asunto	Unidad	Valor	Referencia
Número de conexiones	Casos	1,014	Datos de facturación de agosto de 2017
Facturación por lectura de medidores	Casos	673	
	Otros	341	
Promedio de volumen distribuido de agua	m ³ /mes	51,531	Setiembre de 2016 a agosto de 2017
Promedio volumen facturado	m ³ /mes	29,611	Setiembre de 2016 a agosto de 2017
Facturación por lectura de medidores	m ³ /mes	21,913	
	Otros	7,698	
Promedio de volumen de ANF	m ³ /mes	21,920	
Índice promedio de ANF	%	42.5	

Esta es una zona residencial ocupada en su mayor parte por viviendas de la clase media y baja, siendo una zona donde en una parte existen quioscos y restaurantes. Es una zona de la ciudad de Managua

donde la seguridad es bastante buena, y se puede decir que es un paisaje urbano común en la ciudad.

De acuerdo a la información proporcionada por ENACAL, los detalles de las tuberías de MS No. 61 son como se señalan a continuación. Estos detalles se refieren a las tuberías de más de 50 mm de diámetro que pueden ser captadas con datos CAD, en esto no están incluidas las tuberías desde la tubería principal hasta el medidor.

La proporción de composición del total de las tuberías son, de amianto el 15.7% y las de policloruro de vinilo (PVC) el 84.3%.

En el caso de microsector AZA No. 3 donde se realizó el proyecto piloto durante los años 2017 y 2018, las tuberías de asbesto cemento abarcaban el 70%, pero en MS No. 61 la mayoría de las tuberías son de policloruro de vinilo (PVC), lo que hace que, desde el punto de vista de la diferencia de características de la red de tuberías, también sea adecuado como área piloto.

Tabla 2.2 Información de tuberías de distribución en MS No.61

Clase de tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Tubería de asbesto cemento (AC)	150	425
	100	1,267
Tubería de hierro fundido (HF)	150	0
	100	0
	50	0
	150	0
Tubería de policloruro de vinilo (PVC)	100	3,194
	50	5,870
Total		10,756

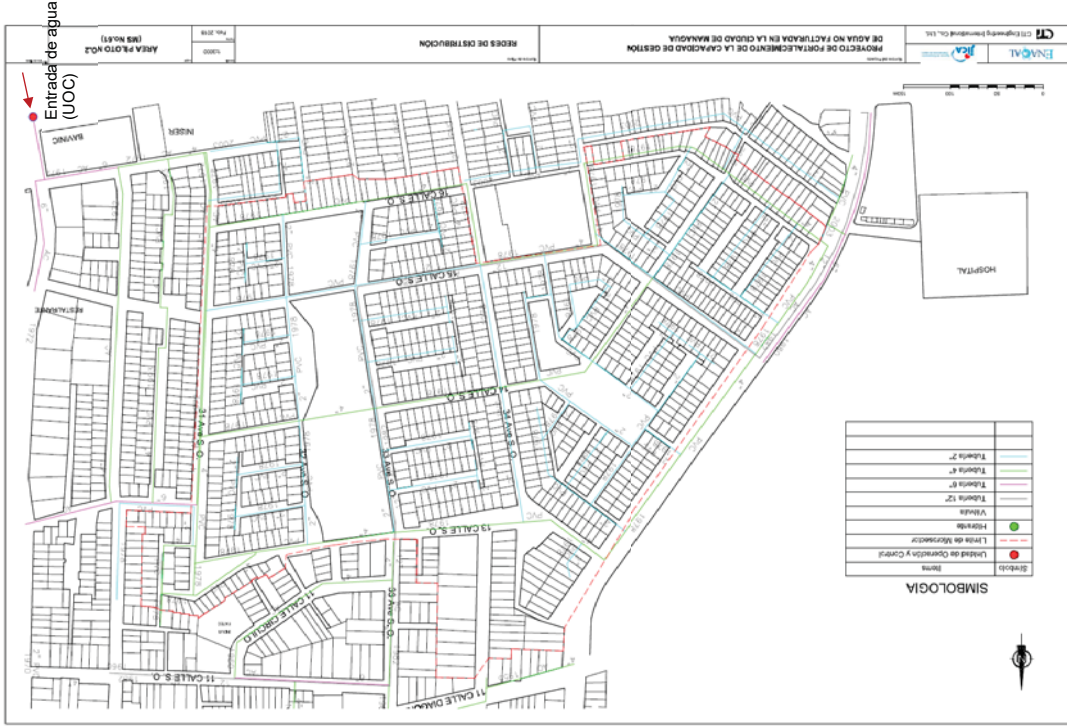


Figura 2.1 Mapa básico del área piloto No. 2 (MS No. 61)

2.2 Situación de control del caudal de agua afluente

En el año 2015 el Departamento de ANF de ENACAL confirmó la independencia hidráulica de dicha área, de manera que la afluencia de agua al área puede ser controlado en una cámara de afluencia (UOC: Unidad de Operación y Control). En el interior de la cámara de afluencia se encuentran instalados un medidor de caudal tipo impulsor y de la presión de agua, que estuvieron funcionando bien hasta la facturación de agosto de 2017. Posteriormente, aunque se perdieron las cantidades medidas por una avería en el impulsor, el Departamento de ANF lo compuso, siendo posible la medición del caudal desde enero de 2018.

El medidor de caudal en la parte de la afluencia es del tipo de medidor con impulsor el mismo utilizado en el microsector AZA No. 3, con una especificación que indica la transmisión de una señal de impulsos por cada 100 litros desde el dispositivo instalado en la parte superior. Tiene una capacidad suficiente para el control del caudal de un día, sin embargo, no puede ser utilizado con el objeto de analizar detalladamente un volumen pequeño de caudal producido en la noche.

Tabla 2.3 Información del macromedidor en MS No.61

Fabricante	Elster
Modelo	H4000
Principio de medición	Tipo impulsor con eje horizontal (Turbina Woltman)
Díámetro nominal	150
R (Q_2/Q_1)	250
Rango de flujo (Estándar antiguo)	Caudal mínimo $Q_{min}=1.8m^3/h (\pm 5\%)$ Caudal de régimen $Q_r=450m^3/h (\pm 2\%)$
Salida de impulso	Transmisor tipo interruptor de lámina
Intervalo de impulso	100L/impulso
Fuente de energía	Innecesario

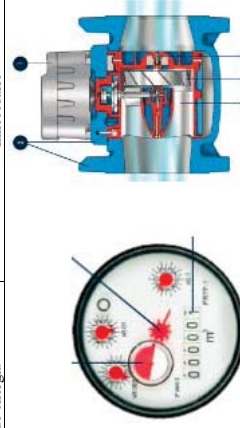


Figura 2.2 Medidor de flujo instalado en la parte de afluencia de MS No. 61

2.3 Tasa de ANF como Línea Base

Se consiguieron datos posteriores a septiembre de 2016, con lo cual se comprobaron los cambios en la tasa de ANF por la comparación del volumen de distribución y el volumen facturado. La cantidad de distribución de agua es el valor señalado en el medidor de caudal observado visualmente una vez al mes.

En cuanto a la cantidad de agua facturada, debido a que la lectura de medidores dura varios días, el periodo de medición del volumen de agua de distribución es diferente. Por esta razón, el índice de ANF por meses es un valor de referencia, lo ideal como valor de línea base sería calcular el índice de ANF en un determinado periodo.

Entre septiembre de 2016 a agosto de 2017 son 11 meses que se pudo registrar con certeza el volumen de distribución de agua, y a partir de estos datos recopilados, se calcula que el índice promedio de ANF fue del 42.5%.



Figura 2.3 Índice de ANF de MS No. 61 (año 2016 a 2017)

2.4 Recopilación de datos para realizar la subsectorización de redes

Se aprovechará la tasa de ANF de todo el área piloto como línea base para analizar el efecto de las actividades contra ANF física y comercial.

Como primer paso de las medidas para la reducción de ANF, es tener conocimiento de la situación en que se encuentra la distribución de agua dentro del área piloto, y para identificar el área donde se produce mayor cantidad de pérdidas de agua, se debe crear una situación en la que pueda dividirse la red de distribución en áreas más pequeñas mediante válvulas. A esta labor se le llama sub sectorización.

Para dicha sectorización, se realizaron los siguientes trabajos simultáneamente a la establecimiento del valor de línea base.

- Estudio de válvulas y tuberías existentes del área piloto
- Estudio de ubicación de las válvulas nuevas para la sectorización
- Investigación de usuarios con corte de servicio de agua para asegurar la delimitación de la zona de suministro de agua.
- Investigación de micromedidores existentes y su reposición.
- Selección de usuarios micromedidores se reemplazan por el proyecto



Figura 2.4 Diseño original de subsectorización de MS No.61

Tabla 2.4 Materiales para la subsectorización de redes de MS No.61

No	Ítems	Unidad	Cantidad
1	Adaptador Macho PVC 2"	Piezas	26
2	Codo HG 2" x 90 roscado	Piezas	26
3	Reductor Bushing PVC SCH40 4" x 2"	Piezas	12
4	Reductor Bushing PVC SCH40 6" x 2"	Piezas	1
5	Tapón HG macho 2"	Piezas	13
6	Tee PVC SCH40 4" Lisa	Piezas	10
7	Tee PVC SCH40 6" Lisa	Piezas	1
8	Teflón (19mm x 0.1mm x 50m)	Piezas	11
9	Tubo HG 2"	Piezas	5
10	Tubo PVC SDR26 2"	Piezas	5
11	Tubo PVC SDR26 4"	Piezas	3
12	Tubo PVC SDR26 6"	Piezas	1
13	Unión PVC Lisa 4"	Piezas	12
14	Unión PVC Lisa 6"	Piezas	1
15	Unión Universal HF 4"	Piezas	48
16	Unión Universal HF 6"	Piezas	4
17	Válvula Compuerta HF 4"	Piezas	12
18	Válvula Compuerta HF 6"	Piezas	1
19	Caja de Válvula HF	Piezas	13
20	Válvula Compuerta HF 2"	Piezas	3
21	Adaptador Bridado Universal 2"	Piezas	6
22	Kit Flange 2"	Juegos	6
23	Válvula Compuerta Brida HF 4"	Piezas	10
24	Adaptador Brida-Espiga 4"	Piezas	20
25	Kit Flange 4"	Juegos	20
26	Válvula Compuerta HF 2"	Piezas	3
27	Adaptador Bridado Universal 2"	Piezas	6
28	Kit Flange 2"	Juegos	6

Capítulo 3 Estudio y actualización del libro de catastro de usuarios

3.1 Información de usuarios del área piloto MS No.61

Los usuarios del área piloto No.2 (MS No. 6) está formado por viviendas de la clase baja y media, en una parte hay comercios de pequeña escala, escuelas, parques, etc.

Con base en el catastro de usuarios de ENACAL, se ordenó clasificando por tipo de contratos, la existencia o no de medidores, forma de cobranza, etc., siendo el resultado como se señala abajo. Esto está basado en los datos de facturación de agosto de 2017.

De los 1.008 usuarios válidos, 990 casos de acuerdo al catastro de usuarios tienen medidores, siendo alto el índice de instalación con el 98%. Sin embargo, de acuerdo a dicho catastro, el número clasificado como objetivos de lectura de medidor es de 682 casos, siendo bajo el índice de lectura con el 67%.

Aunque en el catastro de usuarios figure como objetivo de lectura de medidor, al momento de la lectura, hay casos en que no es posible hacerlo por obstáculos o por algún mal funcionamiento, siendo 673 el número de casos en que realmente puede ser leído el medidor.

Estos datos son provenientes del dato de catastro del momento anterior del inicio del proyecto piloto, por lo que se irá realizando un estudio de los usuarios al inicio de las actividades piloto y se irá actualizando constantemente con los últimos datos.

Tabla 3.1 Detalles de usuarios del servicio de agua de MS No. 61

Clasificación	Número de suscriptores	Detalle 1	Clasificación de facturación
		843 (Uso regular AL)	606 (Objeto de lectura de medidor) 60 (Facturación por uso promedio de agua) 165 (Objetivo de ajuste de volumen de agua facturada) 12 (Otros)
Usuarios efectivos	1,008	102 (Corte temporal por falta de pago CF)	47 (Objeto de lectura de medidor) 36 (Facturación por uso promedio de agua) 15 (Objetivo de ajuste de volumen de agua facturada) 4 (Otros)
		61 (Tiene record de corte en el pasado RE)	29 (Objeto de lectura de medidor) 24 (Facturación por uso promedio de agua) 7 (Objetivo de ajuste de volumen de agua facturada) 1 (Otros)
		2 (Desconocido)	-
Usuarios inválidos	6	6 (Contratos anulados BA)	-
Total	1,014		

(Fuente) Datos de facturación de agosto de 2017

Tabla 3.2 Estado actual de micromedidor en MS No.61

Años de antigüedad	Unidad	Cantidad	Referencia
Más de 10 años	Casos	14	Antes de diciembre de 2007
Más de 5 y menos de 10 años	Casos	166	De enero de 2008 a diciembre de 2012
Menos de 5 años	Casos	808	A partir de enero de 2013
Sin medidor	Casos	20	
Total	Casos	1,008	

(Fuente) Datos de facturación de agosto de 2017

3.2 Trabajo de actualización del catastro de usuarios

La primera actividad realizada en MS No.61 por el Departamento Técnico Comercial consistió en la ejecución del estudio de usuarios para confirmar la congruencia entre los datos que aparecen en el libro de registro de usuarios y los usuarios reales de agua.

Tabla 3.3 Atributos estudiados de los usuarios

No	Atributos	No	Atributos
1	Código de departamentos / sucursales	16	Tipo de encuestados (propietario, arrendador, vecinos)
2	Distritos	17	Tipo de edificios (apartamento, vivienda unifamiliar, tienda, edificio, bodega, etc.)
3	Distrito	18	Categoría económica (estrato económicamente desfavorecido, viviendas ordinarias, comercial, etc.)
4	Número dentro del distrito	19	Nombre de la tienda
5	Zona	20	Actividades comerciales (hotel, restaurante, almacén, etc.)
6	Número del predio	21	Tipo de suministro de agua (camión cisterna, pozo, acueducto municipal, etc.)
7	Barrio	22	Tipo de conexiones (ducha, baño, número de grifos, etc.)
8	Número de registro	23	Número de establecimientos conectados
9	Número de cuenta	24	Desarrollo de alcantarillado frente al predio del usuario
10	Domicilio (nombre común)	25	Condiciones de las cajas de medidores
11	Domicilio (nombre oficial)	26	Tipo de conexiones (ordinaria, directa, cortada, etc.)
12	Tipo de usuarios (individual, colectivo)	27	Operatividad de los medidores de agua
13	Tipo de usuarios (propietario, arrendatario)	28	Datos del medidor de agua (fabricante, número, etc.)
14	Uso de acueducto (normal, suspendido permanente o temporalmente, etc.)	29	Fugas
15	Nombre y contacto del usuario	30	Ubicación del medidor (datos GPS)

A través de dicho trabajo, se ha renovado la información almacenada en el sistema de control de usuarios (Aquaivism), y se ha confirmado que existen 990 usuarios efectivos al momento de enero de 2019. De los 990 usuarios, 846 casos son los usuarios a los que se factura según lectura de

micromedidor, y los demás 144 casos son la facturación estimada (promedio y ajuste).

Las ocho conexiones ilegales se han detectado hasta julio 2019

El Departamento Técnico Comercial continúa corrigiendo y actualizando los datos. Se está tomando tiempo en confirmar la existencia de los usuarios que requieren de una investigación detallada (98 usuarios), por las siguientes razones.

- El estudio y los trámites necesarios se relacionan con varias gerencias y departamentos de ENACAL, y consecuentemente se demora en transmitir y confirmar las instrucciones e información.
- Hay diversos motivos y situaciones de la incongruencia entre la información de los usuarios y la realidad.
- La identificación de las conexiones ilegales requiere de un cuidadoso estudio y se demora en terminar los trámites de legalización.

Capítulo 4 Elaboración del plan de ejecución del proyecto piloto

4.1 Flujo de las actividades

A continuación se presenta el flujo de actividades del proyecto piloto.

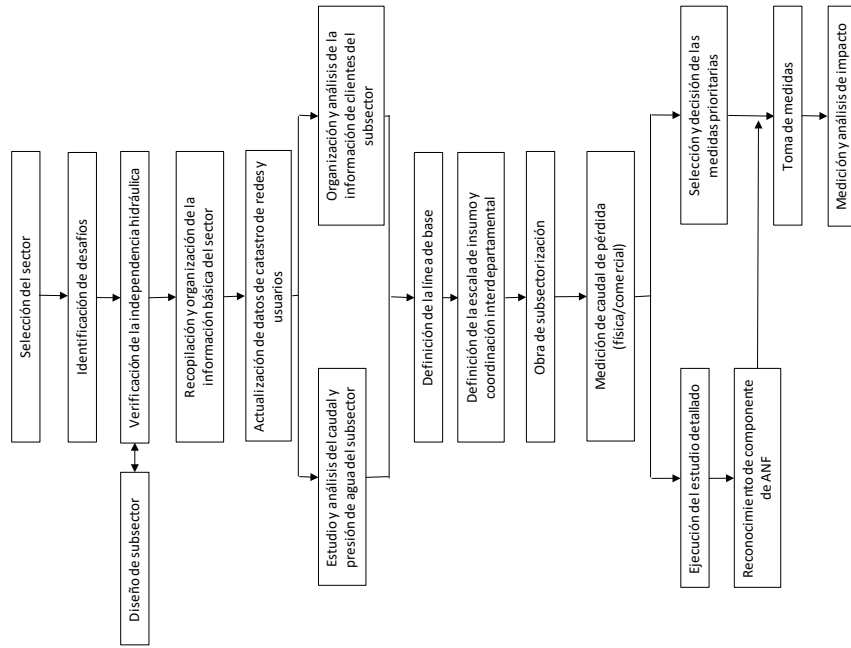


Figura 4.1 Flujo de actividades del proyecto piloto

4.2 Plan de ejecución del proyecto piloto

El Equipo de Acción para la reducción de ANF, asistido por el Equipo del Proyecto, elaboró el plan de ejecución del proyecto piloto para el Área Piloto No.2. Dicho plan de ejecución cubre 20 meses aproximadamente entre febrero de 2018 y septiembre de 2019.

En el plan formulado antes del inicio de las actividades piloto, se ha presentado la necesidad de revisión debido a la situación de la cantidad de pérdidas y supuestas causas dentro del área piloto. Especialmente, dependiendo de si la causa fundamental de ANF es comercial o física, las medidas a tomar y el período cambiarán considerablemente.

Tabla 4.1 Plan de ejecución del proyecto piloto

Ítem	Año 2018												Año 2019								
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	
Acción Global en el Equipo de Acción																					
Selección del Área Piloto																					
Conocimiento de Problemas Actuales																					
Recopilación de Datos Básico en el Sector																					
Establecimiento de la Línea de Base																					
DANF/Gerencia Comercial																					
Entusiasmo a los Usuarios Esenciales																					
Actualización de Datos Catastral																					
Gerencia Comercial																					
Legalización de Usuarios																					
Corrección de Datos de Facturación																					
Instalación de Mediciones																					
Reemplazo de micromedidores																					
Mejoramiento de la Ruta de Lectura																					
Mejoramiento de la Ruta de Lectura																					
Análisis de Efectos de Actividades																					
DANE																					
Confirmación de Asentamiento Hidráulico																					
Diseño de Subsectorización																					
Estudio de Caudal/Presión en los Subsectores																					
recopilación de datos de usuarios y análisis																					
Otra de Subsectorización																					
Estudio detallado																					
Ajuste del Sistema de Monitoreo UOC																					
Análisis del Caudal Mínimo Necesario																					
Identificación de Conexiones Irregulares																					
Identificación de Conexiones Irregulares																					
Actualización de Información de Redes																					
Conocimiento del Componente de ANF																					
Análisis de Efectos de Actividades																					
Manual de Reducción de ANF																					
Difusión del Conocimiento en el Taller																					

Capítulo 5 Aislamiento hidráulico del Área Piloto No.2 y ejecución de la prueba de paso

5.1 Estudio de verificación para el aislamiento hidráulico del Área Piloto

Desde el inicio, el MS No.61 está diseñado para poder aislarse hidráulicamente. Al medir la presión del sector cerrando la válvula de cierre de la entrada, se puede verificar el aislamiento hidráulico.

La verificación del aislamiento hidráulico a través de la medición de la presión es el método más sencillo, sin embargo, no necesariamente se puede verificar la presión en los hidrantes de todos los usuarios. En el proyecto, la verificación de la presión se realiza dividiendo el sector en pequeños microsectores y abriendo y cerrando los hidrantes en el lugar para comprobar si es posible el corte total del servicio de agua en cada sector.

5.2 Prueba de paso

La prueba de paso se realizó los días 16 y 17 de agosto de 2018. En las mediciones se registró el volumen de agua de entrada mediante un medidor de flujo ultrasónico instalado en la tubería de distribución en la parte de afluencia dentro del área, se fue dividiendo los sectores a la vez que se controlaba la válvula en un ambiente donde está presente el consumo de agua del usuario, llegando a conocer de esta manera la distribución del agua.

Normalmente, la prueba de paso es deseable que se realice en un horario de menos uso de agua, a medianoche entre la 1 hasta el amanecer. Sin embargo, teniendo en cuenta la situación de la seguridad civil de ese momento, considerando la seguridad de los trabajadores, se realizaron los trabajos en menor tiempo desde las 23 horas hasta la una.

Esta actividad se llevó a cabo en ausencia de los expertos japoneses, y el personal haciendo uso de la experiencia y conocimientos adquiridos en el Proyecto Piloto No.1, fue concluida sin accidentes ni problemas. Los resultados de la prueba de paso, es tal como se indica a continuación, y el volumen de distribución por sector, se puede calcular de la diferencia del valor medido del volumen de distribución anterior y posterior a la separación en subsectores. El número de conexiones de cada sector está basado en los resultados de los estudios realizados por vivienda, lo cual va cambiando de acuerdo al avance de las actividades piloto.

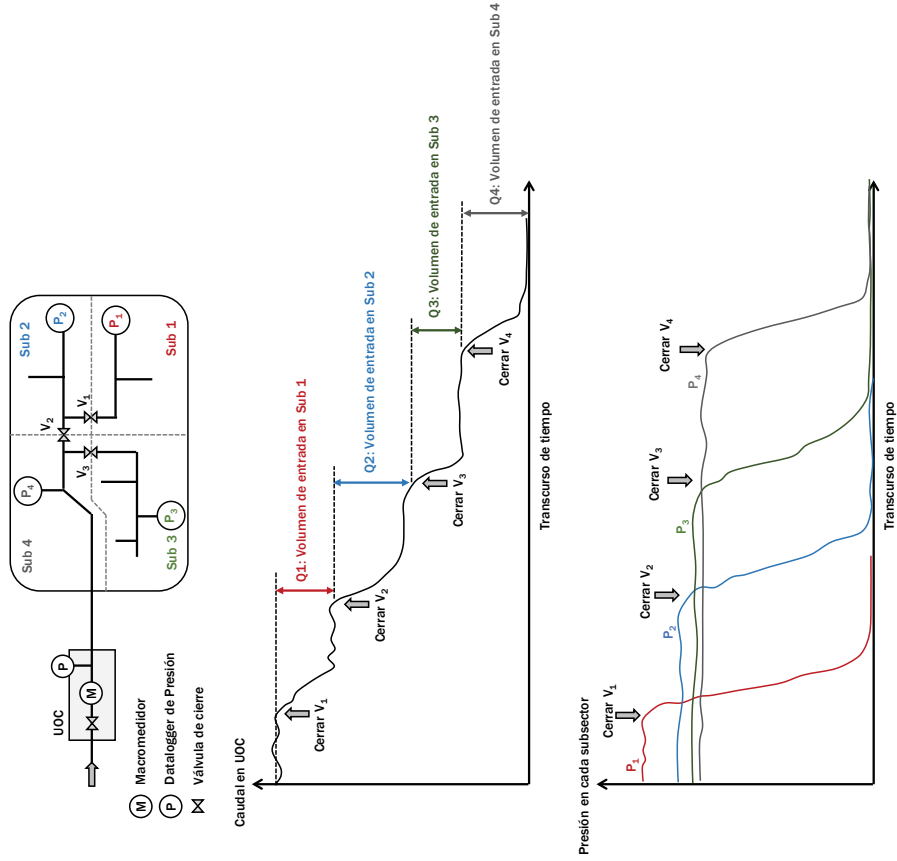


Figura 5.1 Descripción general de la prueba de paso



Figura 5.2 Subsectores de MS No.61

Tabla 5.1 Resultado de la prueba de paso

Número del Sub sector	Número de conexiones	Válvula de cierre	Horario	Valor de medición de volumen de distribución (L/seg)	Volumen de distribución por sub sectores (L/seg)	Volumen de distribución /Número de conexiones por sub sectores (L/conex./día)
3	56	10	23:00	7,2	-	1.697
		15	23:01	6,8		
		16	23:04	7,4	1,1	
		17	23:08	6,4		
4	249	17	23:20	6,1	1,8	624
		19	23:12	6,0		
		14	23:25	5,8		
		13	23:27	4,3		
		12	23:30	4,3		
2	204	11	23:34	4,3	0,7	296
		9	23:47	4,3		
		1	23:48	4,0		
1	234	2	23:51	4,0	2,1	775
		3	23:53	3,6		
		4	00:09	1,5		
5	152	5	00:12	1,3	0,9	511
		6	00:14	1,3		
		7	00:17	1,0		
6	91	8	00:28	0,6	0,6	569
		18	00:38	0,0		
7	29	20	00:48	0,0	0,0	0
		0	00:58	0,0		
8	0	Entrada		0,0	0,0	0

Tal como se muestra en la Tabla superior, el Sector 1 es el que mayor volumen de distribución de agua tiene, le sigue el Sector 4. Depende de acuerdo a la amplitud y número de conexiones del sector varía el volumen de distribución de agua, calculando el indicador (L/conexión/día) obtenido de la división del valor de medición del volumen de agua de cada sector entre el número de conexiones, se puede estimar el grado de deterioro de la red de distribución.

Ahora, como valor objetivo del volumen de fuga permitida, es generalmente conocido el indicador obtenido por la división del volumen de fuga (L/día) entre el número de conexiones. El Índice de Fugas Infraestructural (IFI) del área piloto está entre el rango 8 a 16, siendo el promedio de presión del agua de suministro de 30m. A partir de estos datos, en una zona cuyo índice de ANF es de entre 30 a 40%, es posible tener como referencia una meta de unos 500 L/conexión/día para 1 etapa, luego unos 300 L/conexión/día para 2 etapa.

Tabla 5.2 Valores objetivo de pérdidas físicas

Categoría de desempeño técnico	IFI	Meta de pérdida física (Litros/conexión/día) según rango de presión promedio de:				
		10m	20m	30m	40m	50m
desarrollado	A De 1 a 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B De 2 a 4		50 – 100	75 – 150	100 – 200	125 – 250
	C De 4 a 8		100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	D Mayor a 8		> 200	> 300	> 400	> 500
en desarrollo	A De 1 a 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B De 4 a 8	50 – 100	100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	C De 8 a 16	100 – 200	200 – 400	300 – 600	400 – 800	500 – 1000
	D Mayor a 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Fuente: The Manager's Non-Revenue Water Handbook, US AID

En el volumen de distribución de agua por sectores arriba mencionado está incluido el volumen de agua utilizada y es simplemente un valor de referencia para suponer el grado de fragilidad de la red de distribución de agua, sin embargo, para los sectores que superan los 500L/conexión/día, se considera que es alto el grado de fragilidad de la red de distribución. Especialmente en el Sector 1, Sector 3 y Sector 4, se considera que existe la posibilidad de mayor cantidad de ANF.

En el Sector 7 y Sector 8 (Conducto de acometida a MS No. 61 desde la fosa de la parte afluente), el volumen de distribución de agua por sectores se encuentra en cero. Debido a las características del medidor de caudal ultrasónico, cuando la velocidad de flujo baja considerablemente, ésta se encuentra

fuera del rango de medición, por lo que señala cero, pero, aunque en pequeña cantidad, existe la posibilidad de la existencia de fugas y uso de agua.

Capítulo 6 Monitoreo del ANF en el Área Piloto No.2

6.1 Monitoreo del volumen de ANF

Desde que se inició el Proyecto, el monitoreo del ANF en el Área Piloto MS No.61 se realiza con los siguientes datos proporcionados por el DANF.

- Volumen de distribución, volumen facturado y ANF mensuales;
- El caudal diario puesto en distribución y el caudal mínimo nocturno a la entrada del área piloto.

