



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DEL SUBREGISTRO DE LOS  
MEDIDORES DE ACUERDO A SU ANTIGÜEDAD  
EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA PARA EL AÑO  
2015”

Tesis para optar el título profesional de:  
**Ingeniera Civil**

**Autores:**

Br. TUESTA BARBOZA, CLAUDIA PAMELA  
Br. VARGAS HERRERA, DEYSI LISBETH

**Asesor:**

MANUEL FERNÁNDEZ VARGAS

CAJAMARCA – PERÚ  
2015

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por las Bachilleres Tuesta Barboza Claudia Pamela y Vargas Herrera Deysi Lisbeth, denominada:

**“EVALUACIÓN DEL SUBREGISTRO DE LOS MEDIDORES DE ACUERDO A SU  
ANTIGÜEDAD EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA PARA EL AÑO 2015”**

---

Ing. Manuel Fernández Vargas  
**ASESOR**

---

Dr. Orlando Aguilar Aliaga.  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Mónica Roncal Mujica.  
**SECRETARIA**

---

Ing. Gabriel Cachi Cerna  
**VOCAL**

## DEDICATORIA

A Dios por habernos guiado en este camino con sabiduría para afrontar cualquier obstáculo y por habernos dado salud para cumplir una meta más de nuestras vidas.

A nuestros padres que cerraron sus ojos antes de ver sus sueños realizados, y a pesar de que no estamos juntos físicamente sabemos que este momento es tan especial para ellos como para nosotras.

A nuestros padres por su apoyo, ayuda y sacrificio desde el inicio de nuestra carrera, que con su amor y cariño nos han convertido en las personas que somos ahora.

A nuestros hermanos, por su ejemplo de perseverancia y constancia y también a nuestros sobrinos y a todas las personas que creyeron en nosotras y nos apoyaron durante esta investigación.

Pamela y Deysi

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por su infinita bondad y amor y por habernos dado la vida y permitirnos lograr nuestros objetivos.

A nuestros padres que con su sacrificio nos dieron la oportunidad de tener una carrera universitaria y por apoyarnos en todo momento.

A la universidad Privada del Norte por habernos brindado las herramientas y conocimientos necesarios para destacarnos como profesionales.

A nuestro director de carrera Ing. Orlando Aguilar, a nuestros docentes que nos han guiado en toda la etapa universitaria y por los conocimientos impartidos y a nuestro asesor el Ing. Manuel Fernández por habernos ayudado en esta investigación.

A la empresa SEDACAJ S.A. y al Sr. William Alcántara por habernos brindado todas las herramientas necesarias y a todo el personal que nos apoyó en esta investigación.

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Limitaciones .....	5
1.5. Objetivos .....	6
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	6
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	6
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes .....	7
2.2. Bases Teóricas .....	11
2.3. Definición de términos básicos .....	46
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>49</b>
3.1. Formulación de la hipótesis .....	49
3.2. Operacionalización de variables .....	49
3.3. Variables intervinientes .....	49
<b>CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>50</b>
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	50
4.2. Material de estudio.....	50
4.2.1. <i>Unidad de estudio</i> .....	50
4.2.2. <i>Población</i> .....	50
4.2.3. <i>Muestra</i> .....	50
4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos. ....	52
4.3.1. <i>Para recolectar datos</i> .....	52
4.3.2. <i>Para analizar información</i> .....	53
<b>CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN.....</b>	<b>59</b>

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>PROPUESTAS PARA REDUCIR EL SUBREGISTRO.....</b>	<b>64</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO Nº 01 - Matriz de consistencia.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO Nº 02 - Panel fotográfico.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO Nº 03 - Límites permisibles dados por INDECOPI.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO Nº04 - Flujograma en el proceso de contrastación.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO Nº 05 - Zonificación y mapeo.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO Nº 06 - Fichas de contrastación en laboratorio.....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO Nº 07 - Procesamiento de contrastación de medidores.....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO Nº 08 - Documentos de calibración de laboratorio.....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO Nº 09 - Actas de procesos administrativos de SEDACAJ.....</b>	<b>142</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 01. Medidores clase R100	19
Tabla N° 02. Medidores clase A	20
Tabla N° 03. Modelos aprobados según Norma Metrológica Peruana 005:1996	20
Tabla N° 04. Modelos aprobados según Norma Metrológica Peruana 005:2011	21
Tabla N° 05. Caudales y volúmenes para la contrastación en laboratorio	25
Tabla N° 06. Clases de presión de agua	31
Tabla N° 07. Operacionalización de variables - subregistro	49
Tabla N° 08. Operacionalización de variables – tiempo de antigüedad	49
Tabla N° 09. Número de medidores por sector	51
Tabla N° 10. Número de muestra	51
Tabla N° 11. Cantidad de medidores por sector comercial en Cajamarca	51
Tabla N° 12. Medidores contrastados	54
Tabla N° 13. Medidores operativos e inoperativos según su año de instalación	55
Tabla N° 14. Subregistro promedio de los medidores	57

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N° 01. Medidores contrastados	54
Gráfico N° 02. Medidores operativos e inoperativos según su año de instalación	56
Gráfico N° 03. Incremento del error promedio en función al tiempo de antigüedad	57

## RESUMEN

La investigación “Evaluación del subregistro de los medidores de acuerdo a su antigüedad en la ciudad de Cajamarca para el año 2015” de tipo aplicada experimental tiene como objetivo determinar el porcentaje de subregistro promedio de los medidores de la ciudad de Cajamarca de acuerdo a su antigüedad en el año 2015, en donde inicialmente se planteó la hipótesis de que el subregistro de un medidor es de -15% cuando el medidor tiene más de 10 años de antigüedad, este análisis se realizó mediante un mapeo del distrito de Cajamarca conformada por 12 sectores comerciales en donde la muestra fueron 387 medidores seleccionados proporcionalmente a la cantidad de medidores por sector y a la fecha de instalación; cuyos datos fueron proporcionados por la empresa prestadora de servicios, los cuales según el procedimiento establecido en el Reglamento de Calidad de Prestación de Servicios de Saneamiento, fueron notificados y retirados para luego ser ensayados en el banco de medidores de SEDACAJ S.A. calibrado por INDECOPI bajo la Norma Metrológica Peruana 005-2011 en donde se obtuvo que el subregistro promedio del banco de medidores de la ciudad de Cajamarca asciende al -13.69 % y que para medidores con más de 10 años de antigüedad el subregistro asciende a -20.83%.

De los 387 medidores ensayados solo se consideró 381 debido a que 6 medidores habían sido manipulados en su parte interna por los usuarios y no se podían considerar en el proyecto de los cuales el 37.98% de los medidores resultaron operativos, es decir cumple con los límites permisibles dados por INDECOPI, el 60.47% son inoperativos; dentro de los medidores inoperativos el 19.38% presentaron errores de sobregistro y el 41.09% presentaron errores de subregistro.

De los 387 medidores ensayados el 1.55% representa a medidores manipulados que fueron separados de la muestra.

**Palabras Clave:** Operativos, Subregistro, Sobregistro, medidores.

## ABSTRACT

The research "Evaluation of submeter record according to their seniority in the city of Cajamarca 2015" type of experimental applicative aims to determine the percentage of underreporting average meters of the city of Cajamarca according to their seniority in 2015, where initially the hypothesis that the registration of a meter is -15% when the meter has more than 10 years old was raised, this analysis was performed using a mapping of the district of Cajamarca made 12 sectors business in which the sample were selected proportionally to 387 meters the amount of meters per sector and the date of installation; Data were provided by the service company, which according to the procedure laid down in Regulation Quality of Provision of Sanitation Services, was notified and removed before being tested on the bench meter SEDACAJ SA calibrated by INDECOPI under Rule 005-2011 Peruvian Metrological where it was found that the average underreporting meters Bank city of Cajamarca amounts to -13.69% and for meters with more than 10 years old amounts to underreporting -20.83%.

Of the 387 meters tested only considered 381 because six meters had been manipulated by the users in the internal part and could not be considered in the design of which 37.98% of the meters were operating, ie meets the permissible limits given by INDECOPI, the 60.47 % are inoperative; within the 19.38 meters inoperative% had errors over registration and 41.09% had underreporting errors.

Tested 387 meters of 1.55% represents manipulated meters that were separated from the sample.

**Key Words:** Operating, Underreporting, on record, Meters.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Hoy en día el mundo con una población de 7 000 millones de habitantes aproximadamente está enfrentándose a una grave crisis del agua, siendo el agua uno de los elementos básicos para la subsistencia humana. El crecimiento acelerado de la población urbana genera una demanda mayor de éste líquido indispensable. Proporcionalmente a este crecimiento poblacional, las fuentes de abastecimiento resultan cada vez más escasas y la distribución a las viviendas, representa un costo significativo.

Según estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), una de cada tres personas vive en un país con escasez de agua entre moderada y alta, y es posible que para 2030 la escasez afecte a casi la mitad de la población mundial, ya que la demanda podría superar en un 40% a la oferta. Cada vez hay más competencia entre agricultores y ganaderos; entre el sector industrial y el agropecuario; entre la ciudad y el campo; entre las cuencas hidrológicas altas y las bajas; y entre quienes viven a uno u otro lado de las fronteras. El cambio climático y las necesidades de la población, sigue creciendo y prosperando, significa que debemos trabajar para proteger y administrar este recurso frágil y limitado (Ki-moon, 2013).

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el déficit hídrico está aumentando a nivel global debido a la concentración de la mayoría de la población en las ciudades que incrementa la demanda de agua potable de forma puntual. A su vez, las masas de agua más próximas a las urbes están cada vez más contaminadas o son cada vez más inaccesibles. Esto contribuye a que los costes de extracción, distribución y tratamiento del agua estén en constante aumento en los últimos años (Balagres Garrigós, 2012).

Un mayor coste del agua incrementa automáticamente las pérdidas ocasionadas por el coste del agua no registrada pero sí consumida por los usuarios. En este sentido conocer pormenorizadamente el volumen de agua perdido en los sistemas

de distribución, resulta necesario si se desea optimizar. Los medidores de agua asumen un protagonismo principal y son los elementos necesarios para reducir el volumen asociado a las pérdidas aparentes. Lógicamente, cuanto mayor sea el coste del agua mayor será el impacto de los medidores sobre los ingresos del abastecimiento. Por tanto, con mayores costes de venta del agua será necesario realizar una mejor gestión del parque de contadores, con el objetivo de optimizar el error global del parque maximizando los beneficios (Balagres Garrigós, 2012).

En el Perú las empresas prestadoras de servicios de agua han aumentado gradualmente su cobertura de micromedición debido a la implementación de programas de inversión. El crecimiento del parque de medidores hace que se descuide el mantenimiento oportuno de los medidores instalados, el seguimiento de la evaluación de los consumos registrados por los mismos y otras actividades de gestión que permitan asegurar una facturación real del consumo de los usuarios. Ello se evidencia, por ejemplo, en la alta antigüedad promedio del parque de medidores (Alva, 2009).

En la ciudad de Cajamarca la empresa prestadora de servicios “EPS SEDACAJ S.A”, es la encargada de brindar el servicio de agua potable y alcantarillado, comprende las fuentes del río Grande y río Porcón al Norte de la ciudad de Cajamarca y el río Ronquillo ubicado al Oeste de la misma, tiene dos plantas de tratamiento; El Milagro y Santa Apolonia, mientras que el almacenamiento se realiza en cinco (5) reservorios.