Antes de iniciar el Proyecto, el período de lectura de micromedidores realizada por la Gerencia Comercial no coincidía exactamente con el período de contabilización de distribución del agua realizada por el Departamento de ANF. Sin embargo, para calcular una correcta tasa de ANF, es necesario que ambos períodos coincidan exactamente.

La lectura de micromedidores se realiza una vez al mes, por lo tanto, mediante la consulta previa se llegó a un acuerdo de que finalizaría la lectura de micromedidores del sector en un día determinado de cada mes y contabilizaría el volumen de distribución coincidiendo con el día de la lectura.

【Fecha de lectura de los micromedidores】 xx de agosto de 2018

【Período de facturación】 Del xx de agosto al xx de septiembre de 2018

【Período de medición del volumen de distribución】 Del xx de agosto al xx de septiembre de 2018

【Mes de cálculo de ANF】 agosto de 2018

Tabla 6.1 Registro de distribución de agua y consumo facturado

Mes de facturación	Subtotal 2018	01/2018	02/2018	03/2018	04/2018	05/2018	06/2018	07/2018	08/2018	09/2018	10/2018	11/2018	12/2018
Distribución por mes (m3)	555,706	44,720	43,018	38,398	53,920	44,710	47,420	48,450	48,600	45,380	51,040	43,470	46,580
Plazo de distribución por día (m3/día)		31	30	30	31	30	28	32	30	30	31	30	31
Consumo facturado por mes (m3)	352,286	1,443	1,434	1,280	1,739	1,490	1,694	1,514	1,620	1,513	1,646	1,449	1,503
Facturación efectiva		29,307	27,558	30,406	29,798	26,861	27,368	29,691	28,615	28,982	30,658	32,856	30,186
Facturación estimada		24,464	22,934	26,114	25,362	21,867	22,264	24,527	23,529	23,758	25,143	24,235	25,573
Plazo de lectura (día)		4,843	4,624	4,292	4,436	4,994	5,104	5,164	5,226	5,224	5,515	6,621	4,613
Consumo facturado por día (m3/día)		31	30	30	31	30	28	32	30	30	31	30	31
ANF por mes (m3)	203,420	945	919	1,014	961	895	977	928	954	966	989	1,095	974
ANF por día (m3)		203,420	15,413	15,460	7,992	24,122	17,849	20,052	18,759	19,955	16,398	20,382	10,814
Tasa de ANF (%)	36.6	34.5	35.9	20.8	44.7	39.9	42.3	38.7	41.1	36.1	39.9	24.4	35.2

Mes de facturación	Subtotal 2019	01/2019	02/2019	03/2019	04/2019	05/2019	06/2019	07/2019	08/2019	09/2019
Distribución por mes (m3)	347,650	43,340	37,040	43,310	43,630	37,520	38,030	37,570	33,570	33,640
Plazo de distribución por día (m3/día)		31	29	29	32	31	28	30	32	31
Consumo facturado por mes (m3)	254,820	1,398	1,277	1,493	1,363	1,210	1,358	1,252	1,049	1,085
Facturación efectiva		29,857	27,120	28,417	31,586	28,234	27,152	28,119	27,736	26,799
Facturación estimada		24,828	22,533	16,228	28,121	23,071	21,307	21,845	23,240	22,318
Plazo de lectura (día)		4,829	4,587	12,189	3,465	5,163	5,945	6,274	4,496	4,481
Consumo facturado por día (m3/día)		31	29	29	32	31	28	30	32	31
ANF por mes (m3)	92,830	957	935	980	987	911	970	937	867	864
ANF por día (m3)		13,683	9,920	14,893	12,044	9,286	10,878	9,451	5,834	6,841
Tasa de ANF (%)	26.7	31.6	26.8	34.4	27.6	24.7	28.6	25.2	17.4	20.3

Distribución y Facturación en MS No.61

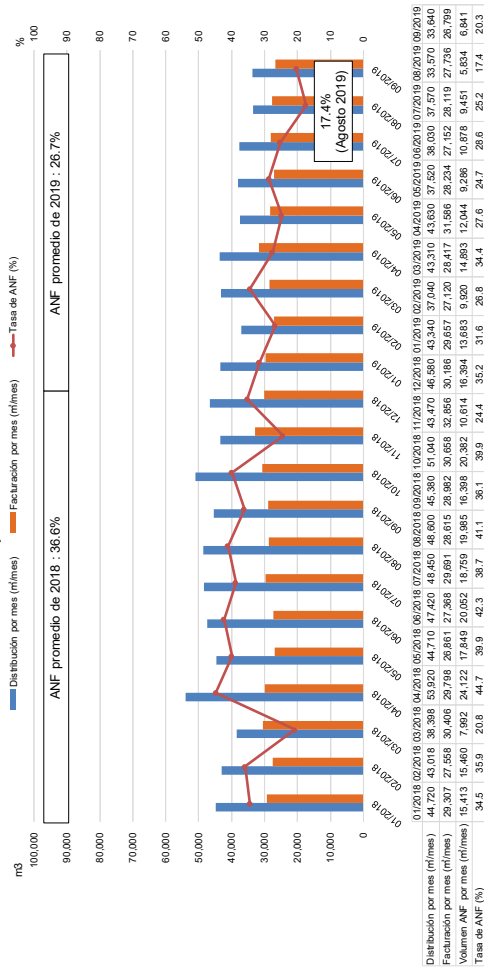


Figura 6.1 Monitoreo de ANF del MS No.61

Período	Distribución por mes (m³)	Facturación por mes (nfimes)	Tasa de ANF (%)
01/2018	44.720	43.018	38.389
02/2018	44.710	47.420	49.450
03/2018	44.720	44.710	47.420
04/2018	44.710	47.420	49.450
05/2018	44.720	43.018	38.389
06/2018	44.710	47.420	49.450
07/2018	44.720	43.018	38.389
08/2018	44.710	47.420	49.450
09/2018	44.720	43.018	38.389
10/2018	44.710	47.420	49.450
11/2018	44.720	43.018	38.389
12/2018	44.710	47.420	49.450
01/2019	44.720	43.018	38.389
02/2019	44.710	47.420	49.450
03/2019	44.720	43.018	38.389
04/2019	44.710	47.420	49.450
05/2019	44.720	43.018	38.389
06/2019	44.710	47.420	49.450
07/2019	44.720	43.018	38.389
08/2019	44.710	47.420	49.450
09/2019	44.720	43.018	38.389

6.2 Descripción de las medidas de reducción de ANF y los componentes del ANF

Las actividades de reducción de ANF en el área piloto se clasifican en dos tipos:

- Medidas contra la reducción de las pérdidas aparentes
- Medidas contra la reducción de las pérdidas reales

Para implementar las medidas contra la reducción de las pérdidas aparentes, es necesario reemplazar micromedidores, sin embargo, para seleccionar y adquirir los micromedidores, se tardan unos 3 meses.

Por consiguiente, en las actividades en el MS No.61, se decidió implementar primero las medidas contra la reducción de las pérdidas reales para minimizar la pérdida de tiempo.

Primero se realizó la prueba de paso para identificar la distribución local del volumen de pérdidas, luego se desarrollaron las medidas contra la reducción de las pérdidas reales a través de la detección y reparación de las fugas en cada subsector, y se verificó el efecto de la reducción de ANF. Además, se reguló la presión de distribución del sector mediante la válvula reductora de presión para reducir el volumen de fugas residuales.

Posteriormente, a partir de marzo del 2019 se desarrollaron el reemplazo de micromedidores y las medidas contra las conexiones ilegales y se verificó el efecto de la reducción de ANF producto de la implementación de las medidas contra la reducción de las pérdidas aparentes.

Tabla 6.2 Descripción de las acciones para reducir el ANF

Medidas contra la pérdida real	Medidas contra la pérdida aparente
<ul style="list-style-type: none"> - Medición y análisis del caudal mínimo nocturno - Subsectorización de las áreas piloto y prueba de pasos (nota 1) - Medición directa de las pérdidas en las áreas de distribución específicas - Estudio de fuga mediante detector sónico - Reducción de fuga mediante la optimización de la presión de agua - Medición del volumen de fugas detectadas - Reparación de las fugas en las cajas de medidores - Estudio de fuga dentro de los predios (parte de los servicios domiciliarios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparación de los resultados de lectura de los medidores y el volumen facturado - Corrección y actualización del libro de registro de usuarios - Reparación de la conexión equivocada con el sector contiguo a los grifos - Mejoramiento de la tasa de lectura de los medidores - Mejoramiento de exactitud del trabajo de lectura - Corrección de los datos de facturación - Detección, eliminación y legalización de las conexiones ilegitas - Evaluación del grado de precisión del medidor de agua - Instalación de los medidores de agua apropiados - Mejoramiento del método de instalación de las cajas de medidores

Nota 1: La prueba de paso consiste en segmentar el área servida en pequeños bloques, y medir el volumen mínimo en las horas nocturnas manteniendo la válvula para detectar el volumen de fuga latente de cada bloque.

En la fase final del proyecto piloto, se propuso determinar los componentes del ANF siguiendo la metodología recomendada por la Asociación Internacional del Agua (IWA).

Tabla 6.3 Clasificación del ANF

Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	MS No.61
Consumos autorizados	Autorizados facturados	Agua facturada	① Consumo medido facturado	✓
	Consumos autorizados no facturados	Agua no facturada	② Consumo no medido facturado: Consumo no medido con tarifa estimada	✓
Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes	Pérdidas aparentes	③ Consumos medidos no facturados: Agua suministrada a áreas específicas (barrios pobres, etc.)	No hay
			④ Consumos no medidos no facturados: consumo requerido para la operación de servicios	No hay
	Pérdidas reales	Pérdidas reales	⑤ Consumos no autorizados: conexiones ilegales	✓
			⑥ Errores del medidor: insensibilidad del medidor, error instrumental, error de lectura	✓
			⑦ Fugas de la red primaria	✓
			⑧ Fugas o desbordamiento de los tanques	No hay
			⑨ Fugas en la red y las conexiones	✓

A través del trabajo de medición directa de fugas en los subsectores, se obtienen fugas reales, consumos no autorizados y errores por insensibilidad del medidor. Además, si se logra estimar el consumo sujeto a la facturación aunque sea en horarios limitados, se puede estimar el valor aproximado del consumo por horario durante el período en el cual se registra el caudal mínimo nocturno.

Por otro lado, si se logra esclarecer el valor aproximado de errores de medidores en uso a través del estudio de verificación de la precisión de micromedidores realizado por la Gerencia Comercial, se puede estimar con alta precisión el volumen de distribución y los componentes de ANF.

Con respecto a las “fugas”, un componente de ANF, se analizan dividiéndolas en 2 categorías de “volumen de fugas medible” y “volumen de fugas no medible” (volumen por insensibilidad del medidor o robo de agua).

El volumen de fugas no medible se refiere al volumen que no se puede medir con instrumentos de medición por el escaso volumen de fugas en casos individuales, sin embargo, se puede mostrar como un valor medido si se expresa de manera colectiva para todo el sector.

El método de cálculo del volumen de pérdidas utilizado en el Proyecto piloto es el siguiente.

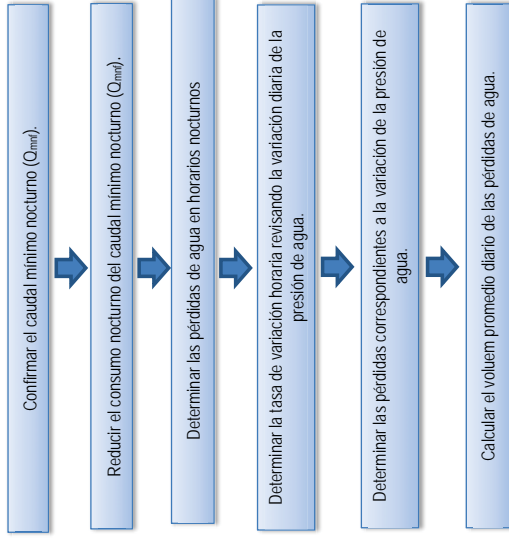


Figura 6.2 Cálculo de las pérdidas de agua dentro del ANF

6.3 Monitoreo del Caudal Mínimo Nocturno (Q_{minf})

El caudal mínimo nocturno (Q_{minf}) es un indicador importante para cuantificar los resultados de las actividades realizadas. Es posible estimar las pérdidas al analizar la variación del caudal después de reparar las fugas, eliminar las conexiones ilegales, etc. en un área específica.

Desde febrero hasta julio del 2018, se realizaron trabajos de preparación como estudio de catastro de usuarios y subsectorización de las redes de distribución. A mediados de agosto, se realizó la prueba de paso, posteriormente, continuaron con la medición directa del volumen de pérdidas por subsectores y la detección y reparación de fugas.

De las medidas contra la reducción de las pérdidas reales, la detección y reparación de fugas se terminaron tentativamente antes de enero del 2019, posteriormente se desarrolló el trabajo de reemplazo de tuberías de conexión junto con las obras de instalación de micromedidores realizadas por la Gerencia Comercial.

Durante el proyecto, se monitoreó el caudal mínimo nocturno en la entrada del área piloto y se verificaron los logros y los avances de las actividades mensuales.

El valor promedio de Q_{minf} al inicio del Proyecto se registró un 11.1L/s en julio del 2018. Posteriormente, en enero del 2019 cuando se finalizó una serie de detecciones y reparaciones de fugas, el valor promedio bajó hasta 8.2L/seg, registrando una reducción de un 2.9L/seg.

Como resultado de la instalación de una válvula reductora de presión en la fosa de la entrada el 24 de enero del 2019, en febrero del 2019, el Q_{minf} se redujo hasta 5.1L/seg. Posteriormente, hubo un período de funcionamiento inestable de la válvula reductora de presión y temporalmente el Q_{minf} subió, sin embargo, después del reajuste del 15 de abril, en mayo del 2019, el valor promedio de Q_{minf} bajó a 3.7L/seg, luego este valor se mantiene estable. La reducción de Q_{minf} producto de la instalación de la válvula reductora de presión es de 4.5L/seg.

Por consiguiente, la reducción de Q_{minf} producto de la reparación de fugas y la regulación de presión se calcula como unos 7.4L/seg.

Enfocándose en el volumen reducido de Q_{minf} producto de las diferentes actividades, la reducción del volumen fue mayor con la regulación de presión que con la reparación de fugas. Además, con la regulación de presión se redujo considerablemente no sólo el caudal mínimo nocturno sino también el volumen de distribución promedio en el horario de altas horas de la noche. Estos resultados muestran que ajustar la presión a un valor adecuado trae un gran efecto sobre la reducción de fugas difíciles de detectar con la tecnología convencional.

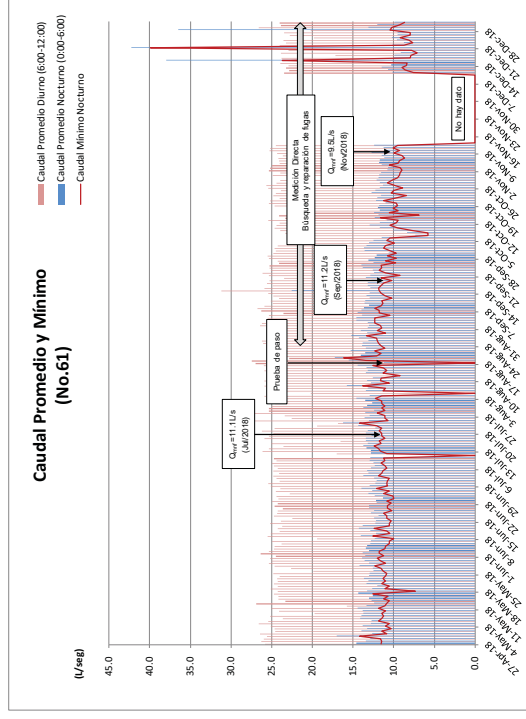


Figura 6.3 Gráfico de gestión del caudal mínimo nocturno en MS No.61 (año 2018)

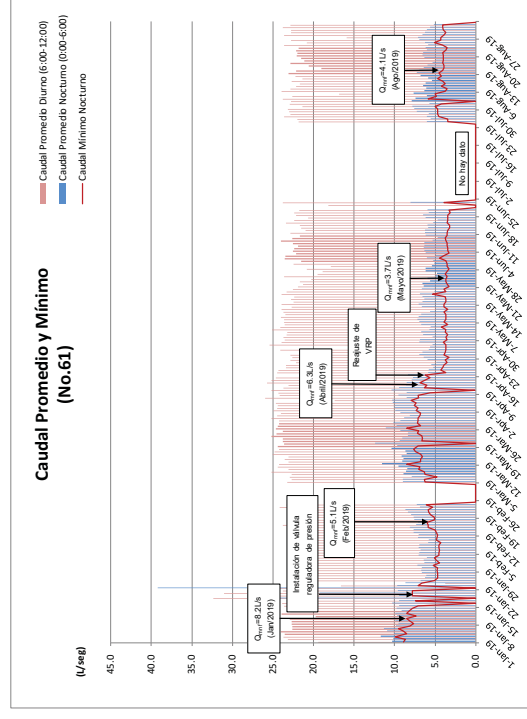


Figura 6.4 Gráfico de gestión del caudal mínimo nocturno en MS N.61 (año 2019)

6.4 Cálculo de consumo y pérdida de agua en horario nocturno

El caudal mínimo nocturno (Q_{min}) que se monitorea diariamente incluye el consumo de agua de los usuarios de cada subsector.

Si se logra estimar el consumo por un usuario en el horario de altas horas de la noche, también se puede calcular el consumo en el caudal mínimo nocturno. Restando del Q_{min} este consumo calculado, se puede estimar el volumen total del volumen de pérdidas (fugas) generadas en el horario de altas horas de la noche, aunque es un valor estimado.

En la medición directa por subsectores realizada por el Departamento de ANF, se realiza previamente la lectura de micromedidores por corto tiempo para calcular el consumo actual.

La siguiente Tabla muestra los resultados del estudio realizado en septiembre del 2018 en 3 subsectores. El estudio se realizó en un horario temprano, por lo tanto se incluyen grandes consumos temporales. Particularmente se registran grandes consumos temporales en el Sector 1, 4A y 5A. Usualmente, el Q_{min} se registra en el horario de menor demanda de agua y la mayoría del consumo en este horario es el volumen que se genera permanentemente en las viviendas. Por lo tanto, se calcula el consumo promedio de una conexión excluyendo estos 3 sectores donde se registraron grandes consumos temporales. Los resultados del cálculo arrojaron el consumo de una conexión de 0.0122 m³/h/conexión. El número de usuarios del área piloto finalmente confirmado es de 990, por lo que se calcula la suma total de consumo de 12.078 m³/h (3.4 L/seg).

Tabla 6.4 Estudio de consumo nocturno de en los subsectores

Subsector	Número de usuario	Intervalo de lectura (min)	Consumo según lectura (m ³)	Consumo por hora por conexión (m ³ /h)	Consumo por hora por conexión (m ³ /conex./h)	Tiempo de estudio
2	195	120	9.6162	4.8081	0.0247	23:25 – 01:25
3	52	100	0.3998	0.2399	0.0046	22:40 – 0:20
4B	58	135	1.9496	0.8665	0.0150	22:25 – 1:40
4C	26	135	0.0612	0.0272	0.0010	22:25 – 1:40
4D	37	135	1.8589	0.8262	0.0223	23:25 – 1:40
5B	113	60	2.9322	2.9322	0.0259	1:10 – 2:10
6A	61	60	0.6605	0.6605	0.0108	23:30 – 12:30
6B	25	40	0.0450	0.0675	0.0027	22:25 – 23:05
7	32	45	0.0687	0.0960	0.0030	23:35 – 0:20
Valor promedio					0.0122	
1	226	55	10.0637	10.9786	0.0486	23:30 – 0:25
4A	129	135	18.5945	8.2642	0.0641	22:25 – 1:40
5A	36	50	6.8290	8.1948	0.2276	23:10 – 0:00

El valor obtenido aquí es el consumo generado entre las 23:00 y la 1:00 aproximadamente, y este horario es bastante temprano en relación al horario para registrar el caudal mínimo nocturno. Sin embargo, según la siguiente Tabla, el volumen de distribución promedio de 23:00 a 1:00 es de 12.90L/seg, de igual manera, el volumen de distribución promedio de 2:00 a 3:00 (el horario para registrar el caudal mínimo nocturno) es de 12.26L/seg, equivalente a aproximadamente el 95% del horario de 23:00 a 1:00.

Por consiguiente, se estimó el promedio de consumo en el horario cuando se registra el caudal mínimo nocturno como $3.4L/seg \times 0.95 = 3.2L/seg$.

Según los datos de monitoreo anteriormente mencionados, el Q_{min} de septiembre del 2018 está registrado como 11.1L/seg, por lo que suponiendo que en este Q_{min} se incluye el consumo de 3.2L/seg, el restante 7.9L/seg es el volumen de pérdidas que había existido antes de iniciar las actividades piloto. Cabe señalar que esto incluye no sólo las fugas nocturnas sino también el volumen de robo de agua desde las tuberías y el volumen de destino desconocido que no aparecen en la información anterior, por lo que podemos considerar que estos volúmenes también deben ser eliminados a través de las actividades del Proyecto.

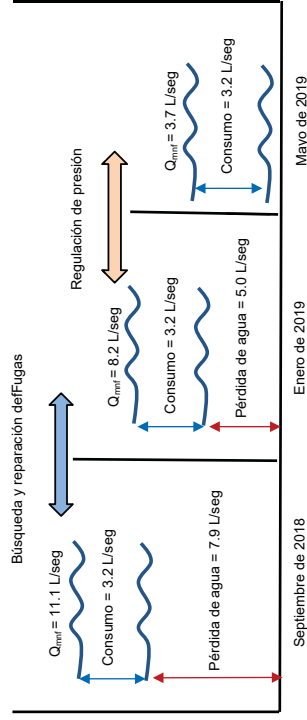


Figura 6.5 Relación entre Q_{min} y Consumo Nocturno

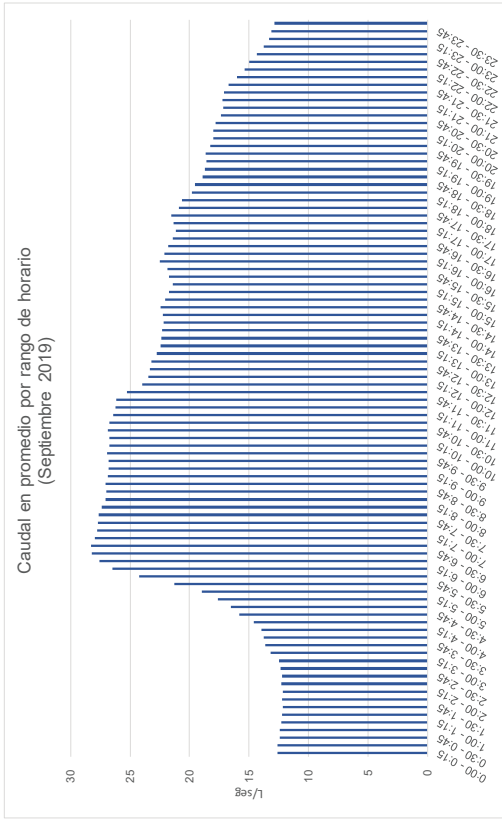


Figura 6.6 Caudal de distribución por rango de horario (Promedio del Sep/2018)

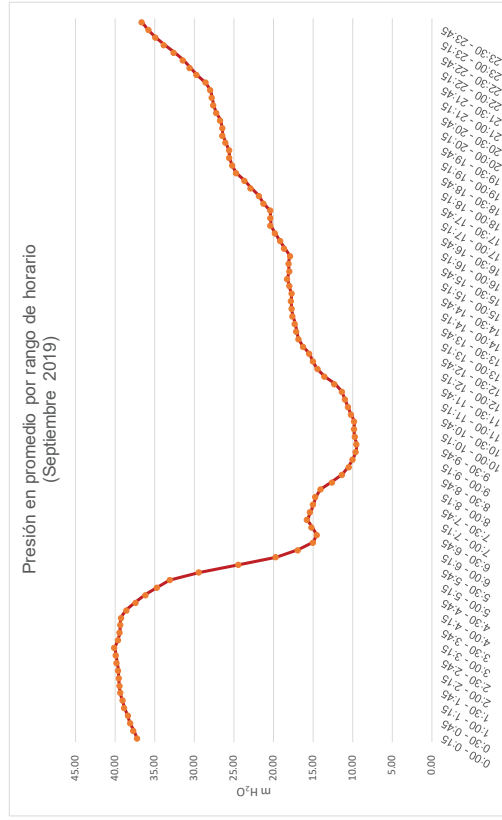


Figura 6.7 Presión de agua en UOC por rango de horario (Promedio del Sep/2018)

Tabla 6.5 Presión y caudal de distribución por rango de horario en MS No.61 en Sep/2018

Horario	Presión en promedio (m)	Caudal en promedio (L/seg)	Horario	Presión en promedio (m)	Caudal en promedio (L/seg)
0:00 - 0:15	37.2	12.64	12:00 - 12:15	13.51	23.97
0:15 - 0:30	37.6	12.60	12:15 - 12:30	14.44	23.50
0:30 - 0:45	38.1	12.43	12:30 - 12:45	15.00	23.31
0:45 - 1:00	38.4	12.41	12:45 - 13:00	15.44	23.21
1:00 - 1:15	38.8	12.27	13:00 - 13:15	16.27	22.79
1:15 - 1:30	39.0	12.22	13:15 - 13:30	16.83	22.45
1:30 - 1:45	39.3	12.17	13:30 - 13:45	17.06	22.39
1:45 - 2:00	39.4	12.21	13:45 - 14:00	17.25	22.30
2:00 - 2:15	39.5	12.19	14:00 - 14:15	17.57	22.16
2:15 - 2:30	39.6	12.26	14:15 - 14:30	17.71	22.25
2:30 - 2:45	39.8	12.22	14:30 - 14:45	17.76	22.44
2:45 - 3:00	39.9	12.36	14:45 - 15:00	17.71	22.07
3:00 - 3:15	40.4	12.49	15:00 - 15:15	17.97	21.72
3:15 - 3:30	39.6	13.22	15:15 - 15:30	18.23	21.44
3:30 - 3:45	39.4	13.61	15:30 - 15:45	17.98	21.71
3:45 - 4:00	39.3	13.80	15:45 - 16:00	18.08	21.88
4:00 - 4:15	39.2	13.96	16:00 - 16:15	17.89	22.53
4:15 - 4:30	38.6	14.59	16:15 - 16:30	18.63	22.11
4:30 - 4:45	37.4	15.82	16:30 - 16:45	19.14	21.82
4:45 - 5:00	36.1	16.56	16:45 - 17:00	19.78	21.39
5:00 - 5:15	34.70	17.63	17:00 - 17:15	20.35	21.14
5:15 - 5:30	33.06	18.98	17:15 - 17:30	20.32	21.32
5:30 - 5:45	29.36	21.30	17:30 - 17:45	20.39	21.51
5:45 - 6:00	24.41	24.20	17:45 - 18:00	21.25	20.87
6:00 - 6:15	19.69	26.50	18:00 - 18:15	21.85	20.62
6:15 - 6:30	16.90	27.59	18:15 - 18:30	22.84	19.83
6:30 - 6:45	14.97	28.21	18:30 - 18:45	23.68	19.53
6:45 - 7:00	14.54	28.27	18:45 - 19:00	24.67	18.90
7:00 - 7:15	15.16	27.99	19:00 - 19:15	25.21	18.70
7:15 - 7:30	15.73	27.79	19:15 - 19:30	25.54	18.58
7:30 - 7:45	15.33	27.73	19:30 - 19:45	25.60	18.63
7:45 - 8:00	14.95	27.63	19:45 - 20:00	26.01	18.26
8:00 - 8:15	14.65	27.41	20:00 - 20:15	26.38	18.01
8:15 - 8:30	14.07	27.06	20:15 - 20:30	26.45	18.01
8:30 - 8:45	12.62	26.97	20:30 - 20:45	26.67	17.79
8:45 - 9:00	11.31	27.07	20:45 - 21:00	27.21	17.36
9:00 - 9:15	10.50	26.84	21:00 - 21:15	27.57	17.20
9:15 - 9:30	9.98	26.83	21:15 - 21:30	27.74	17.21
9:30 - 9:45	9.58	26.81	21:30 - 21:45	27.94	17.09
9:45 - 10:00	9.46	26.90	21:45 - 22:00	28.58	16.73
10:00 - 10:15	9.73	26.73	22:00 - 22:15	29.65	16.01
10:15 - 10:30	9.81	26.77	22:15 - 22:30	30.55	15.40
10:30 - 10:45	9.75	26.89	22:30 - 22:45	31.42	14.97
10:45 - 11:00	10.18	26.71	22:45 - 23:00	32.56	14.36
11:00 - 11:15	10.60	26.42	23:00 - 23:15	33.78	13.78
11:15 - 11:30	10.99	26.22	23:15 - 23:30	34.83	13.33
11:30 - 11:45	11.38	26.14	23:30 - 23:45	35.75	13.15
11:45 - 12:00	12.29	25.23	23:45 - 0:00	36.57	12.88

6.5 Cálculo del volumen de pérdida de agua promediado por día

Según los datos de monitoreo de septiembre del 2018, el volumen de pérdidas en las altas horas de la noche se calculó como 7.9 L/seg. Es el volumen del horario cuando la presión es más alta y es mayor que el valor promedio de durante el día.

Para estimar el volumen de pérdidas promedio por día a partir del volumen de pérdidas en las altas horas de la noche, es necesario realizar una corrección considerando las variaciones de presión durante el día.

A continuación, se muestra la presión de agua en la entrada del agua distribuida en el MS No.61 en 4 horarios. En el horario de 0:00 a 6:00, el cabezal hidráulico promedio es de 37.41m y el promedio diario es de 24.04m. Según la siguiente Tabla de conversión, el volumen de pérdidas promedio diario se calcula como 6.2 L/seg (22.3 m³/h) aproximadamente.

Por otro lado, el volumen de ANF en septiembre del 2019 es de 16,398 m³/mes según los datos de monitoreo. Los días contabilizados para este volumen de ANF son 30 días, por lo tanto, equivale a 22.8 m³ por hora. Este valor es muy similar al volumen de pérdidas calculado a partir del caudal mínimo nocturno y el valor estimado de consumo.

Tabla 6.6 Cálculo de volumen de pérdida de agua promediado por día

Items	Horario				Promedio
	0:00-6:00	6:00-12:00	12:00-18:00	18:00-24:00	
Presión (m)	37.41	12.67	17.77	28.29	24.04
Proporción (P _i /P _o)	1.00	0.339	0.475	0.756	
(P _i /P _o) ^{0.5}	1.00	0.582	0.689	0.869	
Caudal (m ³ /h)	7.90	4.60	5.44	6.87	6.20

$$Q_x = (P_x/P_o)^{0.5} \times Q_o$$

Q_i: Caudal en franja de tiempo base (=8.1 L/seg)

P_i: Presión de agua en franja de tiempo base (=37.41 m)

P_x/P_o: Relación frente a la presión de agua en franja de tiempo base

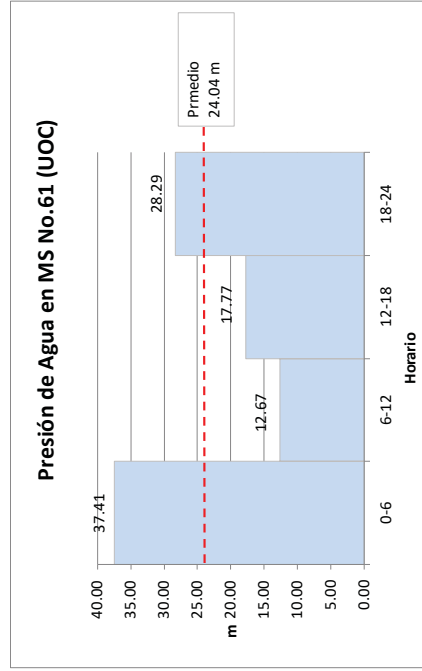


Figura 6.8 Variación de presión en MS No.61 (Promedio del Sep/2018)

6.6 Factores que componen el ANF

Al analizar los datos de monitoreo hasta la fecha agregándole la tasa de ANF de septiembre del 2018 correspondiente a la etapa anterior al inicio de plena ejecución de las actividades de reducción de ANF en el Proyecto piloto, podemos resumir la siguiente composición del volumen de distribución.

Según los datos de monitoreo, el volumen de ANF en septiembre del 2018 era de 547m³/día y el volumen de pérdidas calculado a partir del caudal mínimo nocturno es de 535m³/día, existiendo una diferencia de apenas 12m³/día. El volumen de pérdidas calculado a partir del caudal mínimo nocturno fue establecido a partir del consumo previsto según los resultados de la lectura de micromedidores, por lo tanto naturalmente se generan ciertos errores.

Generalmente, el volumen de ANF promedio incluye el volumen reconocido pero exonerado de facturación (volumen reconocido pero no facturado) y el error instrumental del medidor, entre otros, por lo que la diferencia anteriormente mencionada puede incluir estos volúmenes inciertos. Por consiguiente, en la siguiente Figura esta diferencia se clasifica como "Otros".

En las actividades de reducción de ANF en el Proyecto piloto, el objetivo final es mostrar cuantitativamente el porcentaje de pérdidas aparentes y pérdidas reales en el volumen de pérdidas como valor anterior al inicio del Proyecto y esclarecer la relación costo-beneficio de las actividades comparando este valor con el valor anterior a la implementación de las medidas.

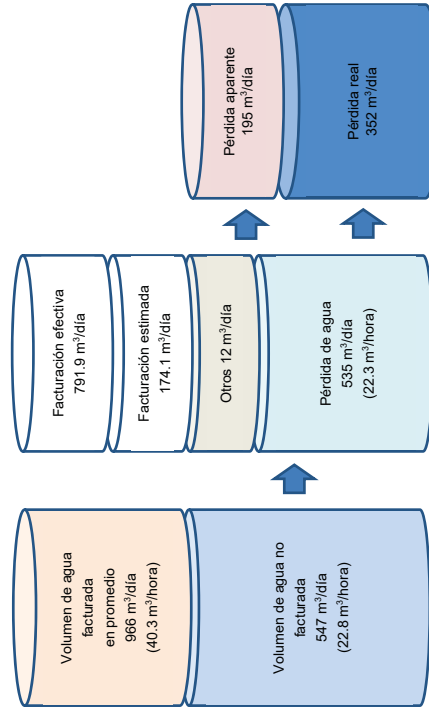


Figura 6.9 Imagen de balance hídrico en MS No.61 (Septiembre de 2018)

Capítulo 7 Medidas contra pérdidas reales y sus efectos

7.1 Prueba de paso

Para la primera etapa de las medidas de reducción del ANF, se analizó la distribución del caudal puesto en distribución del Área Piloto para identificar las zonas donde se produce una gran cantidad de pérdidas. La obra de instalación de las válvulas de compuerta para la subsectorización de la red de distribución fue ejecutada por el equipo de cuadrillas de ENACAL, y con ello se completó la subsectorización a mediados de agosto de 2018.

Como se muestran los resultados de la prueba de paso en el Capítulo 5, al comparar los valores obtenidos dividiendo el volumen de distribución entre el número de usuarios, los valores de los subsectores 1, 3 y 4 son mayores que otros subsectores, por lo tanto, en estos subsectores existe alta posibilidad de se está generando más incidencias de ANF.

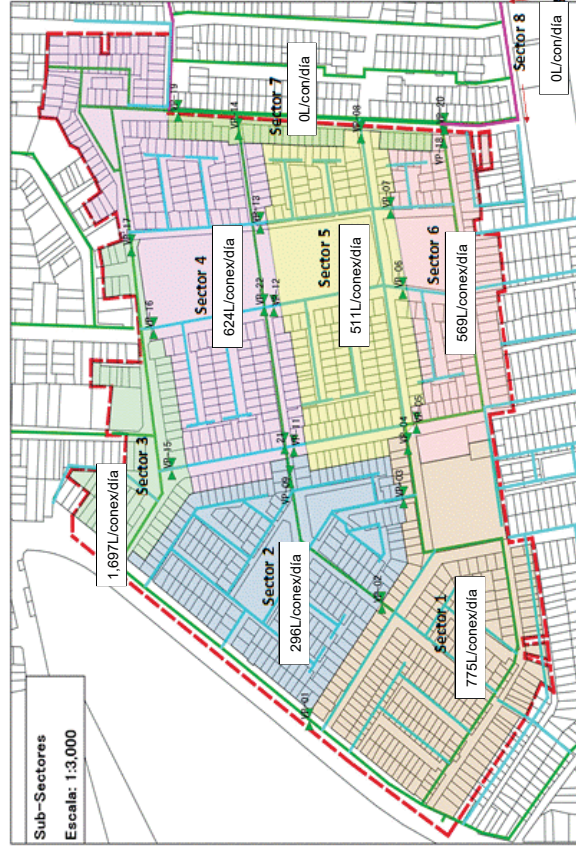


Figura 7.1 Subsectores de MS No.61

7.2 Medición del volumen de pérdidas por sector

De acuerdo a los resultados de la prueba de paso que se muestra en el Capítulo 5, ha sido posible deducir los lugares donde se encuentran las fugas y las pérdidas de agua. A partir de septiembre de 2018, se comenzó a medir directamente el volumen de agua en cada sector en ausencia del uso de agua por parte de los usuarios, para investigar la causa de la pérdida de volumen de agua.

Si no se comprobó el uso de agua por conexiones ilegales en el estudio, la diferencia de ambos valores medidos es el volumen de fugas (volumen de pérdidas) reducido por las medidas implementadas.

En estas labores se utilizaron dispositivos adquiridos y elaborados por el equipo de expertos japoneses. Aunque se requieren tuberías de derivación y tuberías de extracción delante y detrás de las tuberías de afluencia de cada subsector, el Departamento de ANF se encargó de las obras.

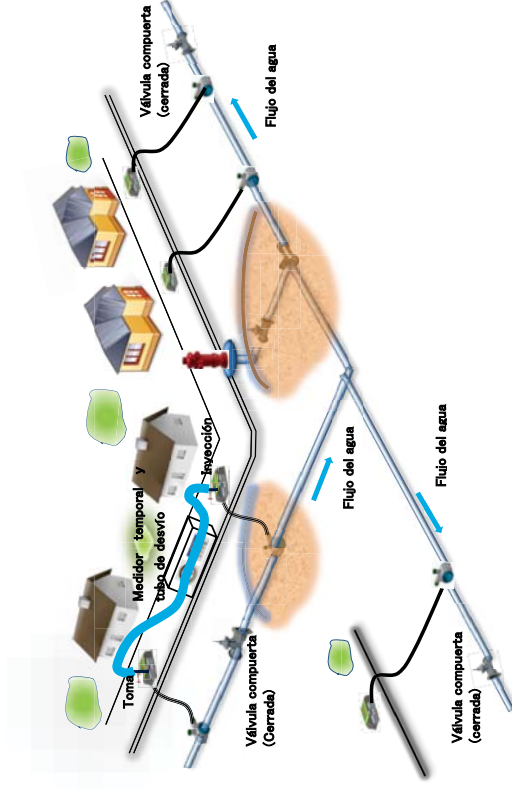


Figura 7.2 Resumen del sistema de medición directa del volumen de pérdida de agua

Tabla 7.1 Especificación de medidores del sistema de medición directa

Ítems	Sistema combinado de la medición directa		Medidor independiente de prueba
	Caudal medio	Caudal medio	
Fabricante	Honeywell	Aichitokei	Aichitokei
Modelo	Q4000	EDS13Q	TR IV (EDS-20)
Mecanismo de medición	Electromagnético	Turbina	Turbina
Díametro Nominal	50mm	13mm	20mm
Rango de caudal	Q4: 50 m ³ /h	Q4: 3.13 m ³ /h	Q4: 5.00 m ³ /h
	Q3: 40 m ³ /h	Q3: 2.5 m ³ /h	Q3: 4.00 m ³ /h
	Q2: 0.16 m ³ /h	Q2: 0.04 m ³ /h	Q2: 0.064 m ³ /h
	Q1: 0.10 m ³ /h	Q1: 0.025 m ³ /h	Q1: 0.040 m ³ /h
Valor R	400	100	100
Intervalo de impulso	1 L/P	0.017 L/P	No hay
Unidad en visor	xxx,xxx m3 xxx L	xxxx m ³ xxx.x L	xxx,xxx,xx L
	(xx.x m ³ /h)	(xx.xx m ³ /h)	(x,xxx,xx L/min)

Los resultados de la medición directa en los subsectores son los siguientes. El caudal después de cerrar las válvulas de micromedidores es el valor medido y se registran valores medidos antes y después de la reparación de fugas. Esto permite verificar cuantitativamente el volumen de reducción después de la implementación de la detección y reparación de fugas.

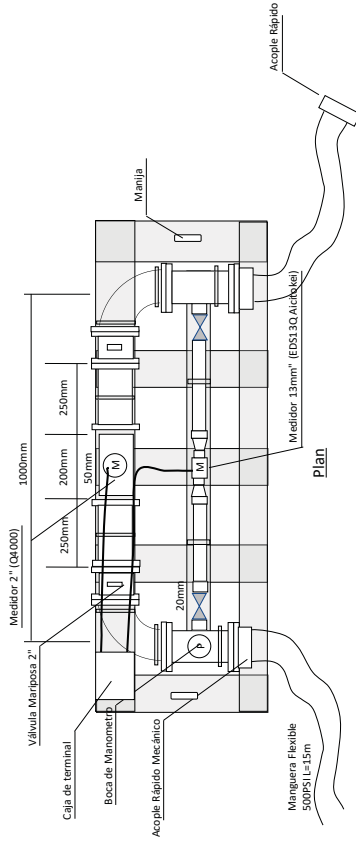
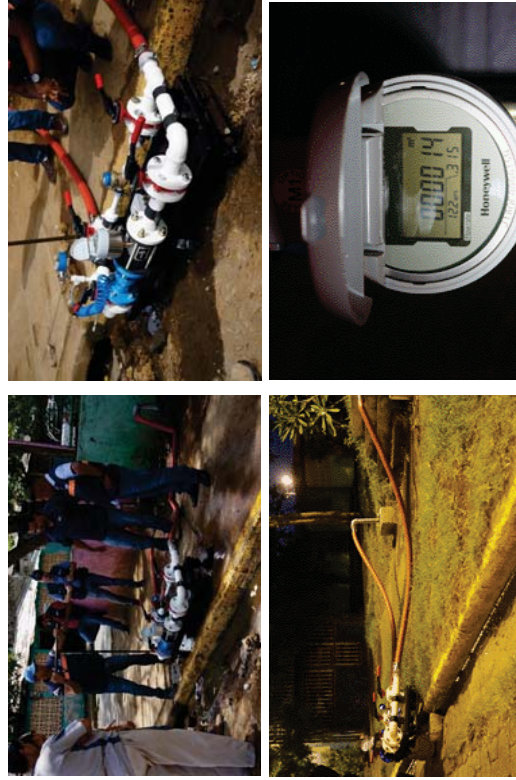


Figura 7.3 Dispositivo de medición fabricado por el equipo japonés



[Fotos] Medición Directa

Figura 7.2 Resultado de la medición directa por subsector

Subsector	Número de Conexión	Longitud de tubería de distribución (km)	Tubería de acomodo de tuberías de distribución (micoseg)	Longitud de tubería de acomodo (km)	Presión (m)	Caudal medido con las válvulas de micromedidores cerrada		Número de fugas reparadas	Pérdida Real Anual Inevitable (PRA)		Pérdida objeto a reducir	
						Antes de reparación de fugas (Sep/2018) (m³/h)	Después de reparación de fugas (Ene/2019 al Sep/2018) (m³/h)		Litro	m³/h		
1 Sub 1	226	1,522	3.0	0.678	25	7.00	4.30	15	5,620	0.23	24.90	7.37
2 Sub 2	195	1,925	3.0	0.585	25	5.80	0.50	21	5,145	0.21	26.40	5.99
3 Sub 3	52	0,445	3.0	0.156	25	0.60	0.40	1	1,337	0.06	25.71	0.55
4 Sub 4A	129	0,688	3.0	0.387	25	1.30	1.20	20	3,131	0.13	24.27	1.17
5 Sub 4B	58	0,396	3.0	0.174	25	0.06	0.06	9	1,444	0.06	24.88	0.00
6 Sub 4C	26	0,336	3.0	0.078	25	0.00	0.00	2	744	0.03	26.61	0.00
7 Sub 4D	37	0,360	3.0	0.111	25	0.34	0.06	11	971	0.04	26.24	0.30
8 Sub 5A	36	0,305	3.0	0.108	25	0.06	0.03	6	904	0.04	25.65	0.02
9 Sub 6A	113	0,607	3.0	0.334	25	0.30	0.30	8	2,835	0.12	25.08	0.18
10 Sub 6A	61	0,370	3.0	0.183	25	2.28	1.20	9	1,500	0.06	24.58	2.22
11 Sub 6B	25	0,200	3.0	0.075	25	0.03	0.03	2	636	0.03	25.44	0.00
12 Sub 7	32	0,300	3.0	0.096	25	0.30	0.30	17	835	0.03	26.09	0.27
Total	990	7,746		2,970		18,66	8,37	121	25,134	1.04		17,62

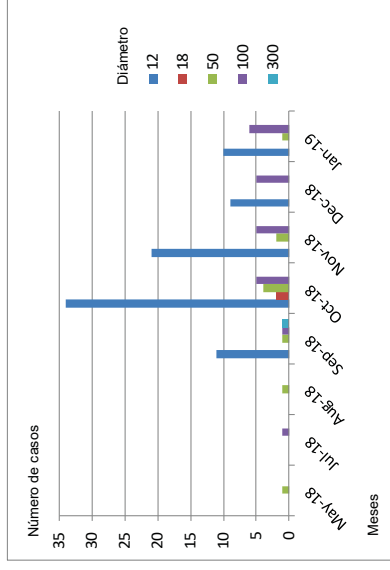


Figura 7.5 Número de fugas que fueron reparados

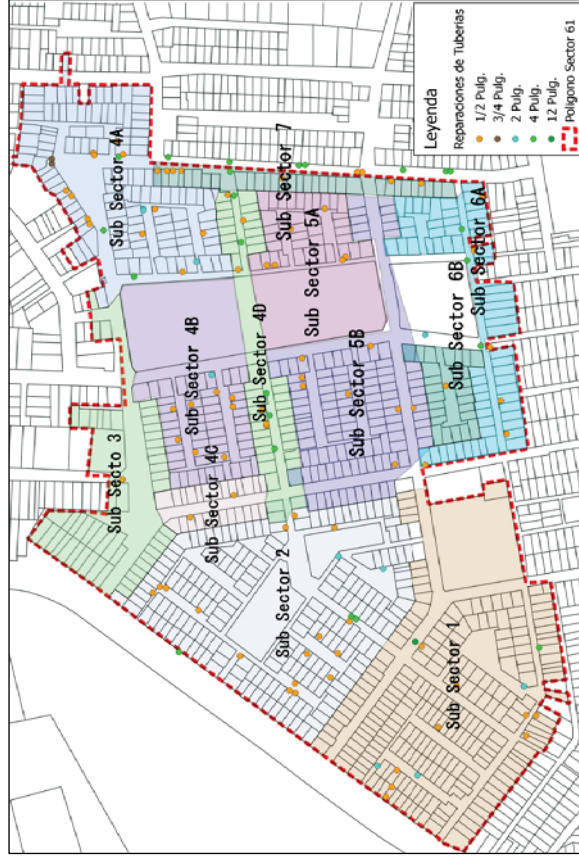


Figura 7.6 Ubicación de puntos de reparación de fugas

Figura 7.4 Subsectores de MS No.61 de la medición directa



Figura 7.4 Subsectores de MS No.61 de la medición directa

7.3 Análisis de efectos de las medidas contra pérdidas reales

7.3.1 Efectos por las medidas contra fugas

El volumen de fugas reducido por la detección y reparación de fugas se mide a través de la medición directa por subsectores. Al comparar este volumen con el volumen de cambios en el caudal mínimo nocturno en la entrada al área piloto, se puede verificar el efecto en toda el área piloto y su exactitud.

En la medición directa por subsectores, el volumen de entrada se mide con el micromedidor con el hidrante del usuario cerrado, permitiendo medir exactamente las fugas residuales y el volumen de robo. Se realizó este trabajo antes y después de la detección y reparación de fugas, y como resultado se comprobó una reducción de aproximadamente 10.29m³/h (2.9L/seg).

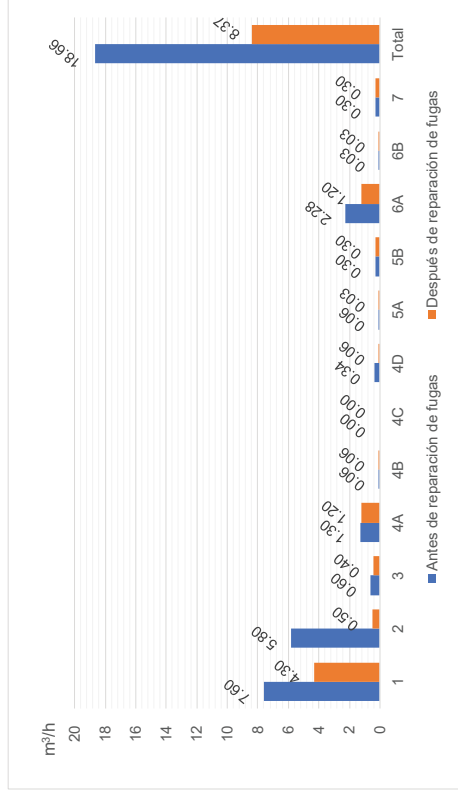


Figura 7.7 Caudal medido antes y después de reparación de fugas

Se comparó el volumen de reducción de fugas comprobado por la medición directa con el volumen de reducción del caudal mínimo nocturno (Q_{minf}) en la entrada del área piloto. Los resultados son los siguientes.

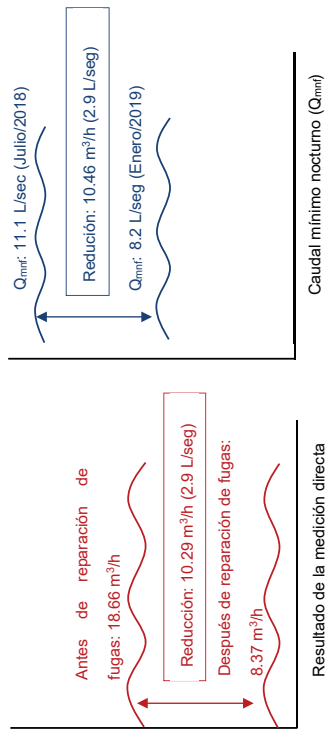


Figura 7.8 Comparación entre reducción de fugas y Q_{minf}

Como hemos observado, el valor del volumen de reducción de fugas registrado a través de la medición directa por subsectores es casi similar al volumen de reducción del caudal mínimo nocturno (Q_{minf}).

En la medición directa, se mide únicamente el tramo limitado cerrando las válvulas de micromedidores, por lo tanto, las condiciones de presión son distintas de las condiciones normales. Por esta razón, el volumen de fugas puede resultar mayor que en condiciones normales. Al determinar el volumen de reducción de fugas de todo el sector, creemos que es deseable utilizar el volumen reducido del caudal mínimo nocturno cuyas condiciones de presión son más cercanas a las condiciones normales.

7.3.2 Efectos por la regulación de presión de suministro de agua

Aun después de finalizar tentativamente el trabajo de medición directa y la reparación de fugas, se comprobó que existen un 8.37m³/h de fugas residuales. En este volumen de fugas residuales se incluye el consumo de conexiones ilegales que no se ha llegado a detectar.

Con el objetivo de reducir estas fugas residuales, se instaló una válvula reductora de presión en la entrada del área piloto para reducir el aumento de la presión nocturna y reducir el volumen de fugas.

La válvula reductora de presión se instaló el 24 de enero del 2019, luego hubo un período de funcionamiento inestable, pero el 15 de abril se reguló nuevamente la presión.

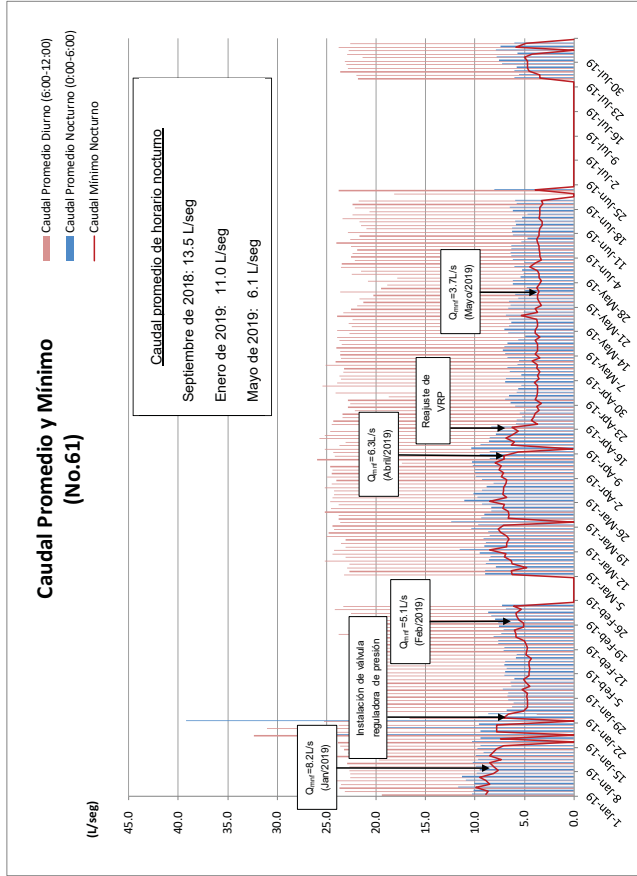


Figura 7.9 Variación del Q_{min} y tiempo de regulación de presión de agua

El volumen de distribución promedio en el horario de altas horas de la noche fue de 13.5L/seg en septiembre del 2018, sin embargo, en mayo del 2019 se redujo hasta 6.1L/seg y se mantiene estable hasta la fecha.

El caudal mínimo nocturno (Q_{min}) fue de 8.2 L/seg antes de instalar la válvula reductora de presión (enero del 2019), sin embargo, el valor promedio de mayo fue de 3.7L/seg, registrando una reducción de 4.5 L/seg. Estos resultados muestran que la reducción de fugas es mayor mediante la regulación de presión que la reparación de fugas.

A continuación, se muestran los cambios en el caudal promedio antes y después de la instalación de la válvula reductora de presión.

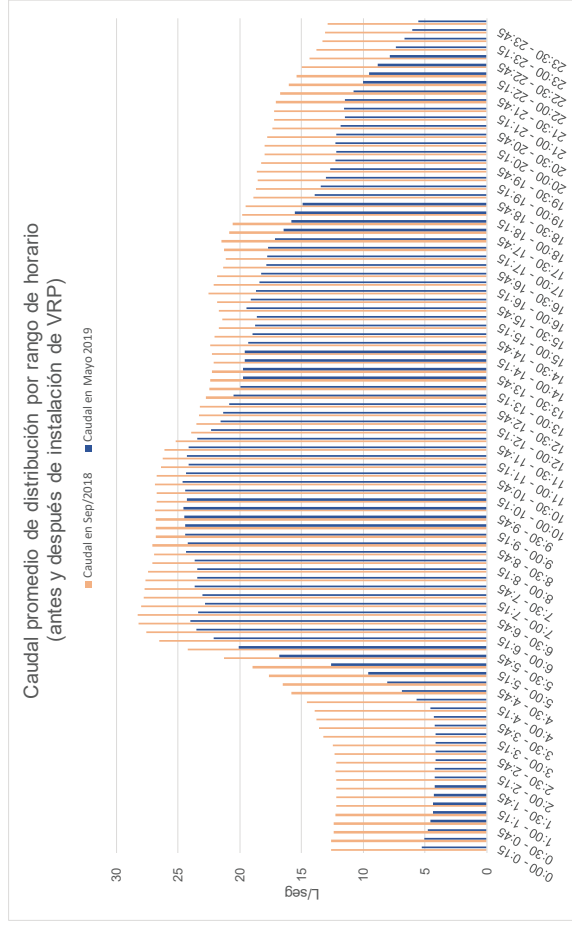


Figura 7.10 Comparación de caudal en promedio como efecto de VRP

7.3.3 Volumen reducido de las pérdidas de agua como valor promedio diario

A continuación, se resume la relación entre los cambios en el caudal mínimo nocturno y la reducción del volumen de pérdidas.