Una EPS tiene como fundamental objetivo brindar con eficiencia estos servicios, la cual se mide en función a la calidad, cantidad, costo, cobertura, continuidad del agua potable; en donde la calidad es un factor que se mide en función a las características químicas físicas bacteriológicas del agua que se brinda a la ciudad de Cajamarca que para garantizar un buena calidad del servicio; éstas características deben de encontrarse dentro de los límites máximos permisibles. En cuanto a la cantidad es una característica del servicio determinado por la cantidad de agua suficiente para satisfacer las necesidades mínimas por persona conocido como la dotación de agua por persona.

En cuanto al costo, este factor está en función al precio justo que se le otorga al consumo de agua potable determinado por los gastos de operación y mantenimiento del servicio; en cuanto a la cobertura se determina por el nivel de alcance del servicio a toda la población, y por último la continuidad es un factor determinado por la cantidad de agua que se le brinda a la población en cada momento, en donde si evaluamos en función a esta características la prestación del servicio de agua potable es deficiente en la ciudad de Cajamarca, debido a que existen zonas en las cuales solo tienen el servicio de agua potable por horas, y la cantidad de agua en horas de alto consumo es mínimo.

En la ciudad de Cajamarca existe los recursos necesarios para satisfacer a la población con 150 197 habitantes con una dotación urbana de 120 litros por persona se genera un volumen de 540 709 m<sup>3</sup> mensuales necesarios para abastecer a toda la población mientras que el volumen de captación asciende a los 697 967 m<sup>3</sup> de agua, es decir el agua captada es suficiente para abastecer a la ciudad de Cajamarca por lo cual los factores que influyen en la mala prestación de los servicios, se deben al manejo del agua que exista dentro de la conducción y distribución de agua potable, en donde en la ciudad de Cajamarca la EPS brinda un volumen de agua potable de 679 098 m<sup>3</sup> por mes aproximadamente es decir se pierde en el tratamiento un 2%, mientras que para medir el volumen de agua que es consumido realmente se determina en función al volumen de agua facturada que asciende a los 563 365 m<sup>3</sup> por mes es decir el volumen que se factura solo es un 83% del total y un 17% del volumen de agua producida no es facturada. Éste déficit es considerado como el índice de agua no contabilizada, este volumen genera para la EPS cuantiosas pérdidas económicas debido a que no se recupera ni genera ganancias todo lo que se invierte en la operación y mantenimiento de agua, además que disminuye la cantidad de agua que se cuenta para abastecer a la población y que al ser el agua potable un recurso agotable y no renovable genera que no sea sustentable para las próximas generaciones, en donde esta cantidad de agua perdida se registra en mayor cantidad en la distribución es decir estas pérdidas de agua se generan desde la emisión de agua en los reservorios hasta los puntos de entrega en las viviendas, en donde la mayor cantidad de pérdidas se dan por usuarios clandestinos, con un volumen de 50 872 635.00 m<sup>3</sup>, este volumen registrado por el número de conexiones clandestinas que hay en Cajamarca el cual es de 9 343.00 conexiones debido a que estas pérdidas registradas están en

función de la cantidad de viviendas que registra el INEI y la cantidad de conexiones registradas, y puede ser causado por el informalismo que existe en cuanto a abastecimientos de agua potable, además de la cantidad de viviendas que se han construido en la zona de expansión urbana que aún no cuenta con agua potable, es decir este valor puede ser afectado por viviendas que aún no cuentan con agua potable. Las pérdidas por conexiones sin medidor registran un índice de 44 818.00 m<sup>3</sup>/ mes y están en función del volumen facturado a las conexiones sin medidor, el cual es un valor asignado por la empresa “EPS SEDACAJ S.A”, y el volumen real que consumen, estas pérdidas se dan debido a que el volumen facturado no es real, son solo una estimación, el cual genera pérdidas.

Otra de las pérdidas que se registra por error en la medición, se da por la calidad de medidores; este factor genera agua no contabilizada, debido a que el medidor registra un volumen de consumo que puede ser mayor o menor del que se está consumiendo realmente, en donde si este valor es menor genera agua no facturada, este subregistro puede verse afectado por las características que presenta el medidor las cuales pueden ser por la edad de funcionamiento que tiene el medidor, la marca del medidor que se está utilizando, de acuerdo al uso o presión que tenga el inmueble, en donde la EPS no cuenta con información referente a la pérdida que se genera por subregistro, siendo este factor el más difícil de determinar debido al análisis que se tiene que hacer de los medidores que se están utilizando. Estas pérdidas son importantes de controlar debido a que si disminuyen se puede abastecer con mayor eficiencia el servicio de agua potable y además abastecer a una mayor cantidad de habitantes.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuánto es el subregistro promedio de los medidores de Cajamarca en funcionamiento hasta el año 2015 de acuerdo a su antigüedad?

## **1.3. Justificación**

La empresa prestadora de servicios “SEDACAJ S.A” no cuenta con un diagnóstico de la situación en la que se encuentra el campo de medidores de Cajamarca debido al aumento de la cobertura de micromedición, descuidándose el mantenimiento

oportuno de los medidores instalados que permitan asegurar una facturación real del consumo de los usuarios generando el aumento del porcentaje del índice de agua no contabilizada.

Este diagnóstico permitirá realizar una facturación justa tanto para el usuario como para la EPS, ya que lo que se cobra está en función del agua consumida registrada a través del micromedidor y también las políticas de gestión que se tomen en función a este diagnóstico.

#### **1.4. Limitaciones**

- Las reacciones negativas de los usuarios frente a la micromedición, durante el proceso de entrega de notificación y retiro de medidor, por el temor de una mayor facturación de consumos, optando en algunos casos por reacciones indebidas. Es por ello que se cuenta con el apoyo de SEDACAJ S.A o en caso contrario se ha tomado una cantidad de medidores extras para subsanar aquellos que no se pueden notificar o retirar el medidor.
- El registro de los datos de los micromedidores instalados no cuenta con la información necesaria y actualizada, por ello dificulta la rápida ubicación de la vivienda y en consecuencia el número de serie del medidor. Se cuenta con planos catastrales que poseen códigos que concuerdan con las notificaciones que facilitan la ubicación de las direcciones de las viviendas, en caso contrario se ha tomado una cantidad de medidores extras para reemplazar aquellos que no se puede ubicar la dirección de la vivienda.
- El laboratorio de medidores de SEDACAJ S.A no posee una disponibilidad a tiempo completo, ya que en las primeras horas del día se procede a contrastar medidores provenientes de reclamos, también la capacidad del banco volumétrico es sólo para 10 medidores por prueba, con respecto al personal técnico encargado del retiro de medidores no poseen una disponibilidad a tiempo completo, a causa de actividades mensuales como; cortes, lectura de medidas, entrega de recibos y problemas operacionales por parte de la EPS, solo se puede contar con personal para cinco días como máximo en un mes. Es por ello que se ha organizado en dos bloques, cada uno de éstos se realizarán en un mes diferente.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar el subregistro promedio de los medidores en Cajamarca de acuerdo a su antigüedad, hasta el año 2015.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Realizar un mapeo y zonificación de los doce sectores comerciales de la ciudad de Cajamarca.
- Determinar el porcentaje de medidores operativos e inoperativos de la ciudad de Cajamarca para el año 2015.
- Determinar el porcentaje de subregistro de medidores de la ciudad de Cajamarca para el año 2015.
- Determinar el porcentaje de sobregistro de medidores de la ciudad de Cajamarca para el año 2015.
- Determinar el porcentaje de medidores manipulados de la ciudad de Cajamarca para el año 2015.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Según Balaguer Barrigos, en el año 2012, en su tesis “Desarrollo de una herramienta para la evaluación preliminar de la gestión técnica de un parque de contadores domésticos. Aplicación en el abastecimiento de Aranda de Duero, España.” realizó una primera comprobación del funcionamiento de la herramienta de evaluación preliminar, tomando un estudio real del parque de contadores de Aranda de Duero. Para ello se han ensayado 151 medidores usados y se han realizado mediciones de patrones de consumo. Los resultados obtenidos del estudio fueron:

- De los medidores con diámetro nominal 13/15 mm, el estrato o grupo que mayor error global presenta es el modelo 5 con una antigüedad mayor de 20 años, cuyo error global estimado ha sido de -13,15%. Este grupo tienen una velocidad de degradación anual del error global de -0,20%.
- El segundo grupo que mayor error global presenta es el modelo 10 de medidor con una antigüedad menor de 5 años. El error global estimado ha sido de -11,58%, en este caso la velocidad de degradación anual estimada ha sido de -1,03%. En cambio, el grupo formado por este mismo modelo 10 pero con una antigüedad entre 5 y 10 años, ha obtenido un error global de -10,24%, con una velocidad de degradación anual de -0,17%, muy inferior al estimado del mismo modelo 10 con una antigüedad menor de 5 años.
- Suponemos que este comportamiento anómalo es debido a que los fabricantes, a pesar de que aparentemente se trata del mismo modelo, ya que tiene el mismo nombre y la misma apariencia externa, están modificando las características constructivas internas con el objetivo de aumentar sus beneficios, utilizando componentes mecánicos de peor calidad, que son más sensibles al desgaste de las piezas, y por tanto con una velocidad de degradación de la curva del error de medición mucho mayor.

- En cuanto a los resultados obtenidos entre el Error Global del parque de medidores domésticos (-10,80%) y el Error Global Óptimo (-11%), hay que resaltar que son muy semejantes. Por tanto se podría decir que la edad de los medidores en el abastecimiento de Aranda de Duero en España es la adecuada desde la perspectiva de calcular el tiempo óptimo que debe permanecer instalado un medidor para maximizar los beneficios.
- Sin embargo en el estudio realizado de los patrones de consumo obtenidos en campo se aprecia que en los edificios de vivienda hay casi un 10% de volumen registrado que se consume por debajo de los 18 l/h debido seguramente a fugas en el interior de las viviendas. En este caso incluso instalando medidores nuevos de clase B, estos no serían capaces de registrar estos caudales tan bajos ya que no tienen suficiente sensibilidad a en este rango de caudales.
- Por tanto la solución más óptima, en este caso, no se obtiene calculando el tiempo óptimo de renovación para que el medidor maximice los beneficios, sino instalando medidores volumétricos de clase metrológica R125, capaces de registrar consumos a bajos caudales. La mejora que se obtendría del error global sería de aproximadamente un 7%, lo que implica un sobrecoste anual de casi 60.000 euros al año.

Según Laura Delgado, en el año 2010, la EMSAPUNO S.A. empresa encargada de administrar el servicio de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Puno, se propuso en optimizar el Servicio de Agua Potable. Es así que se planificó realizar el Estudio: "Evaluación del estado metrológico del parque de medidores", con el objetivo de determinar las pérdidas de agua que se producen por el defecto del medidor en el proceso de contabilización del agua consumida por el cliente; la cantidad de medidores evaluados fue de 632 unidades. Los resultados obtenidos del estudio fueron:

- Los medidores que se encuentran instalados en la ciudad de Puno tienen un porcentaje de subregistro aproximado de -18.92% lo cual general altos índices de pérdidas económicas a la EPS.