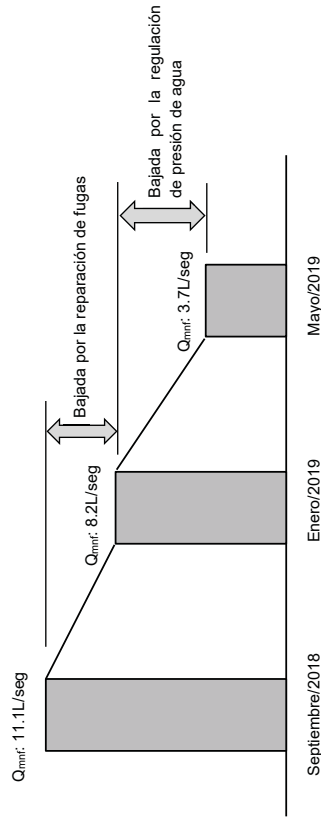


Figura 7.12 Tendencia de reducción del caudal mínimo nocturno

Como hemos observado, se ha registrado la reducción de unos 2.9L/seg mediante la reparación de fugas y 4.5L/seg mediante la regulación de presión. A partir de mayo del 2019, el Q_{min} se mantiene estable a unos 3.7L/seg.

En el trabajo de lectura de micromedidores en la medición directa, se estimaba el caudal mínimo nocturno como 3.2L/seg, sin embargo, esto varía según el período de medición ya que se incluyen factores estacionales y consumo temporal. No es práctico pensar que el consumo ocupa más del 80% del Q_{min} (3.7/seg) de mayo del 2019, por lo que ciertamente existen fugas residuales que no se han logrado reducir. Hipotéticamente, si el consumo nocturno es el 50% del valor anteriormente estimado, el porcentaje del volumen de pérdidas en el Q_{min} es el siguiente.

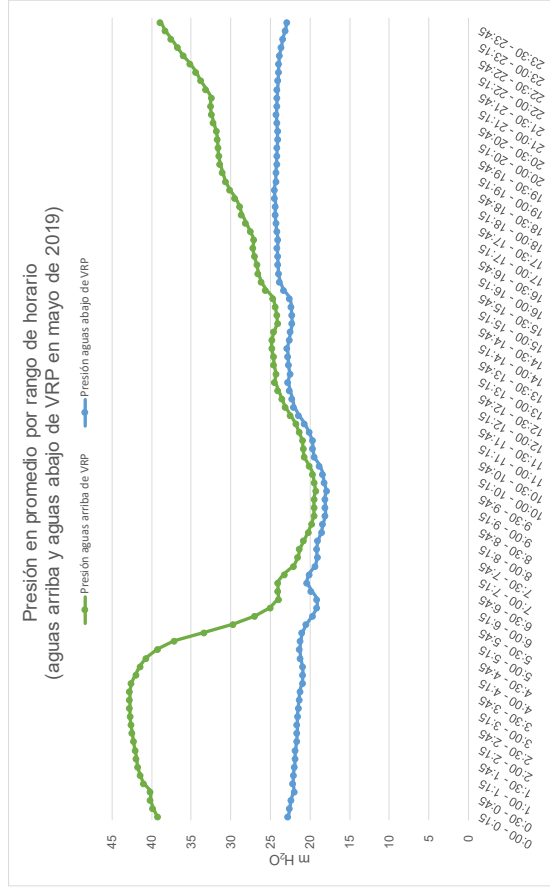


Figura 7.11 Presión abajü arriba y abajü de VRP

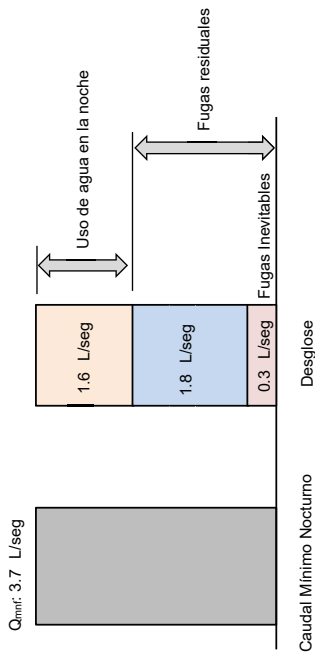


Figura 7.13 Ejemplo de desglose del Caudal Mínimo Nocturno (Q_{minif})

A continuación, se muestran los resultados de la conversión del volumen reducido de Q_{minif} producido de las actividades en el volumen de reducción de pérdidas como promedio diario.

(1) Reducción de pérdidas mediante la reparación de fugas

El volumen de reducción de pérdidas producto de la reducción del Q_{minif} fue medido durante el horario de altas horas de la noche y es el volumen cuando la presión es más alta. Es el valor anterior a la instalación de la válvula reductora de presión y las variaciones de presión de todo el día afectan el volumen de pérdidas, por lo tanto, para evaluar esto como valor promedio diario, es necesario convertirlo utilizando los datos de la tendencia de variaciones de presión.

La tendencia de variaciones de presión en septiembre del 2019 en el área piloto es la siguiente. El volumen de reducción mediante la reparación de fugas es de 2.9L/seg, equivalente a unos 2.3L/seg en valor promedio diario.

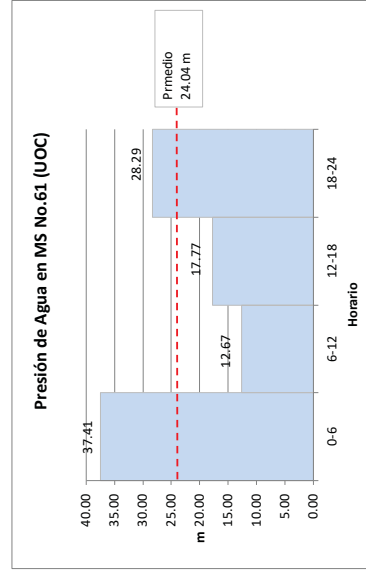


Figura 7.14 Variación de presión en MS No.61 (Promedio del Sep/2018)

Tabla 7.3 Transformación del volumen reducido de fugas en el valor promedio diario

Items	Horario				Promedio
	0:00-6:00	6:00-12:00	12:00-18:00	18:00-24:00	
Presión (m)	37.41	12.67	17.77	28.29	24.04
Proporción (P_i/P_s)	1.00	0.339	0.475	0.756	
$(P_i/P_s)^{0.5}$	1.00	0.582	0.689	0.869	
Caudal (L/seg)	2.90	1.69	2.00	2.52	2.28

(2) Reducción de pérdidas mediante la regulación de fugas

El volumen de reducción del Q_{minif} mediante la regulación de presión es de 4.5L/seg, y en este momento la presión de suministro es casi estable todo el día. Por consiguiente, no es necesario corregir las variaciones de presión y se puede manejar como volumen promedio diario de reducción de pérdidas.

Lo anterior permite estimar que el volumen total de reducción de fugas mediante la reparación de fugas y la regulación de presión es de 6.8L/seg (24.5 m³/h) aproximadamente.

7.3.4 Efectos por el reemplazo de tuberías de acometida

El trabajo de reemplazo de tuberías de acometida realizado en el área de Proyecto piloto No.2 tiene como objetivo principal los siguientes.

- Práctica de campo en el tema de capacitación para el Resultado 3 “Técnicas de instalación de tuberías de acometida y micromedidores”
- Comprobación del efecto como medidas contra ANF
- Aprendizaje del método Pipe Jacking (hinea de tubería) que minimiza el desmantelamiento de pavimentos
- Hallazgo de conexiones ilegales que no se puede detectar con las técnicas de detección convencionales

(1) Mejora de las técnicas de instalación de tuberías de acometida

A finales de agosto del 2019, ha superado 380 el número de reemplazos de tuberías de acometida y se elevó el nivel de aprendizaje de los fontaneros de ENACAL en las técnicas de aplicación. Por lo tanto, se realizó un estudio de entrevista a los fontaneros y supervisores que aprendieron las técnicas de aplicación (10 personas) sobre los siguientes 3 puntos.

La entrevista tiene como objetivo verificar si es posible utilizar en el lugar actual las técnicas de aplicación presentadas y recomendadas por el Proyecto. A continuación, se muestran los resultados de la entrevista.

Tabla 7.4. Asuntos verificados sobre las técnicas de aplicación de tuberías de acometida

Rubro de estudio	Punto de verificación
Facilidad de aplicación de tubería de polietileno de alta densidad	Convencionalmente, se utilizaba la tubería de PVC como material de tubería de acometida, sin embargo, en el Proyecto piloto se utilizó la tubería de polietileno de alta densidad. Se verifica la facilidad de aplicación y la superioridad del tubo de polietileno de alta densidad en comparación con el tubo de PVC.
Método de perforación de tubería de distribución e instalación de válvula de derivación	Convencionalmente, no tenían herramientas especiales y se perforaba la tubería de distribución calentando una varilla de hierro puntiaguda y golpeándola con el martillo. Asimismo, como no está instalada una válvula de derivación, cuando se perforaba se desbordaba el agua y tenían que trabajar en el agua. En la capacitación para el Resultado 3, se proporcionaron herramientas especiales de perforación y se instruyó el método de instalación de válvula de derivación para posibilitar trabajar en seco.
Método Pipe Jacking (hinea de tubería)	Se verifica la facilidad de aplicación y la superioridad del método adoptado en esta ocasión en comparación con el método adoptado convencionalmente. En el pasado, cuando se instalaban tuberías de acometida, si se requería cruzar la calle, se cerraba el tráfico y se excavaba todo el cruce. En este Proyecto, se donó una máquina excavadora para Pipe Jacking que permite minimizar el desmantelamiento de pavimentos. Se compara el método de aplicación brindado en esta ocasión con el método convencional y se verifica su efecto.

Tabla 7.5 Resultados del estudio de encuestas sobre la aplicación de tuberías de acometida

I. Facilidad de aplicación de tubería de polietileno de alta densidad (en comparación con la tubería de PVC)			
Facilidad de transporte	Fácil 100%	Igual 0%	Difícil 0%
Facilidad de aplicación	Fácil 100%	Igual 0%	Difícil 0%
Tiempo de aplicación	Corto 100%	Igual 0%	Largo 0%
Posibilidad de fugas	Pienso que es menor	Pienso que es igual	Pienso que es mayor
	100%	0%	0%
Si desea continuar usando este material	Si	No sé	No
	100%	0%	0%

- Se debe extender inmediatamente a toda Nicaragua.
- El manejo es muy fácil y se logró reducir el tiempo de trabajo.
- El tubo de polietileno es más fácil y puedo trabajar con mayor facilidad.
- Tiene flexibilidad y es fácil de trabajar.
- Pienso que el tubo de polietileno es muy excelente en resistencia.
- Aun cuando ocurren terremotos, es más resistente en comparación con la tubería de PVC y pienso que se redujo la posibilidad de fugas.

2. Método de perforación de tubería de distribución e instalación de válvula de derivación (cuando se compara el uso de herramientas especiales y la instalación de válvula de derivación con el método convencional)			
Trabajo en el agua (se desborda el agua durante el trabajo)	Nunca 70%	Se redujo 30%	Igual 0%
Facilidad de aplicación	Fácil 100%	Igual 0%	Difícil 0%
	Corto 90%	Igual 10%	Largo 0%
Posibilidad de fugas	Pienso que es menor 100%		Pienso que es mayor 0%
Si desea continuar este método de aplicación	Sí 100%	No sé 0%	No 0%
	■ La dificultad es que cuando se utilizan herramientas especiales es necesario excavar más áreas.		
■ Todos los trabajos se volvieron más eficientes.			
■ Pienso que con este método de aplicación la calidad de trabajo se mejoró.			
3. Pipe Jacking (comparación con el método convencional de excavación total)			
Tiempo de aplicación	Corto 100%	Igual 0%	Largo 0%
Facilidad de aplicación	Fácil 100%	Igual 0%	Difícil 0%
	Método de control de máquinas 80%	Normal 20%	Difícil 0%
Si desea continuar este método de aplicación	Sí 100%	No sé 0%	No 0%
	■ Es un método muy bueno porque se puede minimizar el área de destrucción de la calle.		
■ Se puede minimizar la destrucción de la calle.			
■ Se redujo el tiempo de trabajo, permitiendo realizar mayor cantidad de trabajo que antes.			
■ Pienso que es un método muy maravilloso por la reducción de tiempo de trabajo, la flexibilidad de trabajo, la reducción del costo de trabajo y la reducción de la posibilidad de fugas, entre otros.			
■ Se tarda tiempo cuando topamos con obstáculos como piedras o tuberías de alcantarillado.			

(2) Efecto como medidas contra ANF

A finales de julio del 2019, no se sabe si el reemplazo de tuberías de acometida ha contribuido directamente a la reducción del volumen de distribución y a la reducción de fugas.

No obstante, en los sectores donde existe un volumen de pérdidas que no se ha podido reducir únicamente mediante la reparación de fugas, se planea realizar en el futuro el reemplazo de tuberías de acometida, por lo tanto, estos resultados pueden ser verificados a través de la medición directa y la medición del caudal mínimo nocturno.

A la fecha de elaboración del presente Informe, el efecto del reemplazo de tuberías de acometida ha sido prolongar considerablemente el tiempo de regreso de la tasa de ANF reducida hasta la fecha a que regrese al nivel anterior al inicio de las actividades.

Las medidas contra ANF, al detenerse una vez que se logre bajar la tasa de ANF, el nivel de ANF gradualmente se regresa al mismo nivel inicial debido a la restauración de las fugas y la nueva aparición de las conexiones ilegales, entre otros factores.

En el área de Proyecto piloto No.1 (AZA No.2), casi no se ha realizado el reemplazo de tuberías de acometida y se estableció el período de duración de las medidas de ANF como unos 3 años y medio, sin embargo, esta vez, en caso del MS No.61, será posible prolongar considerablemente este período de duración.

7.4 Evaluación del volumen de fugas en el área piloto

7.4.1 Pérdidas reales anuales inevitables

Las Pérdidas Reales Anuales Inevitables (PRAI) significan un volumen imposible de reducir más con cualquier medida contra las fugas. Según la IWA (Asociación Internacional del Agua), las PRAI se definen con la siguiente fórmula. Dicen que este valor es aproximadamente 2-4% del volumen total de distribución en todas las entidades del agua, y también se entiende como volumen de fugas permitido.

$$PRAI \text{ (Litros/día)} = (18 \times Lm + 0.8 \times Nc + 25 \times Lc) \times P$$

Lm : Longitud total de tuberías de distribución (km)

Nc : Número de conexión de servicio

Lc : Longitud total de tubería de acometida (km)

$$= \text{Longitud promedio por conexión (km/conexión)} \times \text{Número de conexión}$$

P : Presión operativa promedio (m-H₂O)

El PRAI en el MS No.61 se calculó como 24.1 m³/día (1.04 m³/h) y los resultados del cálculo son los siguientes. Esto equivale al 1.7% aproximadamente del volumen de distribución de septiembre del 2018 que fue de 1,513 m³/día.

Tabla 7.6 Pérdidas reales anuales inevitables en MS No.61

Subsector	Número de Conexión	Longitud de tubería de distribución (km)	Tubería de acometida promedio (m/conex)	Longitud de tubería de acometida (km)	Presión (m)	Pérdida reales anuales inevitable (PRAI)	
						L/día	L/conex/día
1 Sub 1	226	1.523	3.0	0.678	25	5,629	0.23
2 Sub 2	195	1.962	3.0	0.585	25	5,148	0.21
3 Sub 3	52	0.445	3.0	0.156	25	1,337	0.06
4 Sub 4A	129	0.688	3.0	0.387	25	3,131	0.13
5 Sub 4B	58	0.390	3.0	0.174	25	1,444	0.06
6 Sub 4C	26	0.390	3.0	0.078	25	744	0.03
7 Sub 4D	37	0.360	3.0	0.111	25	971	0.04
8 Sub 5A	36	0.305	3.0	0.108	25	924	0.04
9 Sub 6B	113	0.807	3.0	0.339	25	2,835	0.12
10 Sub 6A	61	0.370	3.0	0.183	25	1,500	0.06
11 Sub 6B	25	0.200	3.0	0.075	25	636	0.03
12 Sub 7	32	0.300	3.0	0.096	25	835	0.03
Total	990	7.740		2.970		25,134	1.04

7.4.2 Índice de Fuga Infraestructural

Entre los indicadores de fugas, uno de los recomendados por la IWA es el IFI (Índice de Fugas de Infraestructura).

Esto se expresa en relación de fugas residuales entre las PRAA (Pérdidas Reales Anuales Actuales) y las PRAI (Pérdidas Reales Anuales Inevitables) y se utiliza para determinar el mantenimiento sano de la red de tuberías de distribución.

$$IFI = PRAA / PRAI$$

Este indicador está dirigido a las áreas de distribución relativamente grandes y se aplica cuando se satisfacen las siguientes condiciones.

Número de conexiones : Más de 3,000. No hay restricción de densidad.

Presión de suministro promedio : Más de 25m-H₂O.

Si la red de tuberías de distribución no tiene ningún problema, resultaría en IFI=1.0, aunque esto es un indicador óptimo netamente técnico. Además, es un valor prácticamente imposible ignorando la relación costo-efectividad, por lo que no es necesario pretender lograr este nivel.

No se puede aplicar el IFI para la comparación con otros sectores porque las conexiones en el área piloto son muy pocas, de todas maneras, a continuación se muestran los resultados de los valores calculados como referencia.

Tabla 7.7 Índice de Fugas Infraestructurales en MS No.61

Ítems	Antas de reparación de fugas	Después de reparación de fugas	Después de regulación de presión y reemplazo de tuberías de acometida
PRAA (m ³ /h)	18.66	8.37	
PRAI (m ³ /h)	1.04	1.04	
IFI	17.73	8.05	

7.4.3 Fugas residuales

Cuando existe un cierto volumen de pérdidas en el sector, el nivel de gravedad varía enormemente dependiendo del tamaño y el número de conexiones. Para comparar estos, se utiliza el indicador "L/conexión/día" obtenido dividiendo las fugas residuales del sector entre el número de conexiones domiciliarias o el indicador "L/km/min" obtenido dividiendo las fugas residuales entre la longitud de tubería de distribución.

Tabla 7.8 Variación de volumen de fugas residuales

Subsector	Número de conexión	Longitud total de tubería de distribución (km)	Longitud total de tubería de acometida (km)	Antes de reparación de fugas (Sep2018)		Después de reparación de fugas (del Diciembre2018 al Enero2019)		Después de regulación de presión y reemplazo de tubería de acometida	
				m ³ /h	L/conex/día	m ³ /h	L/km/min	m ³ /h	L/km/min
1	226	1.923	0.678	7.60	807.1	4.30	456.6	47.1	
2	195	1.982	0.595	5.80	713.8	0.50	61.5	4.2	
3	52	0.445	0.156	0.60	276.8	0.40	184.8	15	
4A	129	0.888	0.387	1.30	241.9	1.20	223.3	29.1	
4B	58	0.39	0.174	0.06	23.1	0.06	23.1	2.4	
4C	26	0.39	0.078	0	0	0.00	0	0	
4D	37	0.36	0.111	0.34	217.9	15.6	36.2	2.6	
5A	36	0.30467	0.108	0.06	37.2	3.1	18.4	1.5	
5B	113	0.80727	0.339	0.30	63.7	6.2	63.7	6.2	
6A	61	0.37	0.183	2.28	897	102.7	472.1	54.1	
6B	25	0.2	0.075	0.03	26.5	2.3	0.03	26.5	2.3
7	32	0.3	0.096	0.30	225	16.7	225.9	16.7	
Promedio				284.2	28.0		148.3	15.1	

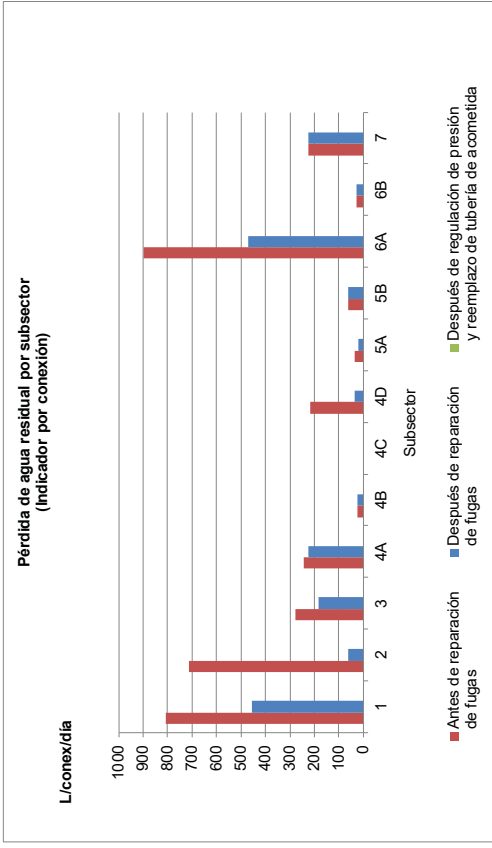


Figura 7.15 Volumen de fugas residuales (por conexión)

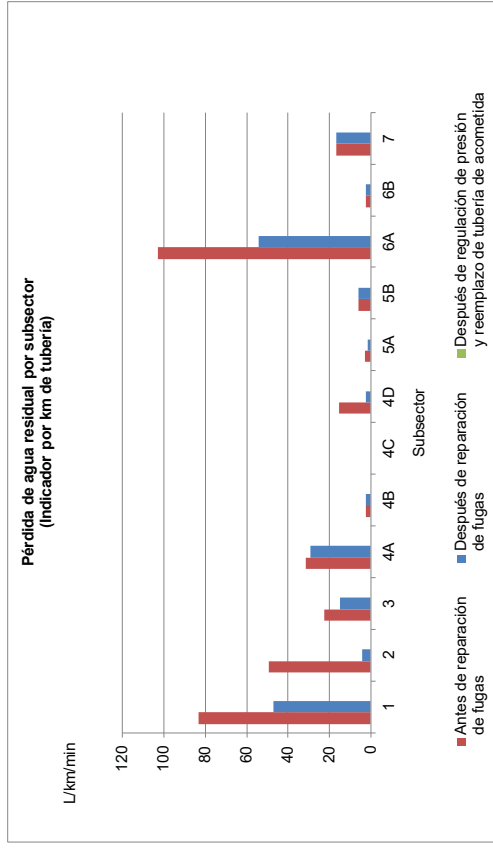


Figura 7.16 Volumen de fugas residuales (por km de tubería)

Tabla 7.9 Meta de las pérdidas físicas

Categoría de desempeño técnico	IFI	Meta de las pérdidas físicas (Litros/conexión/día) según rango de presión promedio de:				
		10m	20m	30m	40m	50m
Países desarrollados	De 1 a 2	< 50	< 75	< 100	< 125	< 125
	De 2 a 4	50 – 100	75 – 150	100 – 200	125 – 250	125 – 250
	De 4 a 8	100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500	250 – 500
Países en desarrollo	Mayor a 8	> 200	> 300	> 400	> 500	> 500
	De 1 a 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	De 4 a 8	50 – 100	100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	De 8 a 16	100 – 200	200 – 400	300 – 600	400 – 800	500 – 1000
	Mayor a 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Fuente: Roland Liemberger, Conferencia sobre las Fugas, IWA, 2005

El indicador de toda el área piloto (L/conex./día) muestra que al inicio del Proyecto fue de 294L/conex./día y se redujo hasta 149L/conex./día después de una serie de reparaciones de fugas. No obstante, aún existen subsectores donde se registran valores superiores a 400L/conex./día, por lo que es evidente que al concentrar las medidas en estos subsectores, se puede lograr un efecto aún más grande.

Capítulo 8 Medidas contra las pérdidas aparentes y sus efectos

8.1 Lista de medidas contra las pérdidas aparentes

Los rubros y contenidos de las medidas contra las pérdidas aparentes (medidas contra la reducción de las pérdidas comerciales) son los siguientes.

Tabla 8.1 Resumen de las medidas contra las pérdidas aparentes

No.	Medidas contra la reducción de las pérdidas aparentes	Contenido de la implementación
1	Corrección y actualización del catastro de usuarios	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se eliminó de la lista de MS No.61 a 14 usuarios descubiertos como receptores de agua desde fuera del sector. ▪ Se reflejaron en el catastro las atenciones brindadas a los usuarios de conexiones ilegales y los resultados. ▪ Se reflejó en el catastro la información más reciente del reemplazo de micromedidores y tuberías de conexiones domiciliarias.
2	Corrección de las tuberías de conexiones domiciliarias erróneamente conectadas con sectores colindantes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En el presente Proyecto piloto, con respecto a los usuarios que reciben agua desde fuera del sector, se optó por eliminar de la lista de usuarios objeto del Proyecto piloto en vez de cambiar la conexión.
3	Mejora del método de instalación de cajas para medidor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se trasladaron 35 micromedidores que se encontraban dentro de la vivienda hacia fuera de la vivienda para mayor conveniencia del trabajo de lectura.
4	Reemplazo de micromedidores y mejora de la tasa de lectura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En el presente Proyecto piloto, se ha realizado un total de 613 reemplazos a finales de julio para 308 micromedidores y 305 tuberías de conexiones domiciliarias incluyendo los micromedidores.
5	Corrección de datos de facturación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estos trabajos de reemplazo están reflejados en el catastro de usuarios, y en cualquier momento van cambiando al régimen de Tarifa Ajustada durante el período de traslado, posteriormente al régimen de Facturación Efectiva por lectura.
6	Mejora adecuada de los micromedidores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los micromedidores utilizados para el reemplazo fueron

No.	Medidas contra la reducción de las pérdidas aparentes	Contenido de la implementación
7	Detección/remoción/legalización de las conexiones ilegales	<p>adquiridos por JICA y son adecuados con suficiente precisión.</p> <p>En el estudio inicial de visitas a los usuarios, no se detectaron usuarios con sospecha de conexiones ilegales. Sin embargo, a través del estudio y la reparación de fugas del Departamento de ANF se detectó un caso de conexiones ilegales, posteriormente, tras el trabajo de reemplazo de conexiones domiciliarias de la Oficina Técnica Comercial se detectaron 4 casos de conexiones ilegales. Asimismo, se detectaron 11 usuarios con morosidad prolongada sin medidores instalados. En caso de los usuarios ilegales, se legalizó su situación.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se evidenció que en el MS No.61 hay pocas conexiones ilegales pero numerosos usuarios con cuantiosas moras (107 casos con más de C\$3,000 en mora y 81 casos con más de C\$10,000).
8	Comprobación de la precisión de los micromedidores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De 301 micromedidores recuperados por el reemplazo realizado de marzo a abril, se extrajeron micromedidores con aparente funcionamiento normal y se realizó la prueba de errores instrumentales en el banco de pruebas (<i>Test Bench</i>) del Taller de medidor.

8.1.1 Corrección y actualización del catastro de usuarios

- Como resultado del estudio de fugas, etc. realizado por el Departamento de ANF, se comprobó que existen usuarios que reciben agua desde fuera del sector, a pesar de que se encuentran dentro del área inicialmente prevista del MS No.61. Estos 14 usuarios fueron eliminados de la lista de usuarios del MS No.61.
- Se registraron en el catastro las atenciones brindadas a los usuarios de conexiones ilegales (y de morosidad prolongada) y los resultados.
- Se registró en el catastro la información sobre el “reemplazo de micromedidores y tuberías de conexiones domiciliarias” implementado por el presente Proyecto piloto como medidas de reducción contra las pérdidas comerciales.

8.1.2 Corrección de las tuberías de conexiones domiciliarias erróneamente conectadas con sectores colindantes

En el presente Proyecto piloto, con respecto a los usuarios que reciben agua desde fuera del sector, se optó por eliminar de la lista de usuarios objeto del Proyecto piloto en vez de cambiar la conexión. Las líneas rojas intermitentes del siguiente mapa muestran la ubicación de los usuarios eliminados de la lista de usuarios del Proyecto piloto por recibir el agua de otros sectores colindantes, etc.

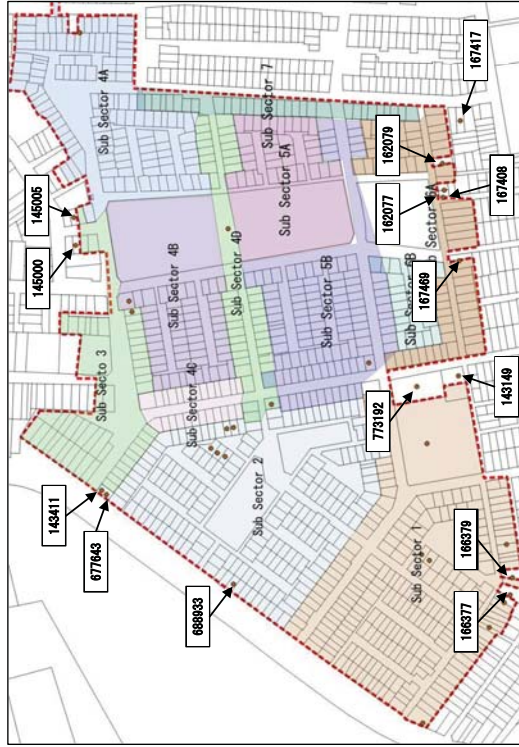


Figura 8.1 Ubicación de 32 usuarios eliminados del MS No.61

Cabe señalar que si se modificara el volumen facturado de la línea de base según la eliminación mencionada anteriormente, los frecuentes cambios de tasa de ANF de la línea de base que se producen cada vez que se detecte el suministro de agua desde fuera del sector causarían confusiones. Por otro lado, también existen nuevos usuarios agregados al MS No.61 después del período de definición de la línea de base. Por estas razones, se decidió a no cambiar la tasa de ANF de la línea de base, y en su lugar se incluirá el volumen facturado de los nuevos usuarios al volumen facturado del Proyecto piloto para lograr un mejor equilibrio.