- El caudal mínimo es el parámetro en donde los medidores tienen mayores problemas en el registro de consumos, tal es así que, el 54.12% de los medidores tienden al subregistro mientras que el 0.79% tiende al sobregistro. Menos de la mitad de los medidores se encuentra dentro del rango permisible para medidores en operación común 45.1%.
- En el caudal transitorio, el 19.15% de los medidores tiende al subregistro o se encuentra fuera del rango permisible. Asimismo, el 5.54% de los casos tiende al sobregistro, lo cual puede derivar a que los usuarios presenten reclamos por altos consumos. El 75.31% de los casos se encuentra dentro del rango permisible para medidores en uso.
- En el caso del caudal nominal, los medidores han presentado menor variación que en los anteriores caudales. El 9.81% de los casos tienden al subregistro o se encuentran fuera de los rangos permisible hacia el lado negativo. Un no despreciable 10.28% de los casos tiende al sobregistro y el 79.91% de los casos se encuentra dentro del rango permisible para medidores en servicio  $\pm 4\%$ .
- El valor estimado del volumen no medido por subregistro del medidor sería de 36 921.62 m<sup>3</sup>/mes, el cual representa un volumen anual de 443 059.44 m<sup>3</sup>/año.
- Por efecto del subregistro de los medidores, la empresa dejaría de recaudar la suma de S/. 549 393.71 al año, la misma que representa un valor excesivamente alto y que pueda cubrir otro tipo de necesidades de la EPS como ampliación del servicio, mejora de la operación del sistema, renovación de redes, renovación del parque de medidores, etc.
- Existe una relación directa entre el porcentaje de subregistro de los medidores con la lectura acumulada del medidor o conocido también como volumen acumulado. Ésta situación se agrava más cuando los medidores exceden el volumen acumulado de 1 000 m<sup>3</sup>, debido a que los valores del porcentaje de error para todos los caudales característicos se encontrarían fuera de los rangos permisibles.

Según Vega Varias, en el año 2003, realizó una Evaluación del desempeño de medidores domiciliarios y estimación del error de medición en el sistema de agua potable de la ciudad de Lima y Callao, con el objetivo de evaluar el desempeño de los medidores domiciliarios de agua potable, como preocupación por el alto número de reclamos comerciales por registro elevado de consumo, presentados al Tribunal de Reclamos por los usuarios del servicio, atribuidos principalmente al mal funcionamiento de los medidores. Para el estudio se realizó un muestreo estadístico de las conexiones con servicio medido, se seleccionó aleatoriamente y sistemáticamente un total de 423 medidores. Los resultados obtenidos del estudio fueron:

- Los medidores con error de medición de sobregistro e indefinidos representan el 4.9% de la muestra, los medidores operativos 34.5%, y los medidores que subregistran 60.5%.
- El error de medición del Parque de Medidores de la ciudad de Lima y Callao, representaría entre el -11 y -14% del volumen medido. Se atribuye el 5% de este volumen es por error tecnológico.
- El valor estimado del volumen submedido sería de S/. 45 954.462 a 59 575.204/año, que representa entre 7.6 a 9.9 % del importe anual facturado por SEDAPAL.

Según EPSASA S.A, 2000, empresa encargada de administrar el servicio de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Ayacucho, desarrolló un Plan estratégico para reducir y controlar el indicador de agua no contabilizada. Con el objetivo de determinar el porcentaje de subregistro o sobregistro en medidores instalados, para estimar los volúmenes que se dejan de registrar debido a los mismos. Para el desarrollo del plan se seleccionó un sector representativo por ser este el de mayor cobertura de medición y tener aproximadamente 24 horas de continuidad. La población es de 3 689 conexiones con medidor y se obtuvo un tamaño de muestra de 66 unidades. Los resultados obtenidos del estudio fueron:

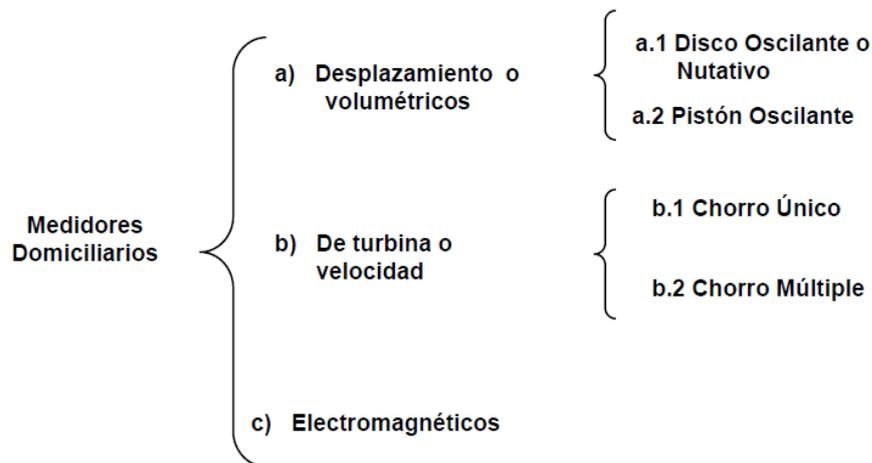
- Se registró y analizó los datos obtenidos encontrando en promedio un porcentaje de subregistro del 20,99% en la muestra seleccionada.
- Se observa que el 95% de los medidores desaprueban en bajo caudal, lo que resta oportunidad de registrar consumos por probables fugas en las instalaciones.

## 2.2. Bases Teóricas

### I. MEDIDORES DE AGUA POTABLE

#### 1. Tipos de medidores

Imagen N° 01: Tipos de medidores



Fuente: Toledo Gutiérrez, 2011

#### A. Medidores de desplazamiento o volumétricos

La medición se efectúa mediante el recuento del número de fracciones en la unidad de tiempo. Los tipos de medidores por desplazamiento son: disco oscilante o nutativo y pistón oscilante (Toledo Gutiérrez, 2011).

##### A.1. Medidores de disco oscilante o nutativo

Tan pronto como el fluido penetra en el espacio entre el disco y las paredes de la cámara, empuja al disco hacia delante imprimiéndole un movimiento de oscilación

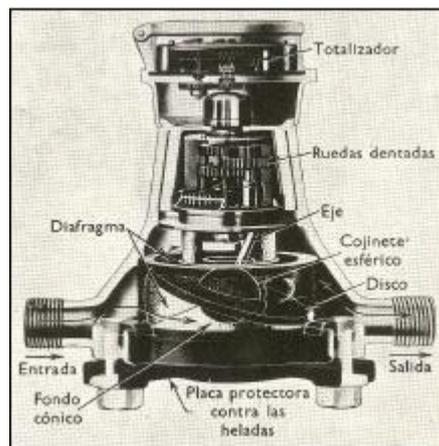
rotatoria. El movimiento del disco y del eje es similar al de un trompo en el momento en que llega al final de su impulso de giro. Su ventaja es su bajo costo, mientras que sus desventajas pueden ser su deficiente funcionamiento en aguas no filtradas, los medidores volumétricos no se deben colocar en cualquier posición ya que su vida media se reduce significativamente (Toledo Gutiérrez, 2011).

**Imagen N° 02: Disco Nutativo**



**Fuente:** BadgerMeter, 2004

**Imagen N° 03: Disco Nutativo**



**Fuente:** BadgerMeter, 2004

## **A.2. Medidores de pistón oscilante**

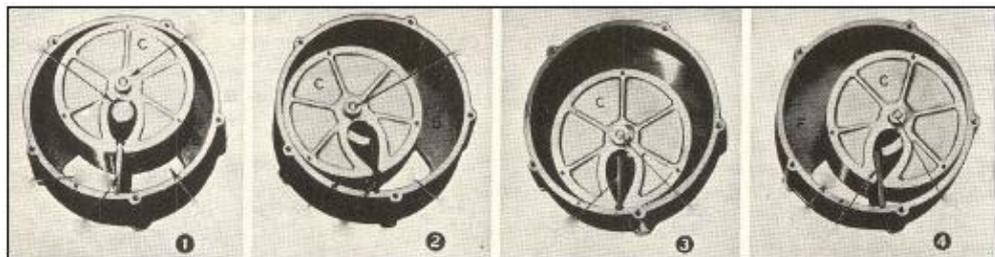
La siguiente figura representa la cámara de medida de un medidor de pistón oscilante, mostrando a esta pieza en cuatro posiciones de una misma revolución, equidistantes entre sí. El pistón va guiado por el eje, el cual sigue una trayectoria circular entre el anillo interno y un rodillo central. Una prolongación del eje que atraviesa la cubierta de la cámara comunica el volumen total del fluido que ha circulado por el medidor. El fluido penetra y pasa alrededor del espacio anular,

entre los anillos externo e interno, hacia el orificio de descarga (Toledo Gutiérrez, 2011).

Su ventaja es que es de bajo costo, y sus desventajas son deben instalarse en sistemas de agua con un alto grado de filtración, pues cualquier cantidad, por insignificante que sea de materiales en suspensión en el agua tales como arena partículas vegetales, sales de calcio, etc. (Toledo Gutiérrez, 2011).

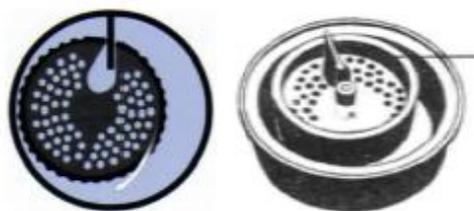
Detienen el medidor, obturando el paso del agua. Si no están debidamente instalados producen vibraciones en la línea de salida con las consecuentes molestias para el consumidor (Toledo Gutiérrez, 2011).

**Imagen N° 04:** Funcionamiento de un medidor de Pistón Oscilante



**Fuente:** BadgerMeter, 2004

**Imagen N° 05:** Funcionamiento de un medidor de Pistón Oscilante

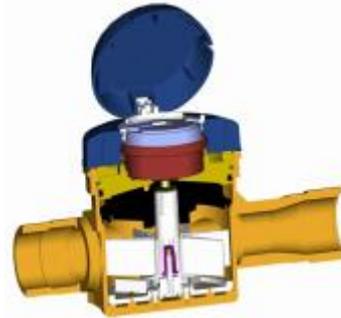


**Fuente:** BadgerMeter, 2004

## **B. Medidores de turbina o velocidad.**

Es el medidor que está compuesto por un conjunto de elementos móviles en movimiento directo por la velocidad del flujo de agua (Dajes Castro, 2012).

**Imagen N° 06: Medidor de turbina o velocidad**



**Fuente:** Toledo Gutiérrez, 2011

Estos medidores emplean un procedimiento mecánico y que por acción de la velocidad del agua giran un mecanismo móvil, el cual puede ser una turbina o hélice (Dajes Castro, 2012).

**B.1. Medidores de chorro único:**

Es un medidor de velocidad, esta tecnología se utiliza para registrar consumos domésticos. Su funcionamiento se basa en la incidencia tangencial de un chorro de agua sobre la turbina alojada en el interior de la carcasa. La velocidad de giro de la turbina es directamente proporcional a la velocidad de impacto del agua sobre la misma y por tanto, el caudal circulante. Cualquier alteración en la relación existente entre el caudal circulante y la velocidad de giro de la turbina, afectará a los errores de medida y alterará la curva de error (Arregui de la Cruz, Cabrera Rochera, & Cobacho Jordán, 2007).

Se usan principalmente en diámetros comprendidos entre los 7 y 20 mm. La base de la cámara de medición donde se aloja la turbina puede ser lisa o con nervios cuya función de dichos nervios es la de provocar un régimen turbulento a caudales bajos, permitiendo de este modo que la curva de error se mantenga dentro de los límites metrológicos establecidos, mientras que como efecto negativo existe la presencia de los nervios genera un martilleo que podría deteriorar a medio plazo los puntos de apoyo de la turbina, provocando un desgaste prematuro del instrumento. La turbina actúa como un elemento primario. Es decir, transforma la velocidad lineal del flujo en movimiento rotacional.

Normalmente se fábrica en plásticos densidad ligeramente menor que la del agua. El objetivo es que la turbina flote y apoye únicamente en el extremo del eje, reduciéndose así su resistencia al giro por rozamiento. En el grupo de apoyo, se suele colocar un zafiro o rubí sintético, o cualquier otro elemento resistente al desgaste (Arregui de la Cruz, Cabrera Rochera, & Cobacho Jordán, 2007).

**Imagen N° 07:** Medidor de chorro único.



**Fuente:** Contadores de Riego Contariego, 2011

## **B.2. Medidores de chorro múltiple:**

Los contadores de chorro múltiple se incluyen, al igual que los de chorro único, en el grupo de los contadores de velocidad. Este tipo de contadores son muy utilizados en redes de riego, generalmente, en tuberías terciarias y en establecimientos e industrias donde el consumo de agua es superior al de un domicilio y se requiere el uso de instrumentos mecánicamente más robustos. Los tamaños oscilan entre 15 y 50 mm, es decir, hasta un caudal nominal de 15 m<sup>3</sup>/h (Arregui de la Cruz, Cabrera Rochera, & Cobacho Jordán, 2007).

De la misma forma que en el caso de los contadores del apartado anterior, la velocidad de giro de la turbina depende de la velocidad de impacto del agua sobre la misma. Por ello, cualquier modificación en la relación entre el caudal y la velocidad a la cual debe entrar el agua en la cámara de la turbina implica una alteración en la curva de error. La diferencia de funcionamiento con respecto a los

contadores de chorro único está en cómo incide el agua en la turbina. En los contadores de chorro único el agua entra a través de la tobera e incide directamente sobre la turbina, mientras que en los de chorro múltiple existe una cámara que reparte el agua en varios chorros distribuidos circularmente alrededor de la turbina. Con esta característica se consigue un funcionamiento más equilibrado de la turbina y, en teoría, mayor durabilidad del contador (Arregui de la Cruz, Cabrera Rochera, & Cobacho Jordán, 2007).

Como en el instrumento anterior, los elementos principales de los que consta un contador de chorro múltiple son un totalizador y una turbina. En este caso, la turbina se encuentra alojada dentro de una cámara de distribución plástica con diversas aberturas por donde entra el agua. Esta cámara se protege de sólidos en suspensión y sedimentos con un filtro (Arregui de la Cruz, Cabrera Rochera, & Cobacho Jordán, 2007).

En los contadores de chorro múltiple, la regulación de la curva de error se logra gracias a la presencia de un circuito en paralelo que ajusta el porcentaje de flujo incidente sobre la turbina dentro de unos márgenes adecuados. Para evitar la obturación de este circuito, el instrumento dispone de un segundo filtro a la entrada. No obstante, en caso de taponarse este by-pass, a causa de precipitaciones calcáreas o sólidos en suspensión de cierto tamaño, la velocidad de circulación del agua por la turbina será superior a la esperada para un determinado caudal, por lo que la turbina girará a mayor velocidad. Es decir, en estos casos, los errores de conteo se volverán positivos (Arregui de la Cruz, Cabrera Rochera, & Cobacho Jordán, 2007).

**Imagen N° 08:** Despiece de un contador de chorro múltiple



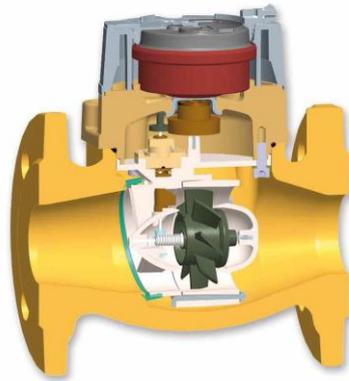
**Fuente:** Contadores de Riego Contariego, 2011

### **B.3. Medidores Woltman**

Se denominaron Woltman a este tipo de contadores de agua. Normalmente este tipo de instrumentos de mayor tamaño son utilizados comúnmente en instalaciones de agua donde los caudales circulantes son elevados. Su elemento primario, como en todos los contadores de velocidad, es una hélice sobre la que incide, en dirección axial, el flujo de agua (Montero García & Añón Almazán, 2013).

La velocidad de giro de la misma es función tanto del caudal como de las características constructivas de la hélice, y del ángulo de ataque del agua sobre sus álabes (Montero García & Añón Almazán, 2013).

**Imagen N° 09:** Medidor Woltman



Corte transversal de un contador Woltmann de eje horizontal



Interior de la cámara de medición de un Woltmann de eje horizontal.

**Fuente:** Contadores de Riego Contrariego, 2011

Existen tres tipos de contador Woltmann en función de sus características constructivas y del eje de rotación de la turbina: los de eje horizontal, los de eje vertical y los Woltmann en codo. En los contadores Woltmann de eje horizontal la dirección del flujo de agua coincide con el eje de giro de la turbina, en cambio, los de eje vertical el avance del fluido se produce perpendicularmente al eje de giro. La tecnología en codo es poco habitual y se utiliza para la medición del agua en pozos y en riego (Montero García & Añón Almazán, 2013).

En los contadores Woltmann de eje horizontal, es lógico pensar que el perfil de velocidades a la entrada juega un papel importante en la metrología del mismo. Estudios realizados en torno a este aspecto muestran la necesidad de establecer cierta longitud de tubería recta para regularizar de nuevo un perfil previamente distorsionado por otro elemento hidráulico (Montero García & Añón Almazán, 2013).

**Imagen N° 10:** Medidor Woltman



**Fuente:** Contadores de Riego Contariego, 2011

En ocasiones, fundamentalmente en redes de riego, es posible encontrar una variante de los contadores de eje vertical a la que se le añade una válvula de control o regulación. Esta válvula actúa cuando por el contador ha circulado un determinado volumen de agua o simplemente para limitar el caudal, la presión o ambos parámetros. A estos contadores se les denomina comúnmente válvulas contador, válvulas volumétricas, o hidrómetros. Su calidad metrológica es baja (Montero García & Añón Almazán, 2013) .

También existen contadores Woltmann de pequeños calibres, aunque su uso no está generalizado. Los Woltmann de eje horizontal tienen mayor capacidad de caudal para un mismo diámetro que los de eje vertical y en codo. Sin embargo su sensibilidad a caudales bajos con respecto a los contadores de eje vertical es inferior (Montero García & Añón Almazán, 2013).

## 2. Clase de medidores

En la ciudad de Cajamarca existen dos tipos de clases de medidores.

- **Clase R100:** Éstos medidores se rigen bajo la Norma Metrológica Peruana NMP005-2011.

**Tabla N° 01:** Medidores clase R100

Caudal (Lts/seg)	Tiempo (min)	Volumen Mínimo del ensayo en
---------------------	-----------------	---------------------------------

		<b>Litros (L)</b>
<b>Q3=2500</b>	2.4	100
<b>Q2=40</b>	15	10
<b>Q1=25</b>	24	10

**Fuente:** INDECOPI, 2011

- **Clase A:** Éstos medidores se rigen bajo la Resolución de Consejo Directivo N°011-2007-SUNASS-CD.

**Tabla N° 02:** Medidores clase A

<b>Caudal (Lts/seg)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Volumen Mínimo del ensayo en Litros (L)</b>
<b>Qn=1500</b>	4	100
<b>Qt=120</b>	5	10
<b>Qmin=30</b>	20	10

**Fuente:** Alva, 2009

### 3. Modelos Aprobados según Norma Metrológica Peruana

**Tabla N° 03:** Modelos Aprobados según Norma Metrológica Peruana 005:1996

<b>Empresa</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Tipo Ch.</b>
<b>DONGHAI DH DEL PERU S.A.C.</b>	DH	LXSG 15E-T	M
<b>DONGHAI DH DEL PERU S.A.C.</b>	DH	LXSG-13-D	U
<b>COMPAÑÍA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL AGUA SA</b>	CICASA	MMD-15 NG	M

DE CV.

Fuente: INACAL- Instituto Nacional de Calidad, 2015

Tabla N° 04: Modelos Aprobados según Norma Metrológica Peruana 005:2011

Empresa	Marca	Modelo	Diámetro Nominal	Procedencia	N° Cert.
ELSTER MEDIDORES S.A.	ELSTE R	M 170	15 mm	BRASIL	<u>SNM/LVD 00</u> <u>1 2012</u>
ITRON SOLUCOES PARA ENERGIA E AGUA LTDA.	ITRON	MULTIM AG TM III	15 mm	BRASIL	<u>SNM/LVD 00</u> <u>1 2013</u>
ITRON SOLUCOES PARA ENERGIA E AGUA LTDA.	ITRON	MULTIM AG TM III	20 mm	BRASIL	<u>SNM/LVD 00</u> <u>2 2013</u>
DONGHAI REPRESENTACION ES Y SERVICIOS S.A.C.	DH	LXSGY- 15E	15 mm	CHINA	<u>SNM/LFL 00</u> <u>1 2013</u>
DONGHAI REPRESENTACION ES Y SERVICIOS S.A.C.	DH	LXSG- 20E	20 mm	CHINA	<u>SNM/LFL 00</u> <u>2 2013</u>
ITRON SOLUCOES PARA ENERGIA E AGUA LTDA.	ITRON	UNIMAG TU 4	20 mm	ITALIA	<u>SNM/LFL 00</u> <u>1 2014</u>
MEDILESER S.A.C.	ELSTE R	M 170	15 MM	BRASIL	<u>SNM/LFL 00</u> <u>2 2014</u>
ITRON SOLUCOES PARA ENERGIA E AGUA LTDA.	ITRON	MEDIS CYBLE <sup>T</sup> M	15 mm	ITALIA	<u>SNM/LFL 00</u> <u>3 2014</u>

<b>MEDILESER S.A.C.</b>	ELSTE R	S 150	20 mm	ESPAÑA	<u>SNM/LFL_00</u> <u>4_2014</u>
<b>MEDILESER S.A.C.</b>	ELSTE R	V 200	25 mm	INGLATERR A	<u>SNM/LFL_00</u> <u>5_2014</u>
<b>ITRON SOLUCOES PARA ENERGIA E AGUA LTDA.</b>	ITRON	FLODIS CYBLE	15 mm	BRASIL	<u>SNM/LFL_00</u> <u>1_2015</u>
<b>ITRON SOLUCOES PARA ENERGIA E AGUA LTDA.</b>	ITRON	FLODIS CYBLE	20 mm	BRASIL	<u>SNM/LFL_00</u> <u>2_2015</u>
<b>MEDILESER S.A.C.</b>	ELSTE R	V 200	15 mm	INGLATERR A	<u>DM/LFL_003</u> <u>2015</u>
<b>MEDILESER S.A.C.</b>	ELSTE R	S 220	20 mm	ESPAÑA	<u>DM/LFL_004</u> <u>2015</u>
<b>ITRON SOLUCOES PARA ENERGIA E AGUA LTDA.</b>	ITRON	AQUADI S+	25 mm	FRANCIA	<u>DM/LFL_005</u> <u>2015</u>

**Fuente:** INACAL- Instituto Nacional de Calidad, 2015

## II. CONTRASTACIÓN DE MEDIDORES DE AGUA:

Procedimiento técnico que determina el grado de precisión del medidor de agua potable de acuerdo a las normas metrológicas vigentes y las recomendaciones establecidas en el Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de Saneamiento Este procedimiento consiste en la comparación entre el volumen de agua potable registrado por un medidor contra un instrumento patrón certificado por INDECOPI (Laura Delgado, 2013).