8.1.3 Mejora del método de instalación de cajas para medidor

Se trasladaron 35 micromedidores que se encontraban dentro de la vivienda hacia fuera de la vivienda para mayor conveniencia del trabajo de lectura.



La fotografía de la derecha muestra un ejemplo del traslado actual de la caja para medidor implementado por el Proyecto piloto en el MS No.61. La siguiente Tabla es una lista de usuarios a quienes mejoraron la ubicación de cajas en el Proyecto piloto 2.

Tabla 8.2 Lista de usuarios a quienes cambiaron la ubicación de cajas para medidor

No.	Nro. Cuenta	Subsector	Fecha	No.	Nro. Cuenta	Subsector	Fecha
1	143107	3	10/Sep/2018	21	143268	4A	09/Oct/2018
2	143108	3	10/Sep/2018	22	143187	4D	09/Oct/2018
3	143289	2	21/Sep/2018	23	143056	4B	11/Oct/2018
4	143402	2	21/Sep/2018	24	143059	4B	11/Oct/2018
5	143467	2	21/Sep/2018	25	143098	4B	11/Oct/2018
6	143467	2	21/Sep/2018	26	143217	5A	14/Nov/2018
7	143473	2	21/Sep/2018	27	142963	5B	15/Nov/2018
8	143478	2	21/Sep/2018	28	142989	5B	15/Nov/2018
9	143496	2	21/Sep/2018	29	143015	5B	15/Nov/2018
10	143499	2	21/Sep/2018	30	143248	6A	14/Dic/2018
11	143500	2	21/Sep/2018	31	167403	6A	14/Dic/2018
12	143504	2	21/Sep/2018	32	142917	6B	14/Dic/2018
13	143507	2	21/Sep/2018	33	142918	6B	14/Dic/2018
14	143551	2	21/Sep/2018	34	142926	6B	14/Dic/2018
15	143572	2	21/Sep/2018	35	142930	6B	14/Dic/2018
16	143601	2	21/Sep/2018				
17	143602	2	21/Sep/2018				
18	143604	2	21/Sep/2018				
19	143329	4A	08/Oct/2018				
20	143335	4A	08/Oct/2018				

8.1.4 Reemplazo de micromedidores y mejora de la tasa de lectura/ Mejora adecuada de los micromedidores/ Corrección de datos de facturación

En el presente Proyecto piloto, se ha realizado un total de 613 reemplazos a finales de julio para 308 micromedidores y 305 tuberías de conexiones domiciliarias incluyendo los micromedidores. Aunque este trabajo sigue en pic después de julio, para el cálculo de relación costo-efectividad, se utilizan los valores obtenidos hasta finales de julio.

Los siguientes son los que trabajaron para el reemplazo. Se muestran los nombres de la Jefa de Oficina Técnica Comercial y los integrantes de la Unidad de Corte y Reconexión.

Tabla 8.3 Trabajadores del reemplazo de micromedidores y tuberías de conexiones domiciliarias en el MS No.61

No.	Nombre	Cargo
1	Verónica Rivera Mondragón	Jefa de Oficina Técnica Comercial
2	Wilmer López	Conductor
3	Juan Zacarías	Fontanero
4	Lanny Vallejos	Asistente de fontanero
5	Juan Carlos Palacios	Asistente de fontanero
6	Jorge Romero	Fontanero
7	Henry Morales	Fontanero
8	Michell López	Inspector
9	Eduardo Santamaría	Analista comercial

Con respecto al reemplazo sólo de micromedidores, se ejecutaron 308 casos en un mes en marzo del 2019. Con respecto al reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias, se requirió mucho tiempo por ser obras desde el punto de derivación de la tubería de distribución hasta los micromedidores y se tardaron unos 3 meses desde mayo hasta finales de julio del 2019 para 305 obras (véase la siguiente Tabla).

Cabe resaltar que para finalizar el trabajo de reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias se requiere mayor tiempo. Por consiguiente, el equipo de expertos y ENACAL acordaron en que el cálculo de relación costo-efectividad del presente Proyecto piloto se basaría en los datos obtenidos de las obras finalizadas hasta finales de julio.

Tabla 8.4 Procesos de trabajo de reemplazo de micromedidores en el MS No.61

	Marzo/19	Abril/19	Mayo/19	Junio/19	Julio/19	Agosto/19
1 Obras de reemplazo de micromedidores	■					
2 Obras de reemplazo de micromedidores/ tuberías de conexiones domiciliarias			■	■	■	■

■ : Período actual de obras

■ : Período de obras no incluido en el cálculo de relación costo-efectividad

Estos trabajos de reemplazo mencionados anteriormente están reflejados en el catastro de usuarios, y en cualquier momento van cambiando al régimen de Tarifa Ajustada durante el período de traslado, posteriormente al régimen de Facturación Efectiva por lectura. Los micromedidores mencionados anteriormente fueron adquiridos por JICA y son adecuados con suficiente precisión.

Tabla 8.5 Lista de usuarios objeto de reemplazo de micromedidores en el MS No.61

No	Fecha	Nro. Cuenta	Subsector	No	Fecha	Nro. Cuenta	Subsector
1	06/Mar/19	143112	4C	51	08/Mar/19	143089	4B
2	06/Mar/19	143113	4C	52	08/Mar/19	143092	4B
3	06/Mar/19	143114	4C	53	08/Mar/19	143093	4B
4	06/Mar/19	143115	4C	54	08/Mar/19	143094	4B
5	06/Mar/19	143116	4C	55	08/Mar/19	143096	4B
6	06/Mar/19	143117	4C	56	08/Mar/19	143097	4B
7	06/Mar/19	143118	4C	57	08/Mar/19	143098	4B
8	06/Mar/19	143119	4C	58	08/Mar/19	143099	4B
9	06/Mar/19	143121	4C	59	11/Mar/19	143020	4D
10	06/Mar/19	143122	4C	60	11/Mar/19	143021	4D
11	06/Mar/19	143123	4C	61	11/Mar/19	143022	4D
12	06/Mar/19	143124	4C	62	11/Mar/19	143023	4D
13	06/Mar/19	143422	4C	63	11/Mar/19	143032	4D
14	06/Mar/19	143424	4C	64	11/Mar/19	143034	4D
15	06/Mar/19	143426	4C	65	11/Mar/19	143035	4D
16	06/Mar/19	143429	4C	66	11/Mar/19	143039	4D
17	06/Mar/19	143431	4C	67	11/Mar/19	143040	4D
18	06/Mar/19	143433	4C	68	11/Mar/19	143042	4D
19	07/Mar/19	143043	4B	69	11/Mar/19	143100	4B
20	07/Mar/19	143044	4B	70	11/Mar/19	143434	4D
21	07/Mar/19	143045	4B	71	11/Mar/19	143435	4D
22	07/Mar/19	143048	4B	72	11/Mar/19	143125	4D
23	07/Mar/19	143049	4B	73	12/Mar/19	143023	4D
24	07/Mar/19	143050	4B	74	12/Mar/19	143026	4D
25	07/Mar/19	143051	4B	75	12/Mar/19	143027	4D
26	07/Mar/19	143052	4B	76	12/Mar/19	143028	4D
27	07/Mar/19	143055	4B	77	12/Mar/19	143029	4D
28	07/Mar/19	143056	4B	78	12/Mar/19	143030	4D
29	07/Mar/19	143057	4B	79	12/Mar/19	143031	4D
30	07/Mar/19	143058	4B	80	12/Mar/19	143126	4D
31	07/Mar/19	143059	4B	81	12/Mar/19	143186	4D
32	07/Mar/19	143060	4B	82	12/Mar/19	143187	4D
33	07/Mar/19	143061	4B	83	12/Mar/19	143188	4D
34	07/Mar/19	143063	4B	84	12/Mar/19	143189	4D
35	07/Mar/19	143067	4B	85	12/Mar/19	143191	4D
36	07/Mar/19	143069	4B	86	12/Mar/19	143266	4A
37	07/Mar/19	143070	4B	87	12/Mar/19	143299	4D
38	07/Mar/19	143074	4B	88	12/Mar/19	143300	4D
39	08/Mar/19	143075	4B	89	12/Mar/19	143302	4D
40	08/Mar/19	143076	4B	90	12/Mar/19	143303	4D
41	08/Mar/19	143077	4B	91	12/Mar/19	143304	4D
42	08/Mar/19	143078	4B	92	12/Mar/19	143305	4D
43	08/Mar/19	143080	4B	93	13/Mar/19	143064	4B
44	08/Mar/19	143081	4B	94	13/Mar/19	143065	4B
45	08/Mar/19	143082	4B	95	13/Mar/19	143066	4B
46	08/Mar/19	143083	4B	96	13/Mar/19	143257	4A
47	08/Mar/19	143084	4B	97	13/Mar/19	143258	4A
48	08/Mar/19	143085	4B	98	13/Mar/19	143259	4A
49	08/Mar/19	143087	4B	99	13/Mar/19	143261	4A
50	08/Mar/19	143088	4B	100	13/Mar/19	143267	4A

No	Fecha	Nro. Cuenta	Subsector	No	Fecha	Nro. Cuenta	Subsector
151	18/Mar/19	143343	4A	201	21/Mar/19	143164	7
152	18/Mar/19	143344	4A	202	21/Mar/19	143165	7
153	18/Mar/19	143345	4A	203	21/Mar/19	143167	7
154	18/Mar/19	143347	4A	204	21/Mar/19	143170	7
155	18/Mar/19	143348	4A	205	21/Mar/19	143173	7
156	18/Mar/19	143349	4A	206	21/Mar/19	143174	7
157	18/Mar/19	143352	4A	207	21/Mar/19	143175	7
158	18/Mar/19	143353	4A	208	21/Mar/19	143176	7
159	18/Mar/19	143355	4A	209	21/Mar/19	143177	7
160	18/Mar/19	143356	4A	210	21/Mar/19	143178	7
161	18/Mar/19	143357	4A	211	21/Mar/19	143179	7
162	18/Mar/19	143358	4A	212	21/Mar/19	143180	7
163	18/Mar/19	143359	4A	213	21/Mar/19	143182	7
164	18/Mar/19	143360	4A	214	21/Mar/19	143183	7
165	18/Mar/19	143361	4A	215	21/Mar/19	143184	7
166	18/Mar/19	143362	4A	216	21/Mar/19	143185	7
167	18/Mar/19	143363	4A	217	21/Mar/19	143307	7
168	18/Mar/19	143364	4A	218	21/Mar/19	143308	7
169	18/Mar/19	143365	4A	219	22/Mar/19	143295	4A
170	18/Mar/19	143367	4A	220	22/Mar/19	143169	7
171	19/Mar/19	143277	4A	221	22/Mar/19	143171	7
172	19/Mar/19	143368	4A	222	22/Mar/19	143309	7
173	19/Mar/19	143369	4A	223	22/Mar/19	143310	7
174	19/Mar/19	143370	4A	224	22/Mar/19	143311	7
175	19/Mar/19	143373	4A	225	22/Mar/19	143312	7
176	19/Mar/19	143374	4A	226	22/Mar/19	757062	7
177	19/Mar/19	143375	4A	227	22/Mar/19	143037	4D
178	19/Mar/19	143377	4A	228	22/Mar/19	143295	4A
179	19/Mar/19	143378	4A	229	22/Mar/19	143388	4A
180	19/Mar/19	143379	4A	230	25/Mar/19	143140	6A
181	19/Mar/19	143380	4A	231	25/Mar/19	143141	6A
182	19/Mar/19	143381	4A	232	25/Mar/19	143142	6A
183	19/Mar/19	143382	4A	233	25/Mar/19	143144	6A
184	19/Mar/19	143386	4A	234	25/Mar/19	143145	6A
185	19/Mar/19	143387	4A	235	25/Mar/19	143146	6A
186	19/Mar/19	146842	4A	236	25/Mar/19	143147	6A
187	19/Mar/19	146843	4A	237	25/Mar/19	143148	6A
188	19/Mar/19	146850	4A	238	25/Mar/19	143150	6A
189	19/Mar/19	146852	4A	239	25/Mar/19	143151	6A
190	19/Mar/19	696143	4A	240	25/Mar/19	143152	6A
191	20/Mar/19	143054	4B	241	25/Mar/19	143153	6A
192	20/Mar/19	143068	4B	242	25/Mar/19	143154	6A
193	20/Mar/19	143256	4A	243	25/Mar/19	143155	6A
194	20/Mar/19	143263	4A	244	25/Mar/19	143156	6A
195	20/Mar/19	143333	4A	245	25/Mar/19	143157	6A
196	20/Mar/19	145189	4A	246	25/Mar/19	143158	6A
197	20/Mar/19	149033	4A	247	25/Mar/19	143159	6A
198	20/Mar/19	740130	4A	248	25/Mar/19	143160	6A
199	21/Mar/19	143162	7	249	25/Mar/19	143161	6A
200	21/Mar/19	143163	7	250	26/Mar/19	143239	6A

No	Fecha	Nro. Cuenta	Subsector	No	Fecha	Nro. Cuenta	Sub-sector	No	Fecha	Nro. Cuenta	Subsector
301	28/Mar/19	142932	6B								
302	28/Mar/19	142934	6B								
303	28/Mar/19	142937	6B								
304	28/Mar/19	142938	6B								
305	28/Mar/19	142939	6B								
306	28/Mar/19	142940	6B								
307	29/Mar/19	142928	6B								
308	29/Mar/19	142935	6B								

En las obras de reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias, la excavación de tierra desde la tubería de distribución hasta los micromedidores se realizó utilizando el equipo de perforación sin zanja (TOPO) para conexiones domiciliarias para evitar el bloqueo del tránsito por la excavación total de la superficie de la calle.

Sin embargo, también en estas obras tuvieron que destruir una parte del pavimento, por lo que al final de las obras se recarpeteó el pavimento utilizando concreto y asfalto. Para recarpetear el pavimento, se requirió un presupuesto algo grande, pero el presente Proyecto piloto 2 no contaba con el presupuesto de ENACAL. Al final, tuvieron que realizar estas obras de reparación utilizando los fondos de JICA. En el futuro, cuando se realice este tipo de trabajo, es necesario que ENACAL garantice un presupuesto para recarpetear el pavimento también.

	
<p>Equipo de TOPO y compresor</p>	<p>Excavación con equipo de Pipe Jacking</p>
<p>Nueva tubería de conexión domiciliar y nuevo micromedidor</p>	<p>Imagen de recarpeteo de pavimento destruido</p>

8.1.5 Detección/remoción/legalización de las conexiones ilegales

A diferencia del Proyecto piloto No.1 (AZA No.3), En el estudio inicial de visitas a los usuarios, no se detectaron usuarios con sospecha de conexiones ilegales. Sin embargo, a través del estudio y la reparación de fugas del Departamento de ANF se detectó un caso de conexiones ilegales, posteriormente, tras el trabajo de reemplazo de conexiones domiciliarias de la Oficina Técnica Comercial se detectaron 4 casos de conexiones ilegales.



Conexión ilegal detectada en el MIS No.61

Aparte de estos 5 casos, se detectaron 11 casos de usuarios con sospecha de conexiones ilegales “con morosidad prolongada sin medidores instalados”.

Los siguientes son los resultados de comprobación de la información de usuarios registrados en Aquavism a través de la Oficina de Cobranza. Como se muestra en esta Tabla, si el usuario es ilegal, se legalizó la situación y se procedió a instalar el medidor.

Por otro lado, se comprobó que a los morosos también siempre se toman las medidas como el corte de suministro de agua. De 16 morosos, hay 7 casos de compromiso de pago, 10 casos de pago efectuado (hay redundancia), 4 casos sin resolver y un caso sin descripción de bypass en Aquavism.

A pesar de las medidas, hay 4 usuarios que no lograron resolver el problema de la morosidad, pero los demás 11 lograron la reconexión (legalización) mediante el compromiso de pago o pago parcial. Cabe resaltar que hay un caso donde desconectaron la tubería de conexión domiciliar en el lado de la vivienda después de la reconexión (se desconoce la razón).

No	Fecha	Nro. Cuenta	Subsector	No	Fecha	Nro. Cuenta	Sub-sector	No	Fecha	Nro. Cuenta	Subsector
301	30/Jun/19	143582	2								
302	31/Jun/19	142984	5B								
303	31/Jun/19	142985	5B								
304	31/Jun/19	142986	5B								
305	31/Jun/19	142987	5B								

Tabla 8.7 Atenciones brindadas a los usuarios de conexiones ilegales y en mora

No.	Fecha de obra	Nro. Cuenta	Estado en el momento de la obra	Descripción en Aquavism	Monto del pago comprometido (C\$)	Monto del pago realizado (C\$)	Resultado
1	2019/5/20	143225	Bypass de medidor (moroso de periodo prolongado)	Mora de C\$119,000 a la fecha del 20 de mayo del 2019. Pagó C\$3,731 el 21 de mayo del 2019. Se comprometió a pagar C\$498.31 en 24 cuotas.	11,959.44	3,731.00	Instalación del medidor mediante el compromiso de pago y pago parcial → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.
2	2019/6/7	145167	Bypass de medidor	Únicamente 2 o 3 moras. El 19 de agosto se comprometió a pagar la mora en 4 cuotas. Pagó C\$496 el 4 de octubre.	-	-	Instalación del medidor mediante el compromiso de pago y pago parcial → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.
3	2019/6/7	145169	Bypass de medidor (moroso de periodo prolongado)	Se produjo la multa el 7 de junio del 2019, incluyendo el cargo por ANF de C\$1,651. También tenía una mora de C\$4,433. Compromiso de pago el 10 de junio. Un total de C\$2,897.6 por C\$562 x 5 cuotas más intereses por mora de C\$84.4, etc.	2,897.60	-	Instalación del medidor mediante el compromiso de pago → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.
4	2019/6/25	143440	Conexión directa de la tubería principal	Cargo por ANF correspondiente a 360m ³ . C\$12,597.78. En total, C\$14,323.78. 48 cuotas. Pagó C\$688.61 el 25	14,323.78	688.61	Instalación del medidor mediante el pago parcial → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.

No.	Fecha de obra	Nro. Cuenta	Estado en el momento de la obra	Descripción en Aquavism	Monto del pago comprometido (C\$)	Monto del pago realizado (C\$)	Resultado
5	2019/7/10	143523	Conexión directa (moroso de periodo prolongado)	Se cortó el servicio 47 veces por 140 moras. Conexión directa. Intentaron instalar el medidor el 12 de julio, pero fue rechazado.	-	-	Sin resolver → Tiene medidor antiguo a la fecha del 8 de octubre.
6	2019/7/11	143546	Conexión directa (moroso de periodo prolongado)	El 11 de julio se comprometió a pagar la mora de C\$15,354.48 en 51 cuotas. Se cortó el servicio 30 veces.	15,354.48	-	Instalación del medidor mediante el compromiso de pago → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.
7	2019/7/11	143547	Conexión directa (moroso de periodo prolongado)	Tiene 120 moras correspondientes a C\$50,564.32. El 15 de julio del 2019 pagó C\$1,000. El 16 de julio se reemplazó el medidor. En el pasado, se ha cotado el servicio 27 veces.	-	1,000.00	Instalación del medidor mediante el pago parcial → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.
8	2019/7/12	143454	Conexión directa (moroso de periodo prolongado)	Todavía está pagando la mora en 121 cuotas. El 12 de julio pagó C\$432.51 correspondientes a 3 moras, por lo que el 15 de julio se reemplazó el medidor.	-	432.51	Instalación del medidor mediante el pago parcial → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre, pero desconectaron desde el lado de la vivienda (se desconoce la razón).
9	2019/7/15	143450	Conexión	Tiene 164 moras	-	500.00	Sin resolver

No.	Fecha de obra	Nro. Cuenta	Estado en el momento de la obra	Descripción en Aquavism	Monto del pago comprometido (C\$)	Monto del pago realizado (C\$)	Resultado
10	2019/8/12	161904	Conexión directa (moroso de periodo prolongado)	correspondientes a C\$42,776. El 17 de julio se comprometió a pagar en 128 cuotas y pagó C\$500. Sin embargo, el 27 de septiembre nuevamente se cortó el servicio por mora. En octubre, volvieron a practicar la conexión directa.	-	-	Se instaló el medidor por el compromiso de pago y pago parcial, pero volvieron a cortar el servicio por mora. →No tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.
11	2019/8/12	161906	Conexión directa (moroso de periodo prolongado)	El 2 de julio pagó C\$200. Tiene 29 moras correspondientes a C\$8,500. El 5 de julio había medidor a la fecha del 8 de agosto se reemplazó el medidor. El 29 de agosto se cortó el servicio por mora. El 4 de septiembre se detectó la conexión directa.	-	-	Sin resolver. Volvieron a desconectar por mora. →No tiene medidor a la fecha del 8 de octubre. Conexión directa.
12	2019/8/14	161913	Conexión directa	Tiene 136 moras correspondientes a C\$28,388. El último pago fue de C\$200 efectuado el 29 de enero. Se cortó el servicio el 27 de septiembre.	-	500.00	Sin resolver. Volvieron a desconectar por mora. →No tiene medidor a la fecha del 8 de octubre. Tampoco tiene conexión directa. Instalación del medidor

No.	Fecha de obra	Nro. Cuenta	Estado en el momento de la obra	Descripción en Aquavism	Monto del pago comprometido (C\$)	Monto del pago realizado (C\$)	Resultado
13	2019/8/19	142956	Bypass de medidor	a C\$55,560. Se cortó el servicio 28 veces. El 19 de septiembre pagó C\$500. Se aplicaron multas por un total de 6,302,98 C \$. por conexiones ilegales (multa, corte y reconexión, cargo por ANF.). Compromiso de pago el 24 de agosto. El 2 de octubre pagó C\$545,31.	6,302.98	545.31	mediante el pago parcial. Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre. Instalación del medidor mediante el compromiso de pago y pago parcial → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.
14	2019/8/21	143650	Conexión directa (moroso de periodo prolongado)	Tiene 42 moras correspondientes a C\$65,824. Se cortó el servicio el 5 de agosto. Se reconectó el 22 de agosto. Pagó el 2 de septiembre.	61,323.91	1,357.00	Instalación del medidor mediante el compromiso de pago y pago parcial → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.
15	2019/8/22	143648	Conexión directa (moroso de periodo prolongado)	Tiene 170 moras correspondientes a C\$68,019. Se cortó el servicio el 4 de agosto. Compromiso de pago el 16 de septiembre para pagar C\$31,455 en 124 cuotas.	31,455	-	Instalación del medidor mediante el compromiso de pago → Tiene medidor a la fecha del 8 de octubre.
16	2019/8/26	143637	Conexión directa (moroso de periodo prolongado)	Tiene 75 moras correspondientes a C\$56,586. Se cortó el servicio 4 de agosto. Existe una foto de conexión	-	436.51	Instalación del medidor mediante el pago parcial → Tiene medidor a la fecha del 8 de

No.	Fecha de obra	Nro. Cuenta	Estado en el momento de la obra	Descripción en Aquavism	Monto del pago comprometido (C\$)	Monto del pago realizado (C\$)	Resultado
				directa del 5 de agosto. Pagó C\$436.51 el 26 de agosto. Se instaló el medidor de ELSTER.			octubre.
	Total				143,617.19	9,190.94	De 16 casos, Reconexión: 11 Sin resolver: 4 Desconocido: 1 (desconectado en el lado de la vivienda, no en la tubería de distribución)

Se descubrió que visiblemente existen menos conexiones ilegales que en el Aza No.3 (más de 100 casos). No obstante, aunque hay pocas conexiones ilegales, en el MS No.61 existen numerosos usuarios con cuantiosas cantidades de mora (107 casos de más de C\$3,000 y 81 casos de más de C\$10,000).

Aunque no se puede conocer todas las situaciones debido a los numerosos casos de morosidad, tomando en cuenta lo comprobado anteriormente, creemos que la acumulación de moras de período muy prolongado y de cuantiosas cantidades se debe al juego interminable de "El gato y el ratón", donde ENACAL toma las medidas como la suspensión del servicio de agua para más de 100 morosos, hace arreglos de pago con morosos que se comprometen a pagar y logran la reconexión, pero luego nuevamente caen en mora, o realizan únicamente el primer pago para lograr su reconexión, posteriormente caen en mora, o realizan la reconexión sin autorización y nuevamente les suspende el servicio.

La siguiente Tabla muestra la lista de usuarios morosos de más de C\$3,000 en el MS No.61. El monto total de estas moras fue de 4,54 millones de córdobas (15,22 millones de yenes).

La morosidad de pago (rezagado) no se incluye dentro de ANF ya que se facturó a los usuarios, no obstante, siempre es un problema en el aspecto financiero del negocio del agua, así como para la

imparcialidad de la carga de los usuarios. Por consiguiente, cómo reducir la morosidad es una de las tareas más importantes para ENACAL.

Tabla 8.8 Usuarios morosos de más de C\$3,000 en el MS No.61

No	Nro. Cuenta	Morosidad (C\$)	Nro. de mes	No	Cuenta	Morosidad (C\$)	Nro. de mes	No	Cuenta	Morosidad (C\$)	Nro. de mes
1	143482	460,612.10	87	51	142933	26,257.54	55	101	143239	5,730.46	12
2	162020	236,535.91	78	52	162024	26,025.55	64	102	143106	5,299.39	9
3	142928	205,483.56	93	53	143535	25,932.73	60	103	143301	5,034.14	21
4	143216	173,249.04	92	54	143561	25,736.35	58	104	143562	4,581.43	40
5	143041	147,391.39	91	55	161985	25,131.90	50	105	166361	4,217.18	28
6	143270	135,945.90	91	56	142997	24,763.39	53	106	143365	3,935.45	16
7	143234	131,404.38	59	57	143306	24,724.47	31	107	142983	3,232.25	5
8	145170	113,953.97	68	58	143454	24,488.03	88		Total	4,540,878.55	
9	143632	113,581.63	112	59	143075	21,307.35	81				
10	142989	107,308.97	7	60	166392	20,146.14	87				
11	143389	106,983.32	78	61	143151	19,656.86	27				
12	143629	96,277.49	111	62	143329	19,432.43	27				
13	143064	96,142.97	76	63	143132	19,259.43	56				
14	143284	89,243.44	78	64	161906	18,785.93	76				
15	143394	85,295.20	76	65	143068	18,598.12	48				
16	142954	82,284.36	92	66	161916	17,687.65	62				
17	143171	81,181.96	91	67	143650	15,775.59	6				
18	143295	69,880.15	85	68	143623	14,117.96	21				
19	161905	66,724.62	57	69	162036	13,930.02	34				
20	143035	61,135.00	114	70	167404	13,926.52	86				
21	143328	60,053.70	10	71	162023	13,804.86	26				
22	143049	56,808.02	88	72	143484	13,721.27	36				
23	162078	54,286.49	90	73	143111	13,515.76	89				
24	143057	50,613.50	91	75	143626	11,464.07	36				
25	143037	51,572.95	84	74	143601	13,123.25	16				
26	143523	49,252.14	139	76	143478	11,430.87	34				
27	143404	47,867.99	81	77	143302	11,387.83	79				
28	143637	47,012.16	29	78	143593	11,219.60	54				
29	143648	44,718.65	88	79	143073	10,277.33	13				
30	143315	44,260.96	92	80	161917	10,179.53	40				
31	143062	42,042.44	72	81	143628	10,009.08	36				
32	143105	38,328.44	89	82	143541	9,994.05	92				
33	143215	37,977.60	63	83	143507	9,336.28	44				
34	145157	37,617.68	139	84	143027	9,299.19	36				
35	143054	37,598.49	60	85	143331	9,236.74	11				
36	143337	37,053.01	83	86	162000	9,031.47	72				
37	161913	33,773.43	90	87	144995	8,723.84	63				
38	143450	32,487.01	83	88	166385	8,548.68	58				
39	143109	30,958.01	80	89	143605	8,536.94	13				
40	167403	30,858.64	83	90	162072	8,524.28	25				
41	143545	30,481.28	63	91	145635	8,494.66	20				
42	143388	29,549.50	31	92	143560	8,461.42	24				
43	143579	28,700.77	60	93	143169	8,170.03	36				
44	143293	28,510.25	66	94	161904	8,098.84	26				
45	142929	28,456.69	63	95	162013	7,953.68	16				
46	143406	27,983.88	41	96	143399	7,700.77	15				
47	143281	27,256.73	78	97	143618	7,533.01	50				
48	143136	27,144.74	79	98	143071	6,964.32	40				
49	143514	26,617.69	67	99	143603	6,143.10	2				
50	143286	26,536.83	89	100	143033	6,069.51	82				

8.2 Comprobación de la precisión de los micromedidores existentes

De 301 micromedidores objeto del reemplazo únicamente de micromedidores (no las tuberías) realizado en el MS No.61, se extrajeron 226 micromedidores antiguo con aparente funcionamiento normal y se realizó la prueba de errores instrumentales en el banco de pruebas (*Test Bench*) del Taller de medidor de ENACAL. El medidor objeto de la prueba es el más utilizado en Managua, es de tipo turbina fabricado por Berotz o WTA, de diámetro 13mm, carcasa de plástico, y es un producto barato cuyo costo unitario de adquisición es inferior a 10 dólares.