Tiene como finalidad asegurar procesos confiables y transparentes para la contrastación de los medidores instalados en las conexiones domiciliarias de agua potable (Laura Delgado, 2013).

## **1. Tipos de contrastación:**

### **a. En Laboratorio:**

Prueba ejecutada en las instalaciones de la empresa contrastadora utilizando un banco de ensayo certificado por INDECOPI (Laura Delgado, 2013).

La contrastación de medidores se realizará de acuerdo a lo establecido en la norma metrológica peruana NMP 005-3: 2011, Medición del Flujo de Agua en conductos cerrados. Medidores para agua potable fría. Parte 3: Métodos y Equipos de ensayo. La contrastadora ejecutará la contrastación en sus instalaciones utilizando el banco de ensayo certificado por INDECOPI (Laura Delgado, 2013).

### **b. En Campo:**

Prueba ejecutada por una Empresa Contrastadora en el lugar donde se encuentra instalado el medidor (Laura Delgado, 2013).

## **2. Bancos de medidores:**

Es la estructura fundamental para mantenimiento correctivo y preventivo de hidrómetros. Además de reparar y calibrar hidrómetros, debe funcionar como laboratorio de investigaciones y suministrar información necesaria para una buena política de adquisición y mantenimiento de medidores debe tener un proceso de trabajo de tipo industrial y cumplir con los principios técnicos y de productividad. De sus investigaciones puede depender la correcta selección del hidrómetro que se va adquirir y la eficiencia de la micromedición (Laura Delgado, 2013).

### **a. Tipos de bancos de medidores:**

En la conferencia presentada por el Ingeniero Vladimir Laura titulado como bancos de medidores – taller de medidores afirma que los tipos de bancos de medidores se clasifican en:

- **Bancos Volumétricos**

Usan tanques con escalas graduadas que permiten saber la cantidad de agua que pasa por hidrómetros que se prueban (Laura Delgado, 2013).

- **Bancos Gravimétricos**

Usan una balanza cuya palanca se gradúa en unidades de volumen. Emplean reservorios de dimensiones libres y son más precisos que sus similares volumétricos (Laura Delgado, 2013).

Es usado en laboratorios donde se exige mayor precisión, como en el caso de la calibración de medidores de procesos industriales (Laura Delgado, 2013).

- **Bancos de Principio Óptico**

Usan el principio estroboscópico con sensor fijo en el hidrómetro patrón y otro sensor colocado en el medidor en el momento de la calibración; la precisión se deduce de la comparación de las revoluciones. Se basa en la comparación de un hidrómetro probado con un patrón (Laura Delgado, 2013).

- **Bancos Portátiles**

Los bancos de prueba portátiles son los que se fabrican para probar hidrómetros en el terreno. Las condiciones de presión varían durante de la prueba, motivo por el cual estos tienen una precisión inferior a las obtenidas en un banco fijo. Las pruebas en el terreno se recomiendan para la calibración de hidrómetros industriales y para atención de reclamos de consumo (Laura Delgado, 2013).

**b. Pruebas ejecutadas en el banco de medidores:**

Como garantía de correcta selección y control de calidad de los hidrómetros adquiridos y reparados, es necesario que se realice pruebas que permitan conocer sus características de funcionamiento; se puede determinar la curva

de errores en toda su extensión con las respectivas pérdidas de presión o probar su resistencia a la fatiga (Laura Delgado, 2013).

En la conferencia del Ingeniero Vladimir luna también especifica que las pruebas para realizar el control de la calidad de los hidrómetros se clasifican en tres categorías (Laura Delgado, 2013):

• **Pruebas de aprobación del modelo.**

Deben efectuarse cada vez que un fabricante presente un nuevo tipo o modelo de medidor. “Verificar las características de funcionamiento en el tiempo” (Laura Delgado, 2013).

• **Prueba inicial o de rutina**

Es la que se realiza para verificar la precisión de medidores nuevos o reparados; consiste en la medición de tres caudales: el mínimo, el transicional y el nominal. Es la acción de control de calidad que asegura que todos los medidores instalados sean precisos dentro límites aceptables (Laura Delgado, 2013).

Esta es la prueba que predomina en los talleres de hidrómetros ya que todos los hidrómetros, sea nuevo o reparado, se someten a esta prueba. La prueba inicial consiste en probar los hidrómetros en tres caudales (Laura Delgado, 2013):

**Tabla N° 05:** Caudales y Volúmenes para la Contrastación en Laboratorio

<b>Flujo</b>	<b>Caudal de ensayo (L/h)</b>	<b>Volumen Mínimo del ensayo en Litros (L)</b>
<b>Mínimos</b>	Entre $q_{min}$ y $1,1 q_{min}$	10
<b>Transitorio</b>	Entre $q_t$ y $1,1 q_t$	10

---

<b>Permanente</b>	Entre 0.9 qp y 1,0 qp	100
-------------------	-----------------------	-----

---

**Fuente:** INDECOPI, NORMA METROLÓGICA PERUANA NMP 005-3, 2011

• **Prueba de conformidad del modelo**

Tiene por objetivo verificar si un determinado modelo de hidrómetro, aprobado anteriormente, mantiene las mismas características que tenía en el momento de su aprobación. En realidad, esta prueba permite verificar si hubo modificación por parte del fabricante de un modelo aprobado (Laura Delgado, 2013).

**c. Precauciones en los bancos de prueba:**

En la conferencia dada por el ingeniero Vladimir Luna presenta ciertas precauciones que se debe de tener en el banco de pruebas (Laura Delgado, 2013):

- Los bancos de prueba deben proyectarse, construirse y usarse de modo que su desempeño no contribuya significativamente a la imprecisión en las pruebas.
- Para probar medidores en serie, el banco debe conservar las características individuales de cada medidor e impedir la interferencia entre los mismos.
- El banco de prueba debe poseer alimentación individual de un tanque elevado o sistema especial de bombeo.
- El banco debe instalarse de modo que los medidores en prueba estén en plano horizontal y los tanques calibrados en posición perfectamente perpendicular al plano.

- El diámetro de la tubería que alimenta los bancos debe ser adecuada al caudal previsto, de acuerdo a la presión disponible. El sistema de alimentación del banco debe ser provisto de un filtro.
- El banco de pruebas debe de construirse de tal manera que al llenarlo, el aire sea evacuado y que al vaciarlo, el líquido fluya rápida y completamente.
- Con respecto a la calidad del agua las pruebas deben de realizarse con agua que presente las mismas características del sistema de abastecimientos de agua en consideración. El agua no debe contener ningún elemento capaz de dañar el medidor o afectar su operación. La temperatura del agua debe situarse entre 0°C y 40°C y no debe contener burbujas de aire.
- Con respecto al aire antes de iniciada la prueba se debe de eliminar toda presencia de aire en el sistema.
- El volumen de contenido en la tubería debe ser el mismo tanto principio como al final de la prueba es decir antes de la prueba se debe realizar un minucioso examen y verificar la existencia de posibles fugas.
- Deben de tomarse precauciones para evitar los efectos de la vibración o choques de banco de medidores.

#### **d. Consideraciones del banco de medidores.**

- Los medidores de la clase A y la clase R100 no se pueden contrastar en el mismo grupo.
- El banco de medidores tiene una capacidad de 10 medidores de la Clase A y 7 medidores de la clase R100.
- Cada prueba dura 45 minutos para los de clase A y para los de clase R100 60 min.

- En un día se realiza la contratación de 50 medidores.
- Los medidores se retiran un día antes de la prueba de contrastación.
- Si el medidor resulta operativo se reinstalara máximo 2 días después de la prueba.

### **3. Resultados de contrastación:**

#### **a. Medidor operativo:**

Quando los resultados de los caudales se encuentran dentro de las tolerancias de precisión establecidas en la Resolución de Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales N° 0063-2006/CRT-INDECOPI. El medidor está operativo si el error calculado para cada caudal de ensayo se encuentra dentro de los errores máximos permisible determinados por la Norma Metrológica Peruana (SUNASS, 2007).

#### **b. Medidor inoperativo:**

Quando al menos uno de los resultados de los caudales no se encuentran dentro de las tolerancias de precisión establecidas en la Resolución de Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales N° 0063-2006/CRT-INDECOPI (SUNASS, 2007).

Dentro de los medidores inoperativos se encuentran 2 tipos de errores los cuales son:

- **Medidor con sobregistro:**

Medidor inoperativo que, en por lo menos uno de los caudales de ensayo, registra un volumen de agua mayor del que realmente ha pasado a través del mismo. Es decir, registra consumos mayores a su consumo real (Laura Delgado, 2013).

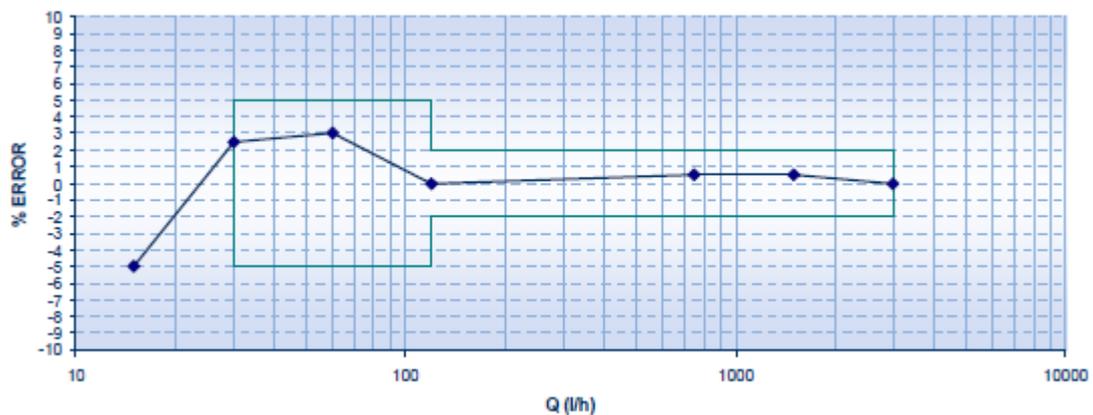
- **Medidor con subregistro:**

Medidor inoperativo que, en al menos uno de los caudales de ensayo, registra un volumen de agua menor del que realmente ha pasado a través del mismo. Es decir, registra consumos menores a su consumo real (Laura Delgado, 2013).

### III. ERROR DE MEDICIÓN DE LOS CONTADORES

En el banco de contadores para cada uno de los medidores ensayados se realiza la medición de error a diferentes caudales. El error entre los caudales ensayados se interpola, obteniéndose una curva que nos permite caracterizar el error de medición global del medidor (Laura Delgado, 2013):

**Diagrama N° 01:** Curva de error de contador a partir de puntos de ensayo.



**Fuente:** Contadores de Riego Contariego, 2011

### IV. CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS

#### 1. Designación del medidor y caudal permanente (Q3)

Los medidores de agua son designados de acuerdo con el caudal permanente Q3 en metros cúbicos por hora y la relación entre Q3 y el caudal mínimo Q1 (INDECOPI, 2011).

## **2. Relación entre el caudal permanente (Q3) y el caudal de sobrecarga (Q4), para medidores de 1/2"**

El caudal de sobrecarga está definido por:  $Q4/Q3 = 1,25$  (INDECOPI, 2011).

## **3. Relación entre el caudal de transición (Q2) y el caudal mínimo (Q1), para medidores de 1/2"**

Se debe determinar el caudal de transición de acuerdo con:  $Q2/Q1 = 1,6$  (INDECOPI, 2011).

## **4. Caudal de referencia**

El caudal a utilizar como caudal de referencia está definido por la siguiente fórmula:

Caudal de referencia =  $0,7 \times (Q2 + Q3) + 0,03 \times (Q2 + Q3)$  (INDECOPI, 2011).

## **5. Error máximo permisible**

### **5.1. Error máximo permisible durante el servicio.**

Los errores máximos permisibles de un medidor de agua mientras se encuentra en servicio, deben ser dos veces los errores máximos permisibles (INDECOPI, 2011).

### **5.2. Alcance del flujo inferior del EMP**

El error máximo permisible, positivo o negativo, en los volúmenes suministrados a caudales que se encuentran entre el caudal mínimo (Q1) y el caudal de transición (Q2) (excluido) es 5% para agua con una temperatura dentro de las CNF (INDECOPI, 2011).

### **5.3 Alcance del flujo superior del EMP**

El error máximo permisible, positivo o negativo, en los volúmenes suministrados a caudales que se encuentran entre el caudal de transición (Q2) y el caudal de sobrecarga (Q4) es igual a:

- 2 % para agua con una temperatura  $\leq 30$  °C.
- 3 % para agua con una temperatura  $> 30$  °C.

(INDECOPI, 2011)

#### 5.4 Signo del error

Si todos los errores dentro del alcance de medición del medidor de agua tienen el mismo signo, por lo menos uno de los errores debe ser inferior a la mitad del error máximo permisible (EMP) (INDECOPI, 2011).

#### 5.5 Flujo invertido

El fabricante debe especificar si el medidor está diseñado para medir el flujo invertido. Si es así, el volumen del flujo invertido debe restarse al volumen indicado o se debe registrar por separado. El mismo EMP debe aplicarse al flujo directo e invertido (INDECOPI, 2011).

Los medidores de agua que no están diseñados para medir el flujo invertido, deben evitarlo o ser capaces de soportar un flujo invertido accidental sin ningún deterioro o cambio en las propiedades metrológicas para el flujo directo (INDECOPI, 2011).

### 6. Clases de presión del medidor

#### 6.1. Presión del agua admisible

Se debe medir la presión del agua aguas arriba de la entrada del medidor para la evaluación de PMA y aguas abajo de la salida del medidor para la evaluación de PmA (INDECOPI, 2011).

La presión mínima admisible, PmA, debe ser igual a 30 kPa (0,3 bar).

Los medidores forman clases de presión máxima admisible correspondientes a los diferentes valores de PMA de las siguientes series de ISO, seleccionados por el fabricante, tal como se muestra en la Tabla N° 06 (INDECOPI, 2011).

**Tabla N° 06 - Clases de presión del agua**

<b>Clase</b>	<b>PMA Mpa (bar)</b>	<b>Condición de referencia Mpa</b>
--------------	----------------------	------------------------------------

		(bar)
<b>PMA 6<sup>a</sup></b>	0,6 (6)	0,2 (2)
<b>PMA 10</b>	1,0 (10)	0,2 (2)
<b>PMA 16</b>	1,6 (16)	0,2 (2)
<b>PMA 25</b>	2,5 (25)	0,2 (2)
<b>PMA 40</b>	4,0 (40)	0,2 (2)

**Fuente:** INDECOPI, 2011

En las localidades donde la presión de suministro sea menor de 0,3 bar se podrá seleccionar medidores que tengan una presión de trabajo mínima admisible menor de 0,3 bar siempre que pueda ser demostrado por el proveedor (INDECOPI, 2011).

## **6.2. Presión interna**

El medidor de agua debe ser capaz de soportar la presión interna de acuerdo con la clase respectiva obtenida de la Tabla N° 06. Se debe ensayar esto de acuerdo con el ensayo correspondiente establecido en NMP 005-3 (INDECOPI, 2011).

## **6.3. Medidores concéntricos**

En el ensayo de presión de medidores de agua concéntricos; el sello se encuentra en la interfase del medidor Concéntrico / múltiple (INDECOPI, 2011).

También se debe ensayar esto para asegurarse de que no se produzcan fugas internas no reveladas entre los pasos de entrada y salida del medidor (INDECOPI, 2011).

Cuando se realiza el ensayo de pérdida de presión, se deben ensayar el medidor y el múltiple juntos (INDECOPI, 2011).

## **6.4. Alcance de presión de trabajo**

Los medidores de agua deben funcionar hasta un alcance de presión de trabajo de al menos 1 MPa (10 bar), salvo los medidores con un tamaño de tubería de 500 mm o más en los cuales el alcance de presión de trabajo debe ser de 0,6 MPa (6 bar) como mínimo (INDECOPI, 2011).

### **6.5. Alcance de trabajo para temperatura ambiente**

Los medidores de agua deben funcionar en el alcance de temperatura ambiente de + 5°C a + 55 °C. Los medidores con dispositivos electrónicos y nivel de severidad clase 3 deben funcionar en el alcance de temperatura ambiente de – 25 °C a + 55 °C (INDECOPI, 2011).

En las localidades donde la temperatura ambiente sea menor a 5 °C se puede seleccionar medidores diseñados para funcionar a una temperatura menor a 5 °C siempre que el proveedor pueda demostrar esta característica (INDECOPI, 2011).

## **V. ENSAYOS PARA DETERMINAR LOS ERRORES DE INDICACIÓN**

### **5.1 Generalidades**

El método es para determinar los errores de medición es el denominado método de “recolección” en el cual la cantidad de agua que pasa por el medidor de agua, se recolecta en uno o más recipientes colectores y su cantidad se determina volumétricamente o por pesaje. Se pueden utilizar otros métodos siempre y cuando se alcancen los niveles de exactitud de ensayo establecidos en esta parte de NMP 005 (INDECOPI, 2011).

### **5.2 Principio**

La verificación del error de medición consiste en comparar las indicaciones dadas por el medidor sometido a ensayo contra un dispositivo de referencia calibrado (INDECOPI, 2011).

### **5.3 Descripción del banco de prueba**

El banco de prueba consta típicamente de:

- Un suministro de agua (tuberías principales, tanque no presurizado, tanque presurizado, bomba, etc.).
- Tuberías.
- Un dispositivo de referencia calibrado (tanque calibrado, medidor de referencia, etc.)
- Medios para medir el tiempo del ensayo.
- Dispositivos para automatizar el ensayo.
- Medios para medir la temperatura del agua.
- Medios para medir la presión del agua.
- Medios para determinar la densidad si fuese necesario.
- Medios para determinar la conductividad si fuese necesario (INDECOPI, 2011).

## 5.4 Tuberías

### 5.4.1 Descripción

Las tuberías deben incluir:

- Una sección de ensayo en la que se coloque(n) el(los) medidor(es).
- Medios para establecer el caudal deseado.
- Uno o dos dispositivos aisladores.
- Medios para determinar el caudal.

Y si fuese necesario:

- Una o más tomas de aire.
- Un dispositivo de no retorno.
- Un separador de aire.
- Un filtro (INDECOPI, 2011).

Medios para verificar que las tuberías están llenas hasta un nivel de referencia antes y después del ensayo (INDECOPI, 2011).

Durante el ensayo, no se debe permitir la fuga de flujo, entrada de flujo ni drenaje de flujo tanto entre el(los) medidor(es) y el dispositivo de referencia como en el propio dispositivo de referencia (INDECOPI, 2011).

Las tuberías deben ser tales que en la salida de todos los medidores exista una presión positiva de por lo menos 0,3 bar con cualquier caudal (INDECOPI, 2011).

#### **5.4.2 Sección de ensayo**

La sección de ensayo incluye, además del (de los) medidor(es):

- Una o más tomas de presión para la medición de la presión, de las cuales una sola toma de presión se encuentra ubicada aguas arriba de y junto al primer medidor (INDECOPI, 2011).
- De ser necesario, medios para medir la temperatura del agua en la entrada al primer medidor (INDECOPI, 2011).

Ninguno de los componentes de tubería o dispositivos ubicados en la sección de medición debe originar cavitación o perturbaciones de flujo capaces de alterar el funcionamiento de los medidores o causar errores de medición (INDECOPI, 2011).

#### **5.4.3 Precauciones que se deben tomar durante los ensayos**

La operación del banco de prueba debe ser tal que la cantidad de agua que ha fluido por el(los) medidor(es) es igual que la medida por el dispositivo de referencia (INDECOPI, 2011).

Deben realizarse verificaciones para asegurar que los tubos (por ejemplo, el cuello de cisne del tubo de salida) estén llenados hasta el mismo nivel de referencia tanto al comienzo como al final del ensayo (INDECOPI, 2011).

Se debe sacar el aire que existe en la tubería de interconexión y el(los) medidor(es) (INDECOPI, 2011).

Se deben tomar todas las precauciones para evitar los efectos de la vibración y los golpes (INDECOPI, 2011).

#### **5.4.4 Configuraciones especiales para la instalación de determinados tipos de medidores.**

##### **5.4.4.1 Principios.**

Las disposiciones de los siguientes apartados abordan las causas más frecuentes de error y las precauciones necesarias para la instalación de los medidores de agua en el banco de prueba y se basan en las recomendaciones de OIML D 4, destinada a ayudar a lograr una instalación de ensayo donde (INDECOPI, 2011):

Las características del flujo hidrodinámico no ocasionan diferencias perceptibles en el funcionamiento del medidor cuando se comparan con las características del flujo hidrodinámico que están libres de perturbaciones (INDECOPI, 2011).

##### **5.4.4.2 Necesidad de longitudes rectas de tubo o dispositivos enderezadores de flujo**

La exactitud de los medidores de agua no volumétricos puede verse afectada por perturbaciones aguas arriba y aguas abajo causadas, por ejemplo, por la presencia y ubicación de codos, uniones en T, válvulas o bombas (INDECOPI, 2011).