Para cualquier medidor que cumple las normas ISO4064, se establecen los siguientes errores propios del medidor.

$Q_1 \leq Q < Q_2$: $\pm 5\%$ (en caso de un medidor en uso, $\pm 10\%$)

$Q_2 \leq Q \leq Q_4$: $\pm 2\%$ (en caso de un medidor en uso, $\pm 5\%$)

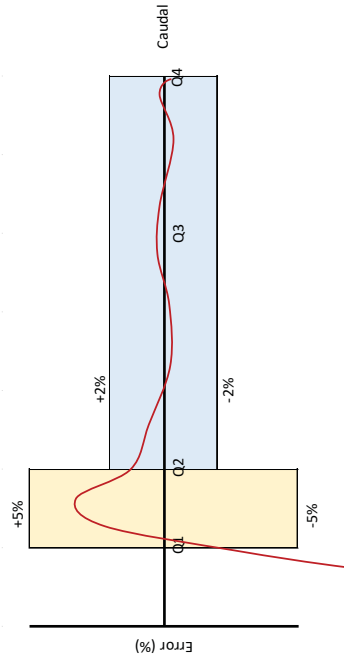


Figura 8.2 Curva de errores del medidor

Tabla 8.9 Especificaciones de medidores sujetos a la prueba

Símbolo	Denominación	Estándar según ISO 4064
		Clase B
Q_1	Caudal mínimo nominal	30 L/h
Q_2	Caudal de transición	120 L/h
Q_3	Caudal máximo nominal	1.5 m ³ /h
Q_4	Caudal límite	3.0 m ³ /h

La prueba se realizó en 3 rangos de caudales de Q_1 , Q_2 y Q_3 . Los medidores sujetos a la prueba son 223 medidores de diámetro 13mm y 3 medidores de diámetro 20mm. El resumen de los resultados de la prueba de medidores de diámetro 13mm es el siguiente.

- 12 medidores (5.4%) superaron el Error Máximo Permisible de $\pm 10\%$ en el caudal mínimo nominal Q_1 .
- 41 medidores (18.4%) superaron el Error Máximo Permisible de $\pm 5\%$ en el caudal mínimo nominal Q_1 .
- 20 medidores (8.8%) superaron el Error Máximo Permisible de $\pm 4\%$ en el caudal de transición Q_2 .
- 67 medidores (30.0%) superaron el Error Máximo Permisible de $\pm 2\%$ en el caudal de transición Q_2 .
- 20 medidores (9.0%) superaron el Error Máximo Permisible de $\pm 4\%$ en el caudal máximo nominal Q_3 .
- 60 medidores (26.9%) superaron el Error Máximo Permisible de $\pm 2\%$ en el caudal máximo nominal Q_3 .
- Generalmente, el valor indicado acumulado aumenta con los años de uso, sin embargo, no hay suficiente correlación entre el valor indicado acumulado y la tendencia de generación de errores.
- Aun entre los medidores con pocos años de uso se observan algunos que superan considerablemente el Error Máximo Permisible, lo cual indica la baja fiabilidad del rendimiento del medidor.
- Generalmente, los medidores se utilizan con mayor frecuencia en los rangos de Q_2 y Q_3 que en el rango de caudal mínimo nominal Q_1 , por lo tanto, como medidas contra ANF, es importante seleccionar los medidores con menos errores en los rangos de caudales mayores a Q_2 .

Tabla 8.10 Valor promedio de errores instrumentales de medidores existentes

Rango de caudales	Caudal acumulado del medidor (m ³)				Promedio
	0 – 1000 (64 medidores)	1001 – 2000 (94 medidores)	2001 – 3000 (45 medidores)	Más de 3001 (13 medidores)	
Q1 (30 L/h)	-1.59%	-2.75%	-4.09%	-1.85%	-2.62%
Q2 (120 L/h)	-0.70%	-0.83%	-1.81%	-0.46%	-0.98%
Q3 (1500 L/h)	-1.35%	-0.43%	-1.15%	-1.00%	-0.92%

El gran problema es que no están realizando la facturación justa por errores instrumentales marcadamente variables según cada medidor.

Todos los medidores utilizados son medidores inspeccionados, aprobados y entregados por el banco de pruebas (*Test Bench*) del Taller de medidor. Sin embargo, existen algunos medidores con poco tiempo de uso que superan considerablemente el Error Máximo Permisible.

Es decir, algunos medidores comúnmente utilizados hoy día, aunque esté garantizada la precisión inicial, rápidamente deterioran su precisión apenas comienzan el uso. Es decir, la fiabilidad del producto en sí es baja.

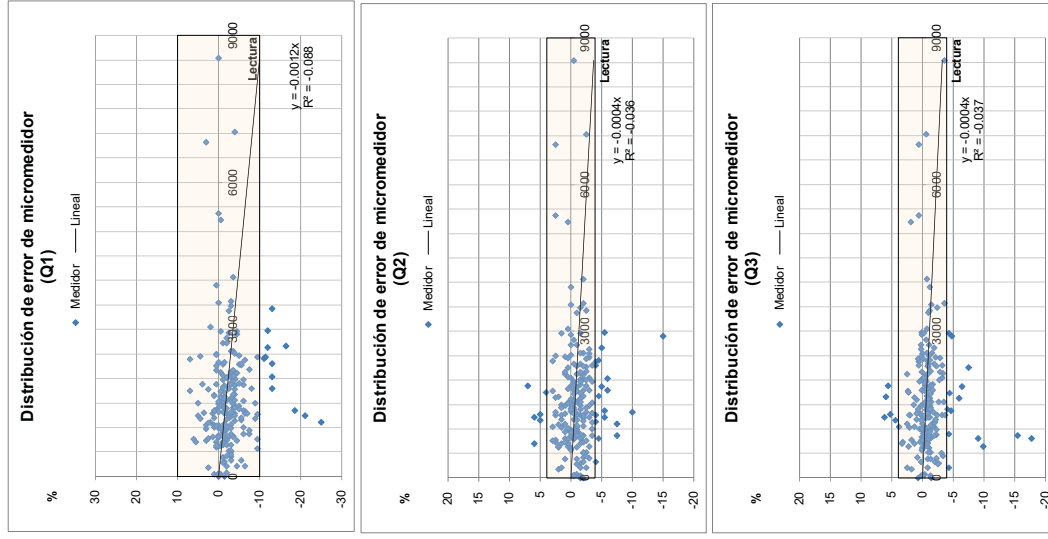


Figura 8.3 Distribución de errores instrumentales del medidor por rango de caudales

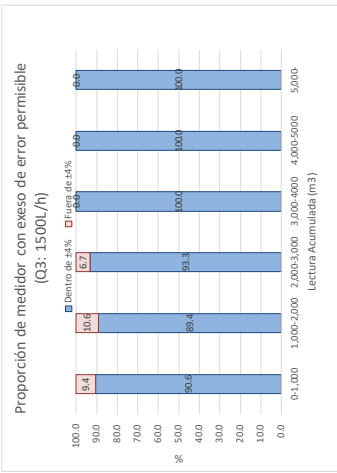
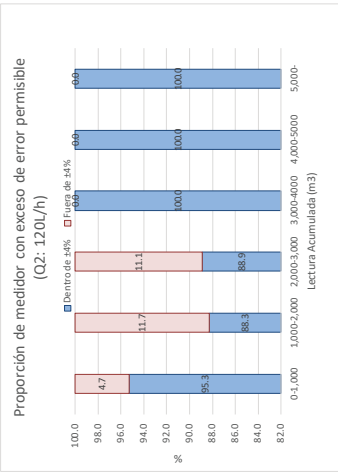
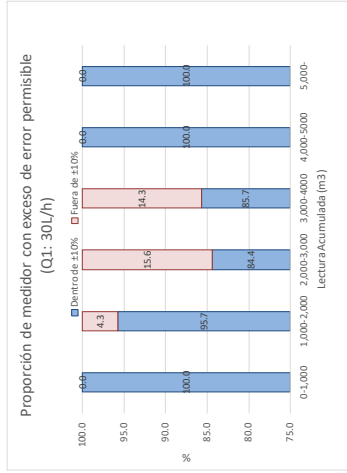


Figura 8.4 Porcentaje de medidores que superan el Error Máximo Permissible

8.3 Afectaciones por errores instrumentales del medidor en el volumen facturado actual

A través de la prueba de errores instrumentales de 223 micromedidores existentes, hemos logrado calcular el valor promedio de errores instrumentales en 3 rangos de caudales. Ahora, se realiza la simulación para estimar las variaciones en el volumen facturado cuando no existe ningún error instrumental en los medidores de los usuarios del MS No.61.

8.3.1 Variaciones por tipo de facturación en el MS No.61

En la facturación a los usuarios del servicio de agua, aparte de los usuarios facturados mediante la lectura de medidores, también existen usuarios facturados mediante el consumo promedio o el valor ajustado porque no se puede leer el medidor o porque no hay medidor.

En caso de la facturación mediante el consumo promedio, ese volumen se contabiliza como agua facturada, sin embargo, existe un gran problema en su precisión. El volumen de agua facturada y la tasa de agua no facturada (ANF) son indicadores operativos sumamente importantes para una entidad del agua, y para mejorar su fiabilidad, es necesario hacer esfuerzos para aumentar el porcentaje de facturación mediante la lectura de medidores.

8.3.2 Tipos de usuarios en el MS No.61

En primer lugar, a partir de los datos de facturación de septiembre del 2018 cuando todavía no se habían iniciado las medidas de reducción de ANF, se obtienen los tipos de facturación a los usuarios y el valor indicado acumulado del medidor.

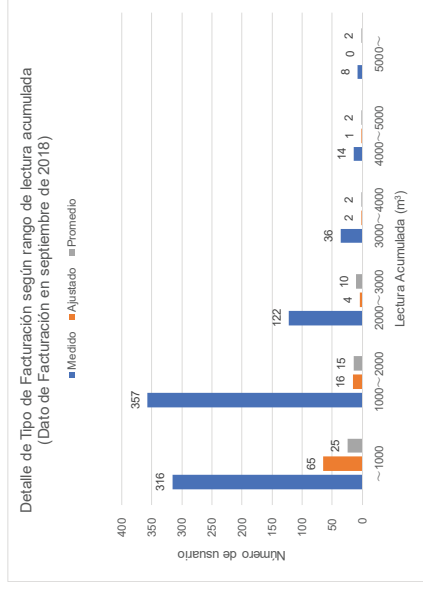


Figura 8.7 Tipos de facturación a los usuarios con medidor

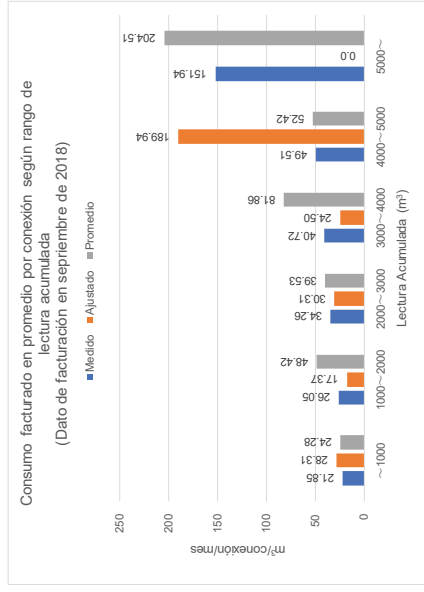


Figura 8.8 Volumen facturado para cada usuario por tipo de facturación

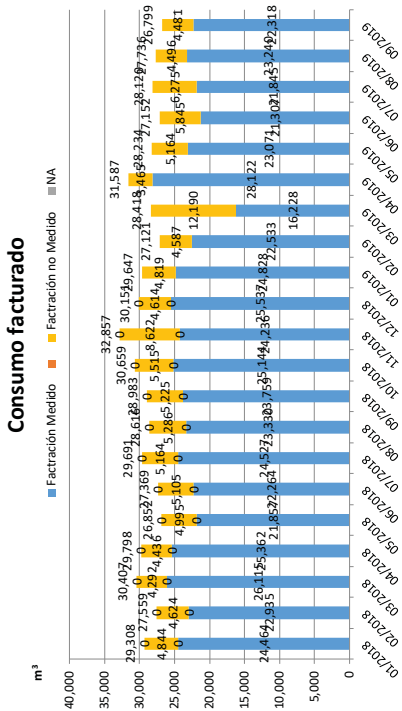


Figura 8.5 Detalles del volumen facturado del MS No.61

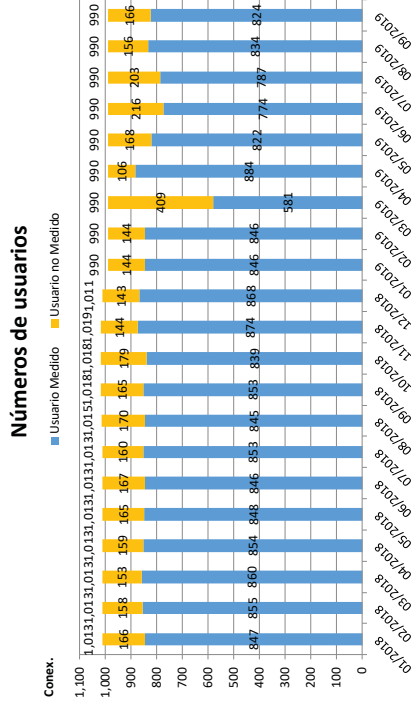


Figura 8.6 Detalles de usuarios facturados del MS No.61

De los usuarios existentes en el MS No.61, 853 son usuarios facturados efectivamente mediante la lectura de medidores (Facturación Efectiva con valor medido) y los demás son usuarios facturados mediante el valor estimado (Facturación Estimada) debido al problema del medidor en sí o algún problema de facturación en el pasado.

El porcentaje de la facturación mediante la lectura de medidores es el 84% aproximadamente y el volumen facturado promedio para cada usuario es de 54m³/caso/mes. Se comprobó que, en caso de los usuarios cuyo valor indicado acumulado del medidor es de 4,000 o mayor, el volumen facturado para cada usuario es mucho mayor que 150m³/caso/mes. Los detalles son los siguientes.

Tabla 8.11 Usuarios con mayor volumen facturación

Número de usuario	Tipo	Diámetro del medidor (pulgadas)	Valor indicado del medidor (m ³)	Volumen facturado (m ³)	Observaciones
Facturación mediante la lectura de medidores					
161959	Domiciliaria	5/8	5,273	94.30	
144993	Domiciliaria	5/8	5,804	27.60	
143270	Domiciliaria	5/8	6,118	142.00	En mora
162020	Domiciliaria	5/8	6,614	230.90	En mora
162076	Domiciliaria	5/8	6,811	43.00	En mora
162007	Domiciliaria	5/8	7,585	32.70	
162928	Domiciliaria	5/8	7,763	144.00	En mora
143181	Establecimiento público (escuela)	5/8	12,447	501.00	
Promedio				151.94	
Facturación por consumo promedio					
143389	Domiciliaria	5/8	5,245	95.63	En mora
143482	Domiciliaria	5/8	11,315	313.39	En mora
Promedio				204.51	
Facturación por ajuste del volumen facturado					
143041	Domiciliaria	5/8	4,601	189.94	En mora

Al calcular el volumen facturado promedio para cada usuario de Facturación Estimada, se obtienen 58m³/con/mes para usuarios de facturación por consumo promedio (valor promedio) y 75m³/con/mes para usuarios de facturación por ajuste (valor ajustado). Es evidente que están facturando más a los usuarios de Facturación Estimada que los de Facturación Efectiva.

8.3.3 Estimación del volumen facturado cuando no existen errores instrumentales del medidor

A continuación, se realiza un cálculo preliminar para ver variaciones en el volumen facturado cuando no hay afectaciones por errores instrumentales del medidor, distribuyendo el volumen facturado de 853 usuarios de Facturación Efectiva (valor medido) por rango de consumo.

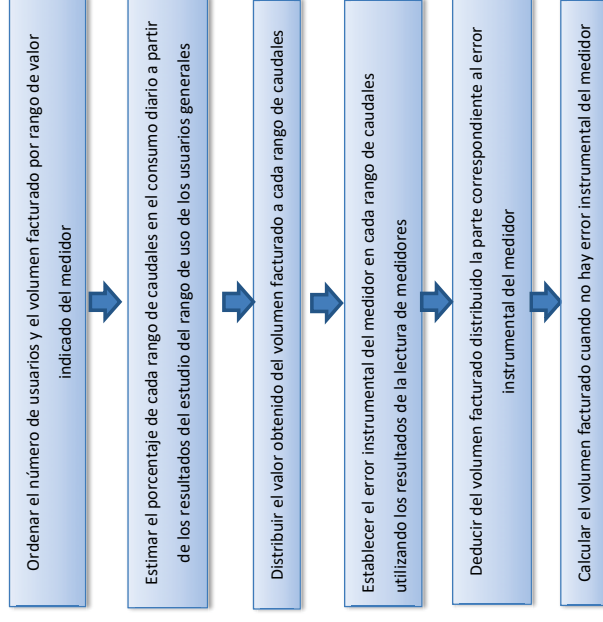


Figura 8.9 Flujo de estimación del volumen facturado tomando en cuenta las variaciones en los errores instrumentales del medidor

Para su referencia, los porcentajes de consumo de agua generado en cada rango de caudales para usuarios generales son los siguientes según los resultados del estudio en el área piloto No.1 (AZA No.3). De acuerdo al estudio, el consumo en los rangos de caudales mayores a 120 L/hora ocupa más del 70% de todo el consumo y el consumo menor a 10L/hora es menos del 10%. Es decir, para garantizar el volumen facturado de manera estable, no es tan importante mejorar la precisión en los rangos de caudales menores, más bien, es importante seleccionar los medidores con pocos errores en los rangos de caudales mayores a 120L/hora.

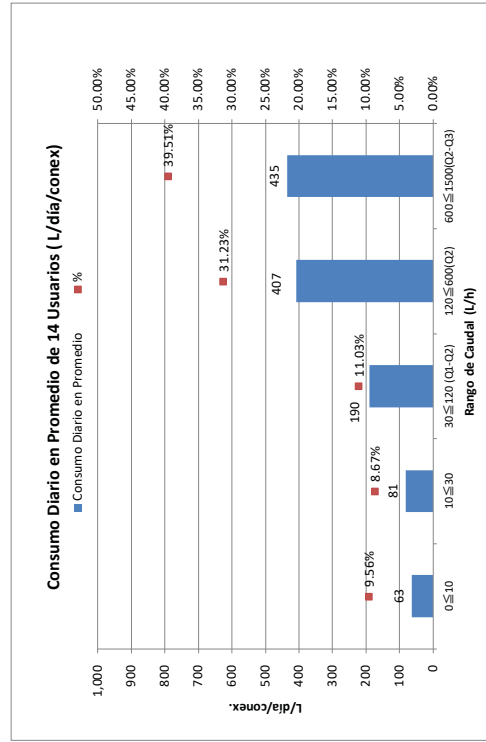


Figura 8.10 Consumo promedio por rango de caudales

A continuación, se muestran los resultados del cálculo preliminar con estos datos. Cuando no existen errores instrumentales del medidor, se prevé un incremento de aproximadamente 1.2% en el volumen facturado.

Se sabe que existe una tendencia general a la reducción de los errores instrumentales del medidor en el MS No.61, por lo tanto, creemos que es posible recuperar las pérdidas comerciales a través de la mejora de la precisión de los medidores.

A. Usuarios facturados por micromedición y su volumen facturado

Items	Unidad	Lectura acumulada de micromedidor (m ³)				
		~1000	1000~2000	2000~3000	3000~4000	4000~5000
Número de usuarios	Conexión	316	357	122	36	14
Volumen facturado	m ³ /mes	6906	9299	4179	1466	693
Volumen facturado por conexión	m ³ /mes/con	21.85	26.05	34.26	40.72	49.51

B. Se divide el volumen facturado según proporción de uso de agua en cada rango de caudal. La proporción de división se basa en el análisis de AZA No.3.

Rango de caudal	%	Lectura acumulada de micromedidor (m ³)				
		~1000	1000~2000	2000~3000	3000~4000	4000~5000
0~10L/h	9.56	2.09	2.49	3.21	3.89	4.73
10~30L/h	8.67	1.89	2.26	2.97	3.53	4.29
30~120L/h	11.03	2.41	2.87	3.78	4.49	5.46
120~600L/h	31.23	6.82	8.13	10.70	12.72	15.46
600~1500L/h	39.51	8.63	10.29	13.53	16.09	19.56
Total	100.00	21.85	26.05	34.26	40.72	49.51

C. Se supone que el volumen facturado arriba mencionado está incluido el siguiente error de micromedición.

Rango de caudal	Unidad	Distribución de error instrumental de medidor				
		~1000	1000~2000	2000~3000	3000~4000	4000~5000
0~10L/h	%	-1.89	-2.75	-4.09	-1.85	-1.85
10~30L/h	%	-1.59	-2.75	-4.09	-1.85	-1.85
30~120L/h	%	-0.70	-0.83	-1.81	-0.46	-0.46
120~600L/h	%	-0.70	-0.83	-1.81	-0.46	-0.46
600~1500L/h	%	-1.35	-0.43	-1.15	-1.00	-1.00

En base al volumen facturado (Tabla B), aquí se estima el volumen real de uso de agua sin error de micromedición.

Rango de caudal	Unidad	Volumen rectificado de agua deductando el error instrumental				
		~1000	1000~2000	2000~3000	3000~4000	4000~5000
0~10L/h		2.12	2.56	3.41	3.97	4.82
10~30L/h		1.93	2.32	3.10	3.60	4.37
30~120L/h		2.43	2.90	3.85	4.51	5.49
120~600L/h		6.87	8.20	10.90	12.78	15.53
600~1500L/h		8.75	10.34	13.69	16.25	19.76
Subtotal	m ³ /mes/con	22.10	26.32	34.95	41.10	49.98
Número de conexión		316	357	122	36	14
Volumen real de uso de agua		6,984.09	9,395.46	4,263.46	1,479.75	699.70

Volumen real de uso de los usuarios medidos (Valor estimado de mejora)	m ³ /mes	24,049.36
------------------------------------------------------------------------	---------------------	-----------

Volumen facturado de los usuarios medidos (En septiembre de 2018)	m ³ /mes	23,758.51
-------------------------------------------------------------------	---------------------	-----------

Mejora de facturación estimada	%	1.22
--------------------------------	---	------

Figura 8.11 Cálculo preliminar del volumen facturado excluyendo las afectaciones por errores instrumentales del medidor

8.4 Efectos de las medidas contra las pérdidas aparentes

En el Proyecto piloto No.2, primero se implementaron las medidas contra las pérdidas reales (reparación de fugas, instalación de válvulas reductoras de presión, etc.), luego se implementaron las medidas contra las pérdidas aparentes (reemplazo de micromedidores, etc.), por último, se realizó el reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias incluyendo los micromedidores como parte de las medidas contra las pérdidas reales. Los efectos de la reducción de ANF producto de las medidas contra las pérdidas reales correspondientes a la reparación de fugas e instalación de válvulas reductoras de presión se puede medir claramente por el volumen disminuido de distribución antes y después de las medidas, ya que existen dos períodos de implementación (la siguiente Figura 8.12).

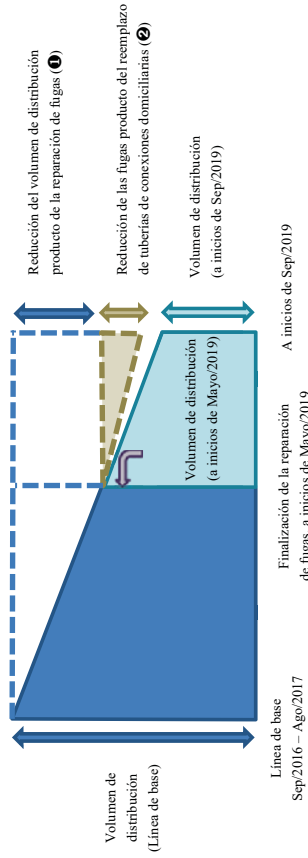


Figura 8.12 Efecto de la reducción del volumen de distribución (todo el período)

La medición del efecto producto del reemplazo de micromedidores como parte de las medidas contra las pérdidas aparentes se realiza de la siguiente manera, ya que el reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias incluye una parte del reemplazo de micromedidores: se elabora una lista de números de identificación de los usuarios con medidores reemplazados, se compara el volumen facturado de la línea de base con el volumen después del Proyecto y se considera como efecto el incremento del volumen facturado.

La medición del efecto de las medidas contra las conexiones ilegales como parte de las medidas contra las pérdidas aparentes se realiza de la misma manera, elaborando la lista de usuarios con

medidas implementadas y comparando el volumen facturado de la línea de base con el volumen después del Proyecto.

La disminución de las fugas producto del reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias es el efecto de las medidas contra las pérdidas reales. Para conocer el efecto, se calcula preliminarmente el volumen mensual de reducción de fugas basándose en el caudal mínimo nocturno antes y después del reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias (la anterior Figura 8.11).

Al comparar el volumen de distribución de todo el sector MS No.61 antes y después del reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias, cuando el “volumen de distribución disminuido” es mayor que el “volumen de reducción de las fugas calculado preliminarmente en base al caudal mínimo nocturno” anteriormente mencionado, creemos que el volumen de distribución disminuido es producto del ahorro de agua por parte de los usuarios con micromedidores y tuberías de conexiones domiciliarias reemplazados, intentando consumir menos agua de lo normal. Creemos que este ahorro de agua de los usuarios pronto regresará al estado normal de consumo.

Por esta razón, en el presente Proyecto piloto, cuando la reducción del volumen de distribución de todo el sector MS No.61 es considerablemente mayor que el volumen de reducción de las fugas producto del reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias, creemos que esto se debe a la reducción del volumen de distribución por la reducción del volumen facturado causada por el ahorro de agua de los usuarios y que se restablecerá en el futuro cercano. Por tanto, se incluirá en el efecto de las medidas contra las pérdidas aparentes producto del reemplazo de micromedidores (aumento del volumen facturado) esta disminución del volumen facturado obtenida multiplicando la disminución del volumen de distribución por tasa de agua facturada (la siguiente Figura 8.13).

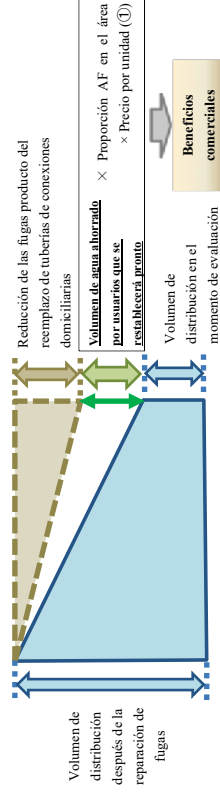


Figura 8.13 Efecto de la reducción del volumen de distribución (período después de la reparación de fugas y durante el reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias)

A continuación, se muestran los volúmenes de cada efecto en el Proyecto piloto No.2

Tabla 8.12 Variaciones en el volumen de distribución producto de la reparación de fugas, etc.

Rubro	Volumen de distribución (m ³ /mes)
Línea de base	51,531
Mayo de 2019*	36,814
Incremento/disminución	-14,717

Nota*: Se convirtió el volumen facturado original (37,520) en el volumen equivalente a 30.4167 días (=365/12), debido a que el período de lectura fue de 31 días (del 6 de mayo al 6 de junio del 2019).

Tabla 8.13 Reducción de las fugas producto del reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias

Rubro	Volumen de distribución (L/seg)
Caudal mínimo nocturno después de la reparación de fugas	3.7
En septiembre del 2019*	4.0
Incremento/disminución del caudal mínimo nocturno producto del reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias	0.3

Nota*: Es el promedio de 30 días del 24 de agosto al 22 de septiembre.