Con el propósito de contrarrestar estos efectos, el medidor sometido a ensayo (MSE) debe instalarse entre tramos de tubo rectos. Las tuberías de conexión aguas arriba y aguas abajo deben tener el mismo diámetro interno que los extremos de conexión del medidor de agua. Además, puede ser necesario poner un dispositivo enderezador d flujo aguas arriba de la longitud recta (INDECOPI, 2011).

##### **5.4.4.3 Causas comunes de perturbación del flujo**

Un flujo puede estar sujeto a dos tipos de perturbación, a saber, la distorsión del perfil de velocidad y la turbulencia, los cuales pueden afectar la exactitud del medidor de agua (INDECOPI, 2011).

#### **5.4.4.4 Medidores volumétricos de agua**

Se considera que los medidores volumétricos de agua (es decir, que tengan cámaras medidoras con paredes móviles), tales como los medidores de pistón oscilante y de disco nutativo, no son afectados por las condiciones de instalación aguas arriba; por lo que no se requieren recomendaciones especiales (INDECOPI, 2011).

#### **5.4.4.5 Medidores de agua del tipo de velocidad**

Algunos medidores de agua del tipo de velocidad son sensibles a las perturbaciones de flujo, que pueden causar errores significativos, pero la forma en que las condiciones de instalación afectan su exactitud todavía no ha sido claramente determinada (INDECOPI, 2011).

#### **5.4.4.6 Otros principios de medición**

Otros tipos de medidores pueden requerir o no el acondicionamiento del flujo para ensayos de exactitud. Si es necesario, se deben utilizar las recomendaciones del fabricante durante los ensayos. Se deben incluir esas recomendaciones en los documentos de aprobación de modelo (INDECOPI, 2011).

Se deberían informar estos requisitos de instalación en el certificado de aprobación de modelo para el medidor de agua (INDECOPI, 2011).

Los medidores concéntricos que se demuestra que no son afectados por la configuración del múltiple, se pueden ensayar y utilizar con cualquier configuración adecuada del múltiple (INDECOPI, 2011).

### **5.4.5 Inicio del ensayo y determinación de errores.**

#### **5.4.5.1 Principios**

Se deben tomar precauciones adecuadas para reducir las incertidumbres resultantes de la operación de los componentes del banco de prueba durante el ensayo (INDECOPI, 2011).

#### **5.4.5.2 Ensayos con lecturas tomadas con el medidor en reposo**

El flujo se establece abriendo una válvula situada aguas abajo del medidor y se detiene cerrando esta válvula. El medidor debería leerse después de que el registro se detenga (INDECOPI, 2011).

Se mide el tiempo entre el momento del comienzo del movimiento de apertura de la válvula y el comienzo del movimiento de cierre (INDECOPI, 2011).

Mientras el flujo está comenzando y durante el período en el que se encuentra a un caudal constante especificado, el error de indicación del medidor varía en función de los cambios en el caudal (curva de error de medición) (INDECOPI, 2011).

En el momento en que el flujo se detiene, la combinación de la inercia de las partes móviles del medidor y el movimiento rotacional del agua dentro del medidor puede causar un error apreciable que ha de ser tomado en cuenta en determinados tipos de medidor y para determinados caudales de ensayo (INDECOPI, 2011).

En este caso, no ha sido posible determinar una regla empírica simple que establezca las condiciones de modo que este error pueda siempre considerarse como despreciable. Hay ciertos tipos de medidores que son particularmente sensibles a tal error (INDECOPI, 2011).

En caso de duda, es aconsejable:

- Incrementar el volumen y la duración del ensayo;
- Comparar los resultados con los obtenidos mediante otros métodos, que elimina las causas de la incertidumbre presentadas anteriormente (INDECOPI, 2011).

Para algunos tipos de medidores electrónicos de agua con salidas de pulsos, que se utilizan para los ensayos, la respuesta del medidor a los cambios en el caudal puede ser tal que se emitan pulsos válidos después de cerrar la

válvula. En este caso, se deben proporcionar medios para contar estos pulsos adicionales (INDECOPI, 2011).

Cuando las salidas de pulsos se utilizan para el ensayo de los medidores, se debe verificar que el volumen indicado por el recuento de pulsos corresponde al volumen visualizado en el dispositivo indicador dentro de la exactitud de registro (INDECOPI, 2011).

#### **5.4.5.3 Ensayos con lecturas tomadas en condiciones de flujo estable y derivación del flujo**

- La medición se realiza una vez que las condiciones de flujo se han estabilizado (INDECOPI, 2011).
- Un interruptor desvía el flujo hacia un recipiente calibrado al comienzo de la medición y lo desvía en la dirección opuesta al final de la misma. El medidor se lee cuando está en funcionamiento (INDECOPI, 2011).
- La lectura del medidor está sincronizada con el movimiento del interruptor de flujo (INDECOPI, 2011).
- El volumen recolectado en el recipiente es el volumen pasado (INDECOPI, 2011).
- La incertidumbre introducida en el volumen medido, puede considerarse despreciable si el tiempo de movimiento del interruptor de flujo en cada dirección es idéntico en un 5% y si es menos que 1/50 del tiempo total del ensayo (INDECOPI, 2011).

### **5.5 Dispositivo calibrado de referencia**

#### **5.5.1 Incertidumbre total del volumen real**

Cuando se realiza un ensayo, la incertidumbre expandida del volumen real no debe exceder de 1/5 del error máximo permisible (EMP) aplicable para la aprobación de modelo y de 1/3 del EMP aplicable para la verificación inicial y verificaciones posteriores (INDECOPI, 2011).

La evaluación y expresión de la incertidumbre deben realizarse de acuerdo con ISO 5 168 y la Guía ISO para la expresión de la incertidumbre de medición (GUM), con un factor de cobertura  $k$  de 2 (INDECOPI, 2011).

## **5.6 Lectura del medidor**

Se acepta que el error máximo de interpolación para la escala no sobrepase la mitad de una división de escala por observación. De este modo, en la medición de un volumen de flujo entregado por el medidor de agua (compuesto de dos observaciones del medidor de agua), el error de interpolación total puede alcanzar una sola división de escala (INDECOPI, 2011).

En el caso de dispositivos indicadores digitales con cambios discontinuos de la escala de verificación, el error de lectura total es un dígito (INDECOPI, 2011).

## **5.7 Principales factores que afectan la determinación del error de indicación**

Las variaciones en la presión, el caudal y la temperatura en el banco de prueba, así como las incertidumbres en la precisión de la medición de estas magnitudes físicas, son los principales factores que afectan la medición de los errores de indicación de un medidor de agua (INDECOPI, 2011).

### **5.7.1 Presión**

La presión debe mantenerse a un valor nominalmente constante a lo largo de todo el ensayo en el caudal seleccionado (INDECOPI, 2011).

Para el ensayo de medidores de agua que tengan caudal  $Q_3$  T 16, para caudales de ensayo T 0,10  $Q_3$ , la constancia de la presión en la entrada del medidor (o en la entrada del primer medidor de una serie que se esté ensayando) se logra si al banco de prueba se le suministra el agua a través de un tubo desde un tanque de carga constante. Esto asegura un flujo no perturbado (INDECOPI, 2011).

Se puede utilizar cualquier otro método de suministro que se demuestre que no genera pulsaciones de presión que excedan las de un tanque de carga constante (INDECOPI, 2011).

Para todos los demás ensayos, la presión aguas arriba del medidor no debe variar en más de 10% (INDECOPI, 2011).

La máxima incertidumbre de la medición de la presión debe ser 5% del valor medido (INDECOPI, 2011).

La presión en la entrada del medidor no debe exceder de la presión de trabajo máxima admisible (PMA) del medidor (INDECOPI, 2011).

### **5.7.2 Caudal**

El caudal debe mantenerse nominalmente constante a lo largo de todo el ensayo en el valor seleccionado (INDECOPI, 2011).

La variación relativa en el caudal durante cada ensayo (sin incluir la puesta en marcha o la parada) no debe exceder:

- $\pm 2,5$  % de Q1 a Q2 (sin incluir Q2).
- $\pm 5,0$  % de Q2 (inclusive) a Q4.

El valor del caudal es el volumen que pasa durante el ensayo, dividido entre el tiempo (INDECOPI, 2011).

Esta condición de la variación del caudal es aceptable si la variación de la presión relativa (en el flujo al aire libre) o la variación relativa de la pérdida de presión (en circuitos cerrados) no exceden:

- $\pm 5$  % de Q1 a Q2 (sin incluir Q2).
- $\pm 10$  % de Q2 (inclusive) a Q4 (INDECOPI, 2011).

### **5.7.3 Temperatura**

Durante un ensayo, la temperatura del agua no debe variar en más de 5 °C. La incertidumbre máxima en la medición de la temperatura no debe exceder de  $\pm 2$  °C (INDECOPI, 2011).

#### **5.7.4 Orientación del medidor durante las mediciones de errores**

La posición de los medidores debe ser la indicada por el fabricante y deben montarse en el banco de prueba según sea apropiado (INDECOPI, 2011).

Si los medidores están marcados con “H”, la tubería de conexión debe montarse con el eje del flujo en el plano horizontal durante el ensayo (el dispositivo indicador colocado en la parte superior) (INDECOPI, 2011).

Si los medidores están marcados con “V”, la tubería de conexión debe montarse con el eje del flujo en el plano vertical durante el ensayo (la entrada en el extremo inferior) (INDECOPI, 2011).

Si los medidores no están marcados ni con “H” ni con “V”:

- Por lo menos un medidor de la muestra debe montarse con el eje del flujo vertical, con la dirección del flujo de abajo hacia arriba;
- Por lo menos un medidor de la muestra debe montarse con el eje del flujo vertical, con la dirección del flujo de arriba hacia abajo;
- Por lo menos un medidor de la muestra debe montarse con el eje del flujo en un ángulo intermedio con la vertical y la horizontal (seleccionado a criterio de la autoridad de aprobación);
- Los demás medidores de la muestra deben montarse con el eje del flujo horizontal.
- Cuando los medidores tienen un dispositivo indicador que forma parte del cuerpo de los mismos, por lo menos uno de los medidores montados horizontalmente debe estar orientado con el dispositivo indicador ubicado al costado y los demás medidores deben estar orientados con el dispositivo indicador ubicado en la parte superior (INDECOPI, 2011).

La tolerancia de la posición del eje del flujo para todos los medidores, ya sea horizontal, vertical o en un ángulo intermedio, debe ser  $\pm 5^\circ$  (INDECOPI, 2011).

### **5.8 Ensayos de temperatura del agua**

En las condiciones de referencia, se debe verificar el error de indicación de por lo menos un medidor al caudal Q2 manteniendo la temperatura de la entrada en  $(10 \pm 5)^\circ\text{C}$  y a la temperatura de trabajo máxima admisible, TMA,  $^\circ\text{C}$ . El error de indicación (del medidor) no debe exceder el EMP aplicable (INDECOPI, 2011).

### **5.9 Ensayos de presión interna**

En las condiciones de referencia, se debe verificar el error de indicación de por lo menos un medidor al caudal Q2 manteniendo la presión de la entrada en 100 kPa (1 bar)  $\pm 5\%$  y luego a la PMA  $\%$ . El error de indicación (del medidor) no debe exceder el EMP aplicable (INDECOPI, 2011).