En la Tabla anterior, se muestra un aumento de apenas 0.3 L/seg en el caudal mínimo nocturno. En esta área, era sumamente difícil reducir más fugas, ya que las obras de reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias realizadas desde mayo hasta finales de julio del 2019 se ejecutaron en los subsectores donde el volumen de fugas residuales después de la reparación era casi cero.

Por otro lado, en el caudal mínimo nocturno también está incluido el consumo de agua, por tanto, creemos que el incremento/disminución anterior se debe a las fluctuaciones del consumo de agua. Por esta razón, se puede considerar que no hubo efecto de reducción de las fugas producto del reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias.

No obstante, al reemplazar numerosas tuberías obsoletas de conexiones domiciliarias y adoptar el tubo de polietileno de alta densidad que dificulta las conexiones ilegales, seguramente en el futuro, el período de restablecimiento de la tasa de ANF después de reaparecer las fugas será mucho mayor que el período donde únicamente se repararían las fugas.

Tabla 8.14 Volumen de agua ahorrado por usuarios del MS No.61

Rubro	Volumen de distribución (m ³ /mes)
a. Volumen de distribución después de la reparación de fugas*	36,814
b. El último volumen de distribución (a) inicios de septiembre del 2019*	31,909
c. Volumen total de reducción del volumen de distribución (=a-b)	4,905
d. Volumen de reducción de las fugas producto del reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias	0
e. Reducción del volumen de distribución producto de ahorro de agua por usuarios (=c-d)	4,905
f. La última tasa de ANF (%)	17.4
g. Volumen ahorrado por usuarios (=e x (1-f))	4,052

Nota*: Convertido en el volumen equivalente a 30.4167 días (=365/12).

Tabla 8.15 Variaciones en el volumen facturado producto de la instalación del medidor

Rubro	Volumen facturado (m ³ /mes)
Línea de base	16,867.19
Septiembre de 2019*	16,212.59
Incremento/disminución	-654.60

Nota*: Convertido en el volumen equivalente a 30.4167 días (=365/12).

Como se muestra en la Tabla anterior, el volumen facturado de los usuarios con medidores instalados se redujo un poco después de la implementación del Proyecto piloto en relación al volumen anterior a la implementación (3.9% del volumen anterior a la implementación). Se supone que esto se debe a la reducción del consumo de agua por parte de los usuarios quienes intentaron ahorrar el agua por las constantes obras de reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias realizadas en algún lugar del área piloto en septiembre del 2019.

Tabla 8.16 Variaciones en el volumen facturado producto de la legalización de las conexiones ilegales

Rubro	Volumen facturado (m ³ /mes)
Línea de base	779.15
Septiembre de 2019*	675.15
Incremento/disminución	-104.00

Nota*: Convertido en el volumen equivalente a 30.4167 días (=365/12).

Como se muestra en la Tabla anterior, la suma del volumen facturado de los usuarios a quienes legalizaron la situación de las conexiones ilegales se redujo en un 104m³/mes (13.3%) en relación al volumen anterior a la implementación del Proyecto piloto. Creemos que esto se debe al limitado número de conexiones ilegales (apenas 5 casos de conexiones ilegales y 11 casos de sospecha) en comparación con más de 100 casos del Proyecto piloto No.1 (AZA No.3).

Por otro lado, con respecto a los 5 casos de conexiones ilegales, el volumen facturado de la línea de base se encuentra entre 32m³/mes y 49m³/mes, y este valor es mayor al consumo promedio. Por esta razón, creemos que la existencia de las tuberías de bypass, etc. no tuvo afectaciones en ANF o posiblemente estos usuarios cayeron en estado ilegal durante el tiempo transcurrido desde que se calculó la línea de base (después del 31 de agosto del 2017) hasta que se inició el Proyecto piloto.

A continuación, se muestran las multas y los gastos cobrados a los usuarios legalizados en el MS No.61. El monto total cobrado hasta la fecha es de C\$9,190.94 y el monto total de las multas incluyendo el monto de las cuotas a pagar en el futuro es de C\$143,617.19.

Tabla 8.17 Monto facturado/cobrado de multas, etc. por la legalización de los usuarios de conexiones ilegales en el MS No.61

Rubro	Monto (C\$)
Monto de compromiso de pago	143,617.19
Monto total cobrado	9,190.94
Monto no cobrado	134,426.25

Capítulo 9 Análisis de Componentes de ANF

El análisis de los componentes de ANF al comienzo del proyecto piloto se realizará de acuerdo con el siguiente proceso.

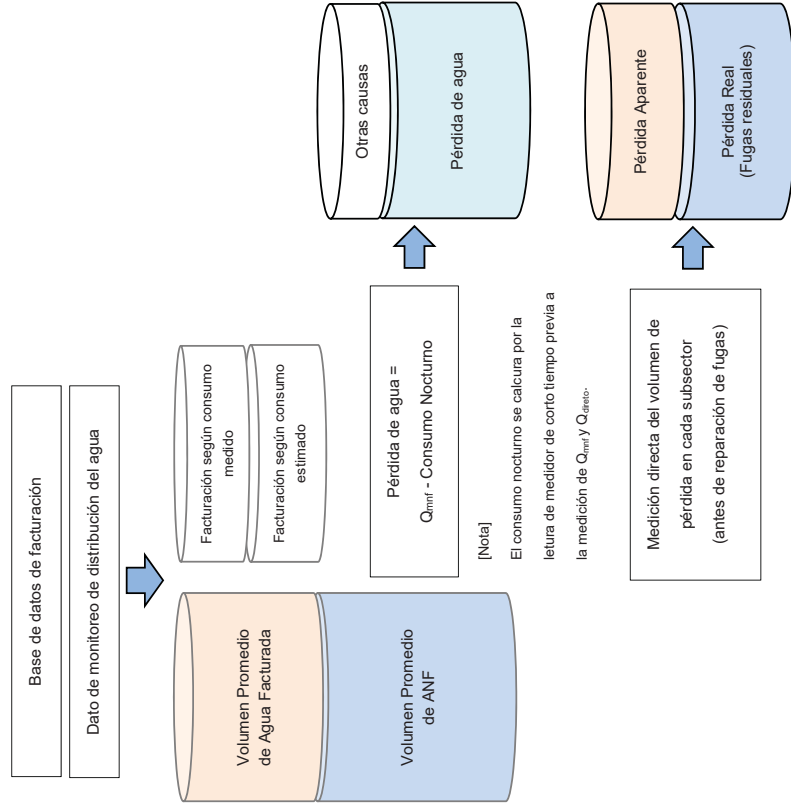


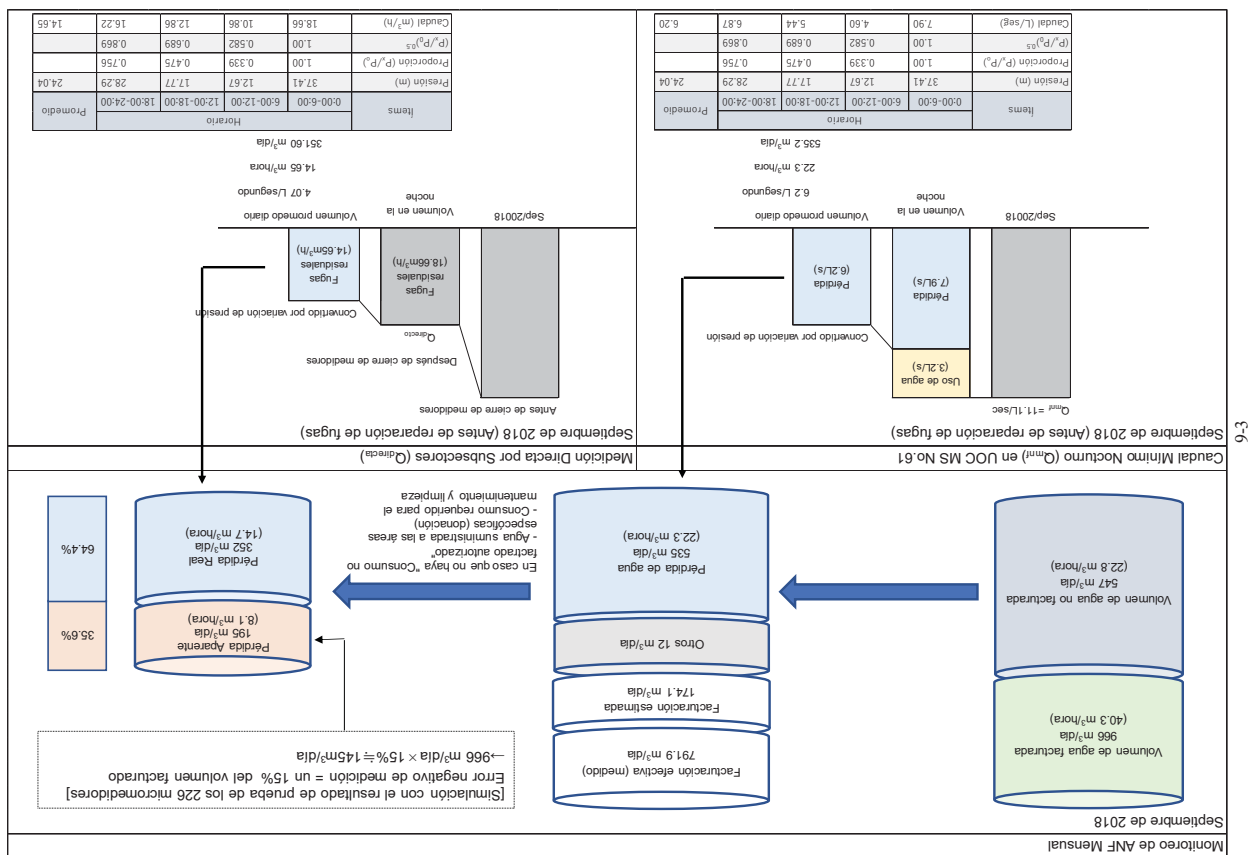
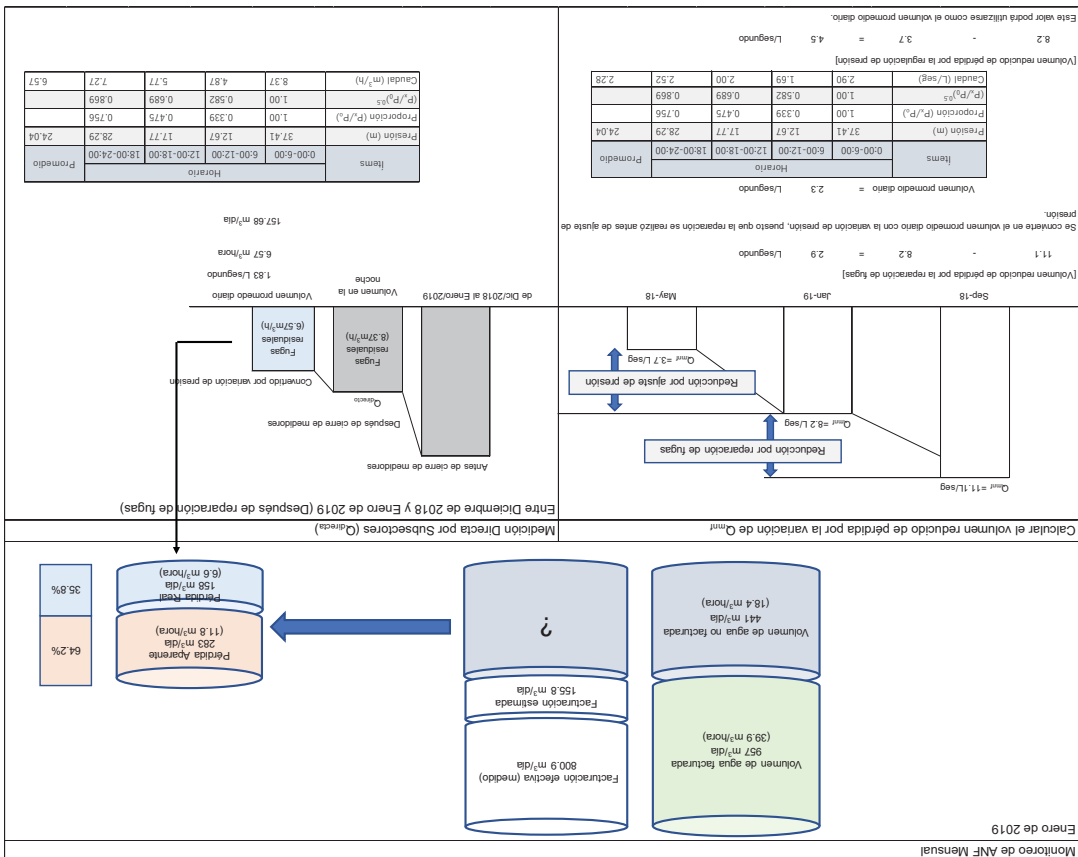
Figura 9.1 Proceso para calcular la proporción de ANF

A continuación se muestra una serie de procesos de cálculo.

En la etapa de septiembre de 2018, antes de que se iniciaran las medidas contra ANF, NRW era de $547\text{m}^3/\text{hora}$, de las cuales se ha estimado que la pérdida real era del 65.8% y la pérdida aparente era del 34.2%.

Después de eso, se llevaron a cabo una serie de detecciones de fugas y reparaciones, y se realizó nuevamente una medición directa en cada subsector por la que se ha reducido considerablemente el volumen de fugas.

En la etapa de enero de 2019, la proporción de ANF cambió a una pérdida real de 35.8% y una pérdida aparente de 64.2%.



Capítulo 10 Análisis de la relación costo beneficio

10.1 Método de análisis de costo beneficio

10.1.1 Cálculo de beneficios

Se puede suponer dos beneficios, la reducción del caudal de distribución (Figura 10.1, ❶) y el incremento del volumen de agua facturada (ídem, ❷).

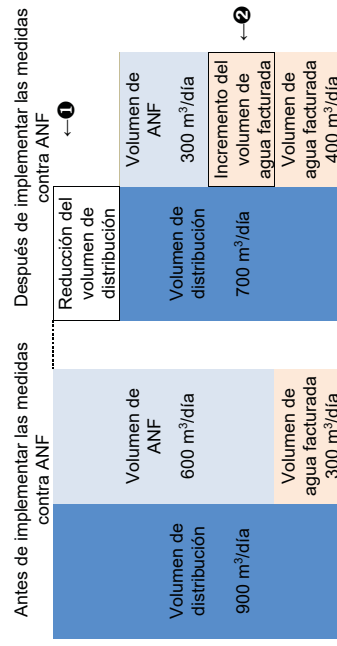


Figura 10.1 Efectos de las medidas contra ANF (ilustrativo)

(1) Beneficio de la reducción del volumen de distribución

La reducción del volumen de distribución hacia el Área Piloto MS No.61 es un ahorro de costos para el sector en cuestión, sin embargo, para ENACAL en su totalidad (en una situación de escasez de agua), el volumen reducido implica el aumento del volumen de distribución y el aumento del consumo facturado de los sectores aledaños (Figura 10.2). El beneficio se obtiene multiplicando “el volumen de distribución” reducido por “tasa de agua facturada”, luego multiplicando el resultado por “costo unitario de suministro” (ingresos por consumo unitario de agua facturada).

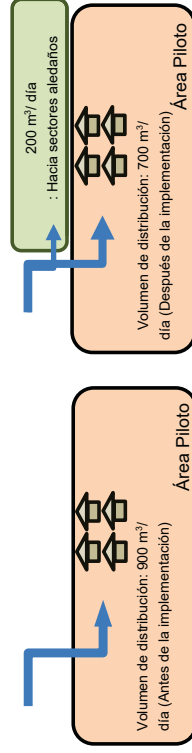


Figura 10.2 Beneficio de la reducción del caudal de distribución (ilustrativo)

Tabla 10.1 Ejemplo del cálculo de beneficio por la reducción del caudal de distribución

Caudal de distribución reducido	Tasa de agua facturada	Costo unitario de suministro*	Beneficio por el ahorro del caudal de distribución
200m³/día	45%	14C\$/m³	1,260C\$/día

Nota: * Se define con la fórmula “Costo unitario de suministro” = “Monto facturado de tarifa de agua” ÷ “Consumo de agua facturada”.

(2) Beneficio del incremento del volumen de agua facturada

El aumento del volumen de agua facturada implica ingresos adicionales a ENACAL, por lo tanto, obviamente es un beneficio. El beneficio del incremento del volumen de agua facturada se obtiene como se muestra en la Tabla 10.2.

Tabla 10.2 Ejemplo del cálculo de beneficio por el incremento del volumen de agua facturada

Caudal de agua facturada incrementado	Costo unitario de suministro	Beneficio incrementado
100 m³/día	14 C\$/m³	1,400 C\$/día

Cabe señalar que en el Proyecto piloto ejecutado en el MS No.61, no hubo muchos cambios en el volumen de agua facturada inmediatamente después de la implementación de las medidas contra

las pérdidas aparentes y era evidente la disminución del volumen de distribución debido a los usuarios temporalmente concientizados sobre el ahorro de agua. El período de finalización del Proyecto coincide con el período de baja demanda de agua, por lo tanto, creemos que esta disminución del volumen de distribución era temporal.

Como resultado del análisis, como se menciona anteriormente en el Capítulo 8, consideramos que esta disminución del volumen de distribución es temporal producto del ahorro de agua, y la incluiremos en el beneficio como volumen que será contabilizado en el futuro como incremento del volumen de agua facturada (véase la Figura 8.13).

(3) Beneficio total

El beneficio total se obtiene a partir de párrafo (1) y (2) como se muestra en la Tabla 10.3.

Tabla 10.3 Ejemplo del cálculo de beneficio total

Beneficio de la reducción del caudal de distribución	Beneficio del incremento del caudal de agua facturada	Beneficio total
1,260 C\$/día	1,400 C\$/día	2,660 C\$/día

(4) Período de generación del beneficio

Los beneficios anteriormente mencionados se generan después de la ejecución del Proyecto hasta que el ANF se retome completamente, disminuyéndose constantemente por una cierta cantidad. Los beneficios también se generan durante la ejecución del Proyecto incrementándose progresivamente como se muestra en la siguiente Tabla, los cuales se contabilizan también como beneficio.

Cabe señalar que durante la ejecución del Proyecto la reducción de la tasa de ANF no es lineal sino con variaciones, sin embargo, para simplificar el cálculo en este análisis, se presume una reducción lineal de una cierta cantidad constante con el transcurso del tiempo.

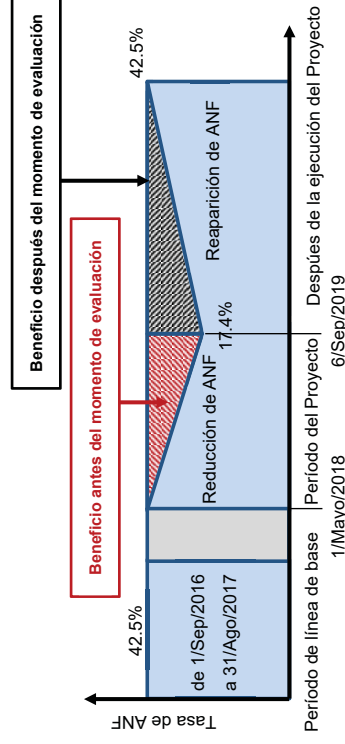


Figura 10.3 Período de generación del beneficio (ilustrativo)

10.1.2 Cálculo de costos

Al finalizar el Proyecto, se contabilizarán los costos por separado para medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales) y para medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas), registrando mensualmente los costos por rubros como el costo de mano de obra, el costo de transporte en vehículos, el costo de equipos y materiales para el estudio, el costo de materiales de reparación y el costo de combustible, entre otros.

Para el costo de mano de obra, se registran por empleados las horas trabajadas del mes laborado. Cuando un empleado del Departamento de ANF que usualmente se dedica a las medidas contra las pérdidas físicas se dedicó a la detección de fraudes, es preferible que se registren las horas empleadas para esta actividad para el posterior ajuste del costo de mano de obra.

Para el costo de transporte, se registran mensualmente los tipos, el número de unidades y la distancia recorrida de los vehículos utilizados para trabajos de campo.

Con respecto a los nuevos medidores y tuberías de acometida, su costo se contabiliza anualmente como costo de amortización en vez de precio de adquisición, ya que estos pueden ser utilizados aún después que el ANF que se había reducido gracias al Proyecto Piloto se retorne nuevamente dentro de unos años. El costo de amortización se obtiene dividiendo el valor excepto el valor residual después del período de vida útil (10%) entre los años de vida útil (en caso del método de cuota fija), y se contabiliza anualmente mientras permanezcan los efectos de las medidas contra ANF después de su instalación. En caso del uso de inventarios para la reparación, se procurará no contabilizar el costo como cero sino se incluirá el costo de adquisición de productos similares (si el producto tiene años de vida útil, el costo de amortización).

De igual manera, los costos de equipos y materiales para el estudio de fuga, el costo de materiales de reparación y otros costos no se contabilizarán como precio de adquisición, ya que se utilizarán aún después de la finalización del Proyecto Piloto, sino como costo de amortización por el período utilizado.

10.1.3 Método de comparación de costo beneficio

(1) Indicador 1: Costo por volumen unitario ahorrado (volumen de ANF reducido)

Estos son costos de implementación de las medidas para reducir $1m^3/día$ el ANF (o volumen de agua facturada incrementado y volumen de distribución reducido). Si estos son inferiores al costo de suministro de agua de ENACAL, está comprobado de que las medidas contra ANF del Proyecto Piloto han logrado incrementar el volumen de distribución a un costo inferior al promedio de costo unitario de producción de agua de ENACAL. Este indicador se puede obtener con la siguiente fórmula:

Fórmula

Costo por volumen unitario ahorrado (C\$/m³) =

$$\frac{\text{Costo de medidas contra ANF (C\$)} - \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)}}{\text{Volumen de distribución ahorrado (m}^3\text{/mes)} \times \text{Período de efectividad (meses)} + 2} =$$

$$\frac{\text{Costo de medidas contra ANF (C\$)} - \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)}}{- \text{Beneficio antes del momento de evaluación (C\$)}} =$$

$$\left(\frac{\text{Volumen de agua facturada incrementado (m}^3\text{/mes)} + \text{Tasa de agua facturada en el área piloto}}{+ \text{Volumen de distribución reducido (m}^3\text{/mes)}} \right) \times \text{Período de efectividad (meses)} + 2'$$

Nota: * Se divide entre 2 porque se considera el retorno de ANF suponiendo un retorno lineal constante de una cierta cantidad con el transcurso del tiempo.

(2) Indicador 2: Período de recuperación del costo de medidas contra ANF

Esto es el beneficio producto de las medidas contra ANF e indica el período que permite recuperar el costo de medidas. Si dicho período es menor al supuesto período de efectividad de la reducción de ANF, se concluye que se puede recuperar el costo de medidas. Este indicador se puede obtener con la siguiente fórmula.

Fórmula

Período de recuperación de costo de medidas contra ANF (meses) =

$$\frac{\text{Costo de medidas contra ANF (C\$)} - \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)} - \text{Beneficio antes del momento de evaluación (C\$)}}{(\text{Volumen de agua facturada incrementado (m}^3\text{/mes)} + \text{Volumen de distribución reducido (m}^3\text{/mes)}) \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto} \times \text{Costo unitario de suministro de agua (C\$/m}^3\text{)} + 2'}$$

Nota: *Se divide entre 2 porque se considera el retorno de ANF suponiendo un retorno lineal constante de una cierta cantidad con el transcurso del tiempo.

(3) Indicador 3: Relación costo beneficio (estableciendo un período de efectividad)

La relación se calcula dividiendo el beneficio entre el costo, e indica la comparación del beneficio con el costo. Si el resultado es mayor a 1, significa que "el beneficio > el costo", lo que implica que el Proyecto genera utilidades. Si el resultado es menor a 1, significa que "el beneficio < el costo", lo que implica que se generan pérdidas. Si el resultado es 1, "el beneficio = el costo".

Fórmula

Relación costo beneficio =

$$\frac{(\text{Volumen de agua facturada incrementado (C\$/mes)} + \text{Volumen de distribución reducido (C\$/mes)}) \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto} \times \text{Costo unitario de suministro de agua (C\$/m}^3\text{)} \times \text{Período de efectividad (meses)} + 2' + \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)}}{+ \text{Beneficio antes del momento de evaluación (C\$)}}$$

Costo de medidas contra ANF (C\$)

Nota: *Se divide entre 2 porque se considera el retorno de ANF suponiendo un retorno lineal constante de una cierta cantidad con el transcurso del tiempo.

(4) Tasa interna de retorno financiero (FIRR)

Es la tasa de descuento que permite que los ingresos del proyecto sean iguales a la inversión sufragando todos los gastos de inversión, operación y mantenimiento y renovación, además, el pago de intereses, cuando se realiza un proyecto con los fondos de un préstamo. Cuando la FIRR es mayor que la tasa de descuento (interés real considerando la inflación), esto significa que aunque se implementaran las medidas con el financiamiento se puede pagar el principal y los intereses, y generar utilidades. La FIRR se calcula llenando las casillas de gastos e ingresos de la siguiente Tabla, luego obteniendo la tasa interna de retorno (IRR) de la casilla de saldo mediante el uso del Asistente del archivo de Excel.

Tabla de gastos e ingresos del Proyecto Piloto

Año	Gastos	Ingresos	Saldo
1er. año	AAAA	BBB	- DDDD
2do. año		CCC	CCC
3er. año		CCC	CCC
4to. año			
5to. año			

Gastos: Costo de medidas contra ANF y gastos de mantenimiento del Área Piloto a partir del siguiente año

[Ingresos en el 1er. año]

(Vol. de agua facturada incrementado (m³/mes) + Vol. de distribución reducido (m³/mes) x Tasa de agua facturada fuera del área piloto) x Tarifa unitaria (C\$/m³) x Meses restantes después del proyecto piloto + ingresos por multas por conexión ilegal (C\$) + beneficio antes del periodo de evaluación (C\$)

[A partir del 2do. año]

(Vol. de agua facturada incrementado (m³/mes) + Vol. de distribución reducido (m³/mes) x Tasa de agua facturada fuera del área piloto) x Tarifa unitaria (C\$/m³) x 12 meses x Tasa de reducción de ingresos de cada año ^(Nota 1)

Nota 1: Como los ingresos disminuyen cada año debido al retorno de ANF, se multiplica el ingreso por la tasa de reducción que varía cada año. Ej.: Cuando se retorna el ANF al 100% en un año, Ingreso anual x 50% (... Tasa de reducción de ingresos). Se multiplica la tasa de reducción de la siguiente tabla por el ingreso según el periodo de efectividad y el año fiscal.

Tasa de reducción de ingresos:

El 100% es el ingreso anual cuando no hay retorno de ANF. Cuando hay retorno, el ingreso de algún año llega a ser X%. Este X es la tasa de reducción de ingresos. Se multiplica el monto de ingreso anual por el siguiente porcentaje.

X años transcurridos después del inicio	Periodo de efectividad								
	1 año	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años	7 años	8 años	9 años
1er. año	50.0%	75.0%	83.3%	87.5%	90.0%	91.7%	92.9%	93.8%	94.4%
2do. año		25.0%	50.0%	62.5%	70.0%	75.0%	78.6%	81.3%	83.3%
3er. año			16.7%	37.5%	50.0%	58.3%	64.3%	68.8%	72.2%
4to. año				12.5%	30.0%	41.7%	50.0%	56.3%	61.1%
5to. año					10.0%	25.0%	35.7%	43.8%	50.0%
6to. año						8.3%	21.4%	31.3%	38.9%
7mo. año							7.1%	18.8%	27.8%
8vo. año								6.3%	16.7%
9no. año									5.6%

Nota: Se supone que los ingresos disminuyen constantemente por una cierta cantidad con el transcurso del tiempo (se retorna el ANF).

10.2 Cálculo de costos

10.2.1 Costo durante la implementación del Proyecto Piloto

La siguiente tabla resume los costos de medidas contra las pérdidas aparentes y de las medidas contra las pérdidas reales.

Tabla 10.4 Costo de Proyecto Piloto para las medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)

Rubro	2018	2019	Total	Observaciones
Costo de personal y vehículo para el Departamento Técnico Comercial				Todos los gastos de reemplazo de medidores para el Departamento Técnico Comercial.
	0.00	155,138.29	155,138.29	
Costo de consumibles (JICA)	0.00	0.00	0.00	Para reemplazo de medidores
Costo de amortización de medidores instalados				Para 613 micromedidores
	0.00	88,621.48	88,621.48	
Asignación para medidas contra las pérdidas aparentes (medidores) de los gastos comunes				Vea la Tabla 10.6.
	0.00	92,542.96	92,542.96	Gastos comunes: Costo de personal, vehículo, etc. para el reemplazo de medidores y tuberías de conexiones domiciliarias
Total	0.00	336,302.73	336,302.73	

Unidad: C\$

Tabla 10.5 Costo de Proyecto Piloto para las medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)

Rubro	2018	2019	Total	Observaciones
Costo para el Departamento de ANF Física	3,435,258.90	757,084.86	4,192,343.77	
Costo de consumibles (JICA)	39,113.27	939.40	40,052.67	Para subsectorialización/ reparación de fugas
Costo de amortización (equipos de medición directa)	40,759.46	10,189.86	50,949.32	Únicamente durante el período de uso
Costo de amortización (materiales de reparación de fugas (donados por JICA)				Válvulas para la subsectorialización, etc.
	12,878.44	36,399.39	49,277.83	
Costo de amortización (tuberías de acometida, accesorios, etc. (donados por JICA)				Tuberías de acometida, cemento y asfalto (excepto medidores) para los 305 casos.
		15,884.39	15,884.39	
Asignación para medidas contra las pérdidas reales (reemplazo de tuberías de acometida) de los gastos comunes				Vea la Tabla 10.6.
				Gastos comunes: Costo de personal, vehículo, etc. para el reemplazo de medidores y tuberías de conexiones domiciliarias
	0.00	641,924.97	641,924.97	
Total	3,528,010.07	1,462,422.88	4,990,432.96	

Unidad: C\$

En caso del trabajo de reemplazo de tuberías de acometida, en la práctica, las tuberías de acometida y los micromedidores fueron reemplazados simultáneamente, por lo tanto, se incluye tanto las medidas contra las pérdidas aparentes como las medidas contra las pérdidas reales. La siguiente Tabla muestra la asignación de costos para las medidas contra las pérdidas aparentes y las medidas contra las pérdidas reales después de calcular los costos de reemplazo de tuberías de acometida.

Tabla 10.6 Gastos comunes de las medidas contra las pérdidas aparentes y las medidas contra las pérdidas reales (reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias incluyendo micromedidores)

Rubro	Unidad: C\$		Observaciones
	2018	2019	
Costo de obras de tuberías de acometida para el Departamento Técnico Comercial	0.00	447,419.20	447,419.20
Costo de obras de tuberías de acometida para el Departamento de ANF Física	0.00	183,894.94	183,894.94
Costo de consumibles (JICA)	0.00	50,142.60	50,142.60
Costo de amortización (equipo de Pipe Jacking, etc.)	0.00	53,011.19	53,011.19
Total	0.00	734,467.93	734,467.93

Asignación para medidas contra las pérdidas reales (reemplazo de tuberías de acometida)	Tasa de asignación*	87.4%	641,924.97	... Para costo de medidas contra las pérdidas reales
Asignación para medidas contra las pérdidas aparentes (micromedidores)		12.6%	92,542.96	... Para costo de medidas contra las pérdidas aparentes

10.2.2 Costo después de la finalización del Proyecto piloto

Como costo después de finalizar el Proyecto piloto, podemos mencionar el costo de amortización de los años de vida útil para medidores, tuberías de conexiones domiciliarias, válvulas reductoras de presión, cemento, etc. La siguiente Tabla muestra los resultados del cálculo preliminar del costo de amortización en base a los costos de adquisición y los años de vida útil (el tipo de cambio utilizado es 3,30616 JPY/C\$ y 107,871 JPY/US\$ (tipo de cambio de JICA, a finales de julio de 2019)).

Tabla 10.7 Costo después de finalizar las medidas contra las pérdidas aparentes (costo de amortización)

Rubro	Monto	Unidad
Micromedidores (613 unidades)	118,161.98	C\$/año
Subtotal	118,161.98	C\$/año

* Se calcula mediante el método de tarifa fija al 10% del valor residual.

Tabla 10.8 Costo después de finalizar las medidas contra las pérdidas reales (costo de amortización)

Rubro	Monto	Unidad
Materiales relacionados con las medidas contra las pérdidas reales	28,098.42	C\$/año
Tuberías de acometida y accesorios (305 unidades)	14,290.64	C\$/año
Cemento y asfalto	15,034.38	C\$/año
Válvulas reductoras de presión y estructuras civiles	9,055.61	C\$/año
Subtotal	66,479.05	C\$/año

* Se calcula mediante el método de tarifa fija al 10% del valor residual.

Tabla 10.9 Costo de amortización de válvulas reductoras de presión y estructuras civiles

Rubro	Monto	Unidad
Costo de adquisición de válvulas reductoras de presión	2,625.79	USD
Costo de obras civiles en el lugar de instalación	4,000.00	USD
Años de vida útil de válvulas reductoras de presión	15.00	año
Años de vida útil de estructuras reductoras de presión (monto anual):	30.00	año
Válvulas reductoras de presión	157.55	USD/año
Estructuras civiles	120.00	USD/año
Subtotal	277.55	USD/año
	9,055.61	C\$/año

* Se calcula mediante el método de tarifa fija al 10% del valor residual.

La siguiente tabla resume todos los costos anteriores.

De todos los 990 usuarios, se realizaron 305 reemplazos de tuberías de acometida y 613 reemplazos de micromedidores, además, las conexiones ilegales son relativamente pocas. Considerando lo anterior, para este cálculo preliminar, se estableció un período de 7 años como período de efectividad. Sin embargo, para efectos únicamente de las medidas contra las pérdidas aparentes, se estableció un período de 5 años considerando los años de vida útil de los micromedidores.

Tabla 10.10 Costo total de las medidas de ANF en Proyecto Piloto No. 2

Tasa de descuento: 8%

Rubro	-1er año	0 año	1er. año	2do. año	de 3er. a 5to. año	de 6to. a 7mo. año	Unidad: C\$
							Valor actual
Costo total	3,528,010	1,798,726	184,641	184,641	184,641	66,479	5,930,813

Nota: El único costo después del primer año es el costo de amortización de los equipos y materiales instalados. Para el costo de amortización, se contabilizó únicamente el período de efectividad de la reducción de ANF.

Costo de medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)

Tasa de descuento: 8%

Rubro	-1er año	0 año	1er. año	2do. año	3er. año	de 4to. a 5to. año	Unidad: C\$
							Valor actual
Costo de las medidas contra las pérdidas aparentes	0	336,303	118,162	118,162	118,162	118,162	748,231

Nota: El único costo después del primer año es el costo de amortización de los equipos y materiales instalados. Para el costo de amortización, se contabilizó únicamente el período de efectividad de la reducción de ANF.

Costo de medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)

Tasa de descuento: 8%

Rubro	-1er año	0 año	1er. año	2do. año	3er. año	de 4to. a 7mo. año	Unidad: C\$
							Valor actual
Costo de las medidas contra las pérdidas reales	3,528,010	1,462,423	66,479	66,479	66,479	66,479	5,202,582

Nota: El único costo después del primer año es el costo de amortización de los equipos y materiales instalados. Para el costo de amortización, se contabilizó únicamente el período de efectividad de la reducción de ANF.

10.3 Cálculo de efectos

La siguiente tabla muestra el caudal de distribución, el caudal facturado, la tasa de ANF, etc. del Área Piloto MS No.61 de la línea de base (de inicios de septiembre de 2016 a inicios de agosto de 2017), del momento después de reparación de fugas y regulación de presión (de inicios de mayo a inicios de junio de 2019) y del momento de evaluación (de inicios de agosto a inicios de septiembre de 2019).

Tabla 10.11 Condiciones del cálculo de efectos

Antes de la ejecución del Proyecto Piloto	Después de ejecución de las medidas contra pérdidas reales (fugas) (Reparación de fugas y regulación de presión)	Después de ejecución de las medidas contra pérdidas aparentes (comercial) y reemplazo de conexión domiciliaria (Momento final del proyecto piloto)
Área del proyecto: MS No.61	Área del proyecto: MS No.61	Área del proyecto: MS No.61
Período de evaluación: de 1/sep/2016 a 31/ago/2017	Período de evaluación: de 6/mayo/2019 a 6/junio/2019 (31 días)	Período de evaluación: de 3/ago/2019 a 4/septiembre/2019 (32 días)
Vol. promedio mensual de distribución: 51,531 m ³ /mes	Vol. de distribución: 37,520 m ³ Ajuste: 36,814 m ³ /mes*	Vol. de distribución: 33,570 m ³ Ajuste: 31,909 m ³ /mes*
Vol. promedio diario de distribución: 1,694 m ³ /día	Vol. promedio diario de distribución: 1,210 m ³ /día	Vol. promedio diario de distribución: 1,049 m ³ /día
Vol. promedio de facturación: 29,610 m ³ /mes	Vol. de facturación real: 28,234 m ³ Ajuste: 27,703 m ³ /mes*	Vol. de facturación real: 27,736 m ³ Ajuste: 26,364 m ³ /mes*
Tasa de ANF: <u>42.5%</u>	Tasa de ANF: <u>24.7%</u>	Tasa de ANF: <u>17.4%</u>

Nota: * Se hizo la corrección estableciendo un mes como 30.4167 días (365 días ÷ 12 meses).

La siguiente tabla es el beneficio a base del caudal calculado a partir de los datos de la tabla anterior para antes y después de la ejecución, así como el precio unitario de suministro de agua y el costo unitario de producción de agua según los datos de 2016 en la ciudad de Managua.

Tabla 10.12 Beneficio del Proyecto Piloto No.2 (MS No.61)

Beneficio total	Datos de referencia	
Volumen de distribución de agua reducido	19,622 m ³ /mes ₁	Costo unitario de suministro de agua (situación actual) 14,027 C\$/m ³
Volumen de consumo facturado incrementado	-3,246 m ³ /mes ₁	Costo de producción de agua (situación actual) 9,860 C\$/m ³
Beneficio de las medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)		
1		
1.1	4,905 m ³ /mes ₁	Fórmula: $\text{Costo unitario de suministro de agua} = \frac{\text{Monto facturado}}{\text{Consumo facturado}}$
1.1	4,052 m ³ /mes ₁	
1.2	-3,246 m ³ /mes ₁	
(1)	-104 m ³ /mes ₁	
(2)	-655 m ³ /mes ₁	
(3)	-2,487 m ³ /mes ₁	
Beneficio de las medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)		
2		
2.1	14,717 m ³ /mes ₁	$Q_{\text{unif}} = \frac{\text{Caudal mínimo nocturno}}{\text{Unidad}}$
(1)	14,717 m ³ /mes ₁	Mayo/19 3.7 L/seg
(2)	0 m ³ /mes ₁	Sep/19 4.0 L/seg
		Diferencia -0.3 L/seg
		Promedio entre 24/Ago y 22/Sep

Nota:

*1: Se hizo la corrección estableciendo un mes como 30.4167 días (365 días ÷ 12 meses).

*2: Es el resultado obtenido restando el "2.1(2) Volumen de distribución reducido por reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias" del volumen de distribución reducido desde que se finalizó la reparación de fugas hasta

que se finalizó el Proyecto piloto.
 *3: Se calculó comparando el caudal mínimo nocturno antes y después del reemplazo de tuberías de conexiones domiciliarias. Si el resultado sale negativo, se determina que el efecto es cero.

El beneficio antes del momento de evaluación se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Beneficio antes del momento de evaluación} = (\text{Consumo facturado incrementado (m}^3\text{/mes)}^{*1} + \text{Volumen de distribución reducido (m}^3\text{/mes)}^{*2} \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto}^{*3}) \times \text{Costo unitario de suministro de agua (C\$/m}^3) \times \text{Periodo del Proyecto (meses)}^{*4} / 2$$

Nota:

*1: En el Proyecto piloto No.2, el volumen de distribución disminuyó como producto del ahorro de agua por parte de los usuarios después de implementar las medidas contra las pérdidas aparentes. Se supone que este volumen disminuido pronto regresará al estado normal de consumo, por lo que se consideró el valor obtenido multiplicando el volumen de distribución reducido por tasa de agua facturada como volumen facturado previsto a incrementarse.

*2: Del volumen de distribución reducido durante todo el Proyecto, se resta el volumen de distribución reducido por ahorro de agua por parte de los usuarios.

*3: Se calculó a partir de la tasa de ANF promedio de la Ciudad de Managua de un 54.9% (2016, Estudio de línea de base).

*4: El período del Proyecto son 16 meses desde abril del 2018 hasta julio del 2019.

Proyecto Piloto en su totalidad:

$$(4,052 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 1,199,518 \text{ C\$}$$

Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales):

$$(4,052 + 0 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 454,699 \text{ C\$}$$

Medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas):

$$(0 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 16 / 2 = 744,819 \text{ C\$}$$

10.4 Cálculo de efectos costo beneficio

10.4.1 Resultado de efectos costo beneficio

(1) Indicador 1: Costo por volumen unitario de agua ahorrado (volumen de ANF reducido)

Se calculó el Indicador 1 de la siguiente manera. En el Proyecto piloto No.2, como se menciona en la Sección 10.2.2, se estableció un período de 7 años como período de efectividad, y para efectos únicamente de las medidas contra las pérdidas aparentes, se estableció un período de 5 años considerando los años de vida útil de los micromedidores.

$$\begin{aligned} & \text{Costo de medidas contra ANF (C\$) - Ingresos por multas por conexión ilegal (C\$)} \\ & \quad - \text{Beneficio antes del momento de evaluación (C\$)} \\ & \hline & (\text{Volumen de agua facturada incrementado (m}^3\text{/mes)} + \text{Tasa de agua facturada en el área piloto} \\ & \quad + \text{Volumen de distribución reducido (m}^3\text{/mes)}) \times \text{Periodo de efectividad (meses)} + 2 \end{aligned}$$

Proyecto Piloto en su totalidad

$$\begin{aligned} & 5,950,813 \quad - \quad 9,191 \quad - \quad 1,199,518 \quad = \quad 5,754 < 9,860 \\ & (4,052 / 82.60\% + 14,717) \times 84 \quad / \quad 2 \quad \text{C\$/m}^3 \end{aligned}$$

Costo de producción de agua

Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)

$$\begin{aligned} & 748,231 \quad - \quad 9,191 \quad - \quad 454,699 \quad = \quad 1,932 < 9,860 \\ & (4,052 / 82.60\% + 0) \times 60 \quad / \quad 2 \quad \text{C\$/m}^3 \end{aligned}$$

Costo de producción de agua

Medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)

$$\begin{aligned} & 5,202,582 \quad - \quad - \quad 744,819 \quad = \quad 7,212 < 9,860 \\ & (0 / 82.60\% + 14,717) \times 84 \quad / \quad 2 \quad \text{C\$/m}^3 \end{aligned}$$

Costo de producción de agua

El costo unitario del ahorro del volumen del Proyecto piloto resulta más bajo que el costo de producción promedio de la Ciudad de Managua en todos los casos: Proyecto piloto en su totalidad, Medidas contra las pérdidas aparentes y Medidas contra las pérdidas reales. Esto indica que es posible producir el volumen de agua a un costo inferior al promedio.

(2) Indicador 2: Periodo de recuperación del costo de medidas contra ANF

Se calculó de la siguiente manera.

$$\frac{\text{Costo de medidas contra ANF (CS)} - \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (CS)} - \text{Beneficio antes del momento de evaluación (CS)}}{(\text{Volumen de agua facturada incrementado (m}^3\text{/mes)} + \text{Volumen de distribución reducido (m}^3\text{/mes)} \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto}) \times \text{Precio unitario de suministro de agua (CS/m}^3\text{)} + 2}$$

$$\text{Proyecto Piloto en su totalidad} \\ \frac{5,950,813 - 9,191 - 1,199,518}{(4,052 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 / 2} = \frac{63.25 \text{ meses}}{5.3 \text{ año}}$$

$$\text{Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)} \\ \frac{748,231 - 9,191 - 454,699}{(4,052 + 0 \times 45.10\%) \times 14,027 / 2} = \frac{10.01 \text{ meses}}{0.8 \text{ año}}$$

$$\text{Medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)} \\ \frac{5,202,582 - 744,819}{(0 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 / 2} = \frac{95.76 \text{ meses}}{8.0 \text{ año}}$$

En el Proyecto piloto de MS No.61, se demostró que es posible recuperar el costo de medidas contra ANF en menos de un año en caso de las medidas contra las pérdidas aparentes, en condición de que se asegure 8 años del período de efectividad en caso de las medidas contra las pérdidas reales, y 5 años y 4 meses para el Proyecto piloto en su totalidad.

En caso de las medidas contra las pérdidas reales, aunque hubo mayores efectos de reducción del volumen de distribución, el costo de medidas de ANF (sobre todo el costo de personal) es relativamente alto, por lo tanto, se requieren 8 años como período de efectividad del costo de medidas contra ANF.

(3) Indicador 3: Relación costo beneficio (estableciendo un periodo de efectividad)

Se calculó de la siguiente manera, estimando un periodo de efectividad de 7 años (en caso de únicamente las medidas contra las pérdidas aparentes, 5 años).

$$\frac{(\text{Consumo de agua facturada incrementado (CS/mes)} + \text{Volumen de distribución reducido (CS/mes)} \times \text{Tasa de agua facturada fuera del área piloto}) \times \text{Precio unitario de suministro de agua (CS/m}^3\text{)} \times \text{Periodo de efectividad (meses)} + 2 + \text{Ingresos por multas por conexión ilegal (CS)} + \text{Beneficio antes del momento de evaluación (CS)}}{\text{Costo de medidas contra ANF (CS)}}$$

$$\text{Proyecto Piloto en su totalidad} \\ \frac{(4,052 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 84 / 2 + 9,191 + 1,199,518}{5,950,813} = 1.261 > 1$$

$$\text{Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)} \\ \frac{(4,052 + 0 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 60 / 2 + 9,191 + 454,699}{748,231} = 2.899 > 1$$

$$\text{Medidas contra las pérdidas reales (pérdidas físicas)} \\ \frac{(0 + 14,717 \times 45.10\%) \times 14,027 \times 84 / 2 + 744,819}{5,202,582} = 0.895 > 1$$

En el Proyecto piloto de MS No.61, es posible generar utilidades donde el beneficio supera el costo en 7 años de periodo de efectividad en caso del Proyecto piloto en su totalidad y en 5 años en caso de las Medidas contra las pérdidas aparentes.

Sin embargo, únicamente en caso de las medidas contra las pérdidas reales, se descubrió que el costo superaba ligeramente el beneficio y que, si el periodo de efectividad fueran 7 años, se generarían pérdidas.

(4) Indicador 4: Tasa interna de retorno financiero (FIRR)

El flujo de los gastos e ingresos y la tasa interna de retorno financiero son los siguientes.

Proyecto Piloto en su totalidad			
Año	Gastos	Ingresos	Saldo
-1er. año	3.528.010		-3.528.010
0	1.798.276	1.808.468	9.742
1er. año	184.641	1.670.757	1.486.116
2do. año	184.641	1.413.718	1.229.077
3er. año	184.641	1.156.678	972.037
4to. año	184.641	899.639	714.997
5to. año	184.641	642.599	457.958
6to. año	66.479	385.559	319.080
7mo. año	66.479	128.520	62.041

Nota: Se estableció un período de efectividad de 7 años después de la finalización del Proyecto.

FIRR: 12% > 8%

Medidas contra las pérdidas aparentes (pérdidas comerciales)			
Año	Gastos	Ingresos	Saldo
-1er. año	0		0
0	336.303	691.240	352.734
1er. año	118.162	613.844	495.682
2do. año	118.162	477.434	359.272
3er. año	118.162	341.025	222.863
4to. año	118.162	204.615	86.453
5to. año	118.162	68.205	-49.957

Nota: Se estableció un período de efectividad de 5 años después de la finalización del Proyecto.

FIRR: N.A. 8%

**Medidas contra las pérdidas reales
(pérdidas físicas)**

Proyecto Piloto en su totalidad			
Año	Gastos	Ingresos	Saldo
-1er. año	3.528.010		-3.528.010
0	1.462.423	1.117.228	-345.195
1er. año	66.479	1.037.426	970.947
2do. año	66.479	877.822	811.343
3er. año	66.479	718.218	651.739
4to. año	66.479	558.614	492.135
5to. año	66.479	399.010	332.531
6to. año	66.479	239.406	172.927
7mo. año	66.479	79.802	13.323

Nota: Se estableció un período de efectividad de 7 años después de la finalización del Proyecto.

FIRR: -3.2% < 8%

Se demostró que, en caso del Proyecto piloto en su totalidad, es posible ejecutar el proyecto con un préstamo y cubrir el principal, los intereses y el costo de operación y mantenimiento con los ingresos.

En caso de las medidas contra las pérdidas reales, no es factible, ya que la FIRR es un -3,2%, inferior al 8% de la tasa de descuento.

En caso de las medidas contra las pérdidas aparentes, los ingresos superan los gastos de manera permanente, excepto el último año, por lo tanto, no se puede calcular las cifras de FIRR porque no es necesario pedir un préstamo por tener el saldo positivo desde el primer ejercicio comercial. Cabe señalar que no existe un plan de implementación de las medidas de reducción de ANF con préstamo, por lo que estas cifras son de referencia.

En el análisis arriba mencionado se realizó el cálculo de efectos costo beneficio utilizando los beneficios cuantitativos.

Aparte de esos beneficios, se consideran los siguientes beneficios cualitativos provenientes de la reducción de fugas que justifican la importancia de medidas contra agua no facturada:

- Beneficio de permitir frenar el desarrollo de las nuevas fuentes de agua
- Beneficio de permitir frenar la construcción de las nuevas instalaciones de suministro de agua (purificación y distribución)
- Beneficio de efectos de prevención de daños secundarios

10.4.2 Reducción del costo de medidas contra las pérdidas reales, y mejora de los indicadores

Con respecto a las medidas contra las pérdidas reales, cuando el período de efectividad de la reducción de ANF es de 7 años, tenemos los siguientes resultados: el Indicador 1 muestra que el costo de producción de agua es inferior al promedio de la Ciudad de Managua; el Indicador 2 muestra que el período de recuperación del costo de medidas contra ANF es de 8 años, superior al período de efectividad previsto; el Indicador 3 muestra que el costo supera el beneficio obteniendo una relación costo beneficio de 0.898. Ahora, analizaremos hasta qué punto se puede mejorar los indicadores si se logra reducir el costo de medidas contra las pérdidas reales logrando una mayor eficiencia.

Suponemos que el ahorro del costo es de 5%, 10%, 15% y 20% respectivamente, únicamente durante el período del Proyecto piloto, y que el volumen de distribución reducido (y el volumen facturado incrementado) como resultado de este ahorro es el mismo del presente Proyecto piloto. Es decir, se presume que el efecto de reducción de ANF es el mismo del presente Proyecto, alcanzando la reducción del costo del 5% al 20% durante el período del Proyecto. A continuación, se muestran los resultados de la simulación.

Tabla 10.13 Simulación de la reducción del costo del Proyecto piloto 2 (MS No.61)

Rubro	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4
	Costo por unidad de volumen ahorrado	Período de recuperación del costo de medidas contra ANF	Relación costo beneficio	FIRR
Criterio de "ser rentable"	Menos de 9.86 C\$/m ³	Menos de 7 años	Más de 1.00	Más de 8%
0%	7.212	8.00	0.895	-3.2%
5%	6.817	7.50	0.939	-1.4%
10%	6.422	7.10	0.987	0.6%
15%	6.027	6.70	1.041	2.7%
20%	5.632	6.20	1.102	5.1%

Nota: La parte sombreada de color gris indica los resultados financieramente no factibles.

(1) En caso del Indicador 1

Sin necesidad de ahorrar el costo, el costo de producción de agua era 27% inferior al costo actual. Al ahorrar el costo, se puede aumentar el volumen de distribución de 31% hasta 43% más barato que el costo unitario de producción de agua.

(2) En caso del Indicador 2

Si se logra reducir el costo en un 15% o mayor, se puede recuperar el costo en un período de 7 años o menor. Si se logra reducir más de 20%, se puede recuperar todo el costo en un período de recuperación del costo de medidas contra ANF de 6 años y 3 meses.

(3) En caso del Indicador 3

En el Indicador 3, cuando se supone un período de recuperación del costo de medidas contra ANF de 7 años, si se logra reducir el costo en un 15% o mayor, se puede obtener un beneficio superior al costo. Con la reducción de más de 20%, el beneficio puede llegar a un 10.2% superior al costo.

(4) En caso del Indicador 4

Resulta que la reducción del costo de menos de 20% no logra obtener suficientes ingresos para cubrir la inversión inicial, los intereses y el costo de operación y mantenimiento cuando se pide un préstamo, sin embargo, entre más grande la reducción del costo, mayores cifras de FIRR. Con la reducción de 20% o mayor, la FIRR mejora hasta un 5.1%. Cabe señalar que no existe un plan de implementación de las medidas de reducción de ANF con préstamo, por lo que estas cifras son de referencia.

Lo anterior indica que si se logra reducir el volumen de distribución más o menos igual que el de este Proyecto piloto (19,622m³/mes) alcanzando la reducción del costo de 15% o mayor, las medidas contra las pérdidas reales pueden obtener los resultados financieramente efectivos en 7 años de período de recuperación del costo de medidas contra ANF.

Para ello, entre las iniciativas a implementar, podemos mencionar la reducción del período de trabajo en un 15% (2.4 meses) con el mismo personal cuando actualmente se tardan 16 meses, o la implementación de las medidas contra las pérdidas reales simultáneamente en dos áreas piloto dividiendo el personal en dos equipos.

10.4.3 Lecciones aprendidas de la comparación con el Proyecto Piloto en AZA No.3

Un punto que se debe tomar en cuenta cuando se ejecuta el Proyecto piloto es no aferrarse a la tasa de ANF como única meta de las medidas, ya que posiblemente no podrán prever otros efectos esperados.

Entre el AZA No.3 (incluye zonas comerciales) y el MS No.61 (básicamente viviendas particulares), existe una gran diferencia en el volumen total de distribución, más que el número de usuarios (ver la Tabla 10.14, 1 y 2). Los resultados indican que a pesar de que se mejoró considerablemente la tasa de ANF en el MS No.61, el volumen de distribución reducido y el volumen facturado incrementado fueron inferiores que el AZA No.3 (véase la misma Tabla 8).

Por otro lado, en el MS No.61 se empleó igual o mayor período de implementación de las medidas y los gastos que en el AZA No.3, por lo tanto, al analizar la relación costo-efectividad, se produjeron resultados muy diferentes entre ambos.

El beneficio monetario tiene una relación directa con el volumen de distribución reducido y el volumen facturado incrementado, por lo tanto, cuando se analiza el período de finalización mientras se ejecutan las medidas de reducción de ANF, no hay que juzgar únicamente por la tasa de ANF sino también es necesario conocer el volumen de distribución reducido y el volumen facturado incrementado como volumen absoluto.

De igual manera, en la etapa de planificación antes de implementar las medidas, se puede estimar el volumen de distribución reducido que se espera a partir del volumen total de distribución y el volumen de ANF en el área objeto. Luego determinar el número adecuado del personal a asignar y el período aproximado de las medidas (período de finalización).

Tabla 10.14 Comparación de costo-efectividad entre el AZA No.3 y el MS No.61

Ítems	AZA No.3	MS No.61
1. Volumen de distribución total (Línea base)	122,530 m ³ /mes	51,531 m ³ /mes
2. Número de usuarios	1,429 conexiones	990 conexiones
3. Período de ejecución de las medidas contra ANF	16 meses (de enero/2017 a abril/2018)	16 meses (de abril/2018 a julio/2018)
4. Costo total de las medidas contra ANF*	4,977,817 C\$	5,326,736 C\$
5. Tasa de ANF (Línea bases → Después de las medidas)	55.4% → 37.3%	42.5% → 17.4%
6. Variación de la tasa de ANF	-18.1%	-25.1%
7. Volumen de distribución (después de las medidas contra ANF)	98,172 m ³ /mes	31,909 m ³ /mes
8. Volumen de distribución reducido	24,358 m ³ /mes	19,622 m ³ /mes
9. Consumo facturado (Línea bases → Después de las medidas)	54,669 → 61,575 m ³ /mes	29,610 → 26,364 m ³ /mes
10 Consumo facturado incrementado	6,906 m ³ /mes	-3,246 m ³ /mes
11. Efecto costo-beneficio Indicador 2 (Período de recuperación de gastos)	Totalidad del Proyecto: 1.9 años Medidas contra pérdidas aparentes: 1.5 años Medidas contra pérdidas reales: 2.0 años	Totalidad del Proyecto: 5.3 años Medidas contra pérdidas aparentes: 0.8 años Medidas contra pérdidas reales: 8.0 años

Nota *1: Gasto generado durante el proyecto piloto.