## **VI. CAMBIO DEL MEDIDOR**

Según Montero García & Añón Almazán, 2013, frecuentemente se toma la decisión de cambiar o no un contador basándonos en información incompleta, con bastante incertidumbre y casi siempre con escasa seguridad de que la decisión tomada sea la óptima (INDECOPI, 2011).

Habitualmente la decisión de sustituir un contador obedece a dos criterios diferentes: por un lado el personal encargado de supervisar la facturación periódica de los consumos detecta usuarios que presentan un descenso gradual o brusco de su consumo habitual. Cuando esto se produce, y a no ser que se posea alguna información adicional que justifique el descenso, el personal administrativo suele sospechar que existe algún problema con el equipo medidor por lo que ordena su sustitución. La rentabilidad de esta forma de trabajar dependerá en gran medida de la habilidad que posea el administrativo que tenga a su cargo la tarea (INDECOPI, 2011).

Por otro lado en muchos abastecimientos existe una preocupación porque su parque de contadores se renueve periódicamente y no alcance una edad excesiva que redunde en un descenso de la facturación. Es por ello que se suelen ordenar sustituciones masivas de contadores en base a diferentes criterios, como pueden ser (INDECOPI, 2011):

- Sustitución de los contadores que superen una determinada edad.
- Sustitución de contadores que hayan superado un volumen acumulado determinado.
- Sustitución de los contadores de algún modelo determinado.
- Sustitución de los contadores de una zona.
- Combinación de los criterios anteriores (INDECOPI, 2011).

Como ya se ha mencionado ninguna de estas vías de decisión nos va a proporcionar la seguridad de que hemos actuado correctamente. En el primer caso, después de haber cambiado el contador a un usuario por un descenso de consumo, comprobaremos en muchas ocasiones que el descenso era real y no se debía a ningún fallo del equipo. En el segundo caso, en que se sustituye masivamente contadores que cumplen el criterio fijado, esperaríamos obtener un incremento de la facturación. En la práctica estos incrementos son apenas apreciables y pueden quedar enmascarados por tendencias de variación del consumo que tienen que ver con la situación socio-económica y no con los contadores (INDECOPI, 2011).

Cuando no se cambian los contadores, la situación es que a corto plazo se ahorraría el costo del mantenimiento pero a largo plazo se tendría un parque de contadores envejecido y habitualmente situado en el subregistro. Este parque proporcionaría año tras año menores ingresos de los que serían posibles, además de proporcionar datos engañosos sobre el volumen de agua que sale del sistema. Llegando un momento en que la situación sería insostenible y habría una renovación masiva de casi todo el parque de contadores, situación que posiblemente suponga en ese momento un problema financiero (INDECOPI, 2011).

Por este motivo, y a modo de recomendación, se estima que la vida útil de un contador, en la mayoría de los casos, no debe ser superior a 10 años (INDECOPI, 2011).

## VII. CRITERIOS DE CAMBIO DE MEDIDOR

Según Montero García & Añón Almazán, 2013 la planificación de una política de renovación de los medidores mediante criterios técnicos y económicos requiere de una serie de datos cuya obtención es compleja y laboriosa. Si no se posee toda esa información igualmente se ha de proceder a renovar los contadores con criterios más generalistas. Algunos de los criterios más utilizados son los siguientes:

- Sustitución de los contadores que el personal administrativo sospeche que pueden estar averiados. La sospecha suele nacer cuando se advierten descensos en la facturación o consumos excesivamente bajos (Montero García & Añón Almazán, 2013).
- Sustitución de modelos problemáticos. En ocasiones se consigue establecer que un determinado modelo de contador, o determinadas partidas servidas del mismo, dan problemas metrológicos. En ese caso, si la información de la base de datos contiene los datos necesarios, se seleccionan para su sustitución (Montero García & Añón Almazán, 2013).
- Sustitución de contadores que superen una determinada edad (Montero García & Añón Almazán, 2013).
- Esta es la práctica más habitual entre los gestores que realizan un mantenimiento estable del parque de contadores. La edad tope depende de cada gestor, siendo bastante habitual tomar la edad de 10 años como límite (Montero García & Añón Almazán, 2013).
- Sustitución de contadores que superen un volumen tope. Los fabricantes diseñan los contadores domésticos para soportar el consumo habitual de una familia durante un periodo de alrededor de 10 años, si bien estos datos no suelen publicarlos (Montero García & Añón Almazán, 2013).

- Sustitución de contadores por zonas geográficas. Los gestores que así actúan buscan minimizar los costes de sustitución, optimizando el desplazamiento de los operarios y creando una economía de escala en las operaciones de mantenimiento (Montero García & Añón Almazán, 2013).

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Medidores de agua potable:**

Son los instrumentos de medida utilizados para determinar el consumo total ocurrido desde su instalación hasta la fecha de la lectura. Son instrumentos autónomos ya que no requiere aporte externo de energía, y se limitan a indicar el volumen circulado a través de los mismos nos proporcionan directamente información sobre el caudal circulante en cada instante, aunque para contabilizar el consumo tengan que medir el caudal e integrarlo a lo largo del tiempo (García Bermejo, 2013).

- **Contratación:**

Procedimiento técnico que determina el grado de precisión del medidor de agua potable de acuerdo a las normas metrologías vigentes y las recomendaciones establecidas en el Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de Saneamiento Este procedimiento consiste en la comparación entre el volumen de agua potable registrado por un medidor contra un instrumento patrón certificado por INDECOPI (SUNASS, 2007).

- **Banco de medidores:**

Es aquel instrumento de medición que se encarga de la aferición de los medidores de agua potable, se encarga de mantener en buen estado el parque de medidores de una EPS, ya que él es regulador, controlador, verificador, del funcionamiento y columna vertebral en cuanto a la medición de consumos y facturación (Laura Delgado, 2013).

- **Medidores operativos:**

Cuando los resultados de los caudales se encuentran dentro de las tolerancias de precisión establecidas en la Resolución de Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales N° 0063-2006/CRT-INDECOPI. El medidor está operativo si el error calculado para cada caudal de ensayo se encuentra dentro de los errores máximos permisible determinados por la Norma Metrológica Peruana (SUNASS, 2007).

- **Medidores inoperativos:**

Cuando al menos uno de los resultados de los caudales no se encuentran dentro de las tolerancias de precisión establecidas en la Resolución de Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales N° 0063-2006/CRT-INDECOPI.

- **Subregistro de medidores:**

Medidor inoperativo que, en al menos uno de los caudales de ensayo, registra un volumen de agua menor del que realmente ha pasado a través del mismo. Es decir, registra consumos menores a su consumo real (SEDAPAL, 2013).

- **Sobregistro de medidores:**

Medidor inoperativo que, en por lo menos uno de los caudales de ensayo, registra un volumen de agua mayor del que realmente ha pasado a través del mismo. Es decir, registra consumos mayores a su consumo real (SEDAPAL, 2013).

- **Error promedio:**

Se obtiene promediando todos los errores de los medidores muestreados, ya sean subregistros o sobregistros. Éste promedio, que será normalmente negativo (subregistro), será representativo para todo el parque medidor (Alva, 2009).

- **Subregistro promedio:**

El subregistro promedio es el porcentaje de agua que no se factura y se halla promediando todos los errores promedios de cada intervalo de tiempo o categoría (Alva, 2009).

- **Metrología:**

Es la ciencia que trata de las mediciones de los sistemas de unidades adoptados y los instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas. Es la ciencia de las medidas; en su generalidad, trata del estudio y aplicación de todos los medios propios para la medida de magnitudes (Garabito , 2007).

- **Calibración:**

Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones (INDECOPI, 2014).

## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación de la hipótesis

El subregistro promedio de un medidor es de -15% cuando el medidor tiene más de 10 años de antigüedad.

### 3.2. Operacionalización de variables

**Tabla N° 07:** Operacionalización de variables - subregistro

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	UNIDAD	INDICADORES
El subregistro promedio	Es el error promedio (%) que relaciona el volumen real consumido y el volumen registrado.	Consumo de agua registrado	M3	Registro del volumen de agua consumido por el medidor.
		Consumo real	M3	Volumen de agua que ingresa al medidor.

**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Tabla N° 08:** Operacionalización de variables – tiempo de antigüedad

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	UNIDAD	INDICADORES
Tiempo de antigüedad	Tiempo que ha venido funcionando el medidor desde su primer registro.	Tiempo transcurrido de funcionamiento	Años	Dato registrado por la EPS, en función al tiempo que ha venido funcionando el medidor en la vivienda.

**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

### 3.3. Variables intervinientes

- Acceso a viviendas.
- Desconfianza de usuarios en el proceso de contrastación.

## CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Tipo de diseño de investigación.

Es una investigación aplicada experimental.

### 4.2. Material de estudio.

#### 4.2.1. Unidad de estudio.

Los medidores de agua potable de la ciudad de Cajamarca

#### 4.2.2. Población.

Los medidores de agua potable de la ciudad de Cajamarca

#### 4.2.3. Muestra.

### 1. Mapeo y Zonificación de los sectores de la ciudad de Cajamarca.

Tabla N° 09: Número de medidores por sector

Sectores	N° de medidores por sector
1	4 070.00
2	4 470.00
3	3 096.00
4	2 756.00
5	5 518.00
6	3 578.00
7	2 976.00
8	4 409.00
9	2 540.00
11	2 080.00
14	1 832.00
15	1 188.00
Total general	<b>38 513.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

## 2. Número de la muestra

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{E^2 \times N + Z^2 \times p \times q}$$

**Tabla N° 10:** Número de muestra

Siglas	Descripción	Valor
<b>n=</b>	Número de muestra (# de medidores que se van a evaluar)	381
<b>N=</b>	Número de medidores totales de la EPS o del sector a estudiar	38 513
<b>Z=</b>	Valor de la distribución normal estandarizada correspondiente al nivel de confianza escogido (Se puede escoger el valor de Z=1.96 que corresponde a un nivel de confianza de 95%)	1.96
<b>p=</b>	Porcentaje de incidencia de la variable o situación que queremos estudiar. Como estamos estudiando la operatividad vamos a considerar como "p" al porcentaje de medidores que se estima están inoperativos. En caso que no tengamos ninguna referencia consideramos P=50% para obtener el mayor número de muestras posibles	0.5
<b>q=</b>	Es el complemento del porcentaje p (q=100%-p).	0.5
<b>E=</b>	Margen de error de la muestra. Se puede elegir un margen de error de 5%.	0.05

Luego  $n = 1\% > 5\%$  No se ajusta la muestra

**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

- **Cantidad de medidores por Sector**

**Tabla N° 11:** Cantidad de medidores por sector comercial en Cajamarca

SECTOR	N° de Medidores	(%)	Muestra
1	4 070.00	11%	40
2	4 470.00	12%	44
3	3 096.00	8%	31

<b>4</b>	2 756.00	7%	27
<b>5</b>	5 518.00	14%	55
<b>6</b>	3 578.00	9%	35
<b>7</b>	2 976.00	8%	29
<b>8</b>	4 409.00	11%	44
<b>9</b>	2 540.00	7%	25
<b>11</b>	2 080.00	5%	21
<b>14</b>	1 832.00	5%	18
<b>15</b>	1 188.00	3%	12
<b>Total general</b>	<b>38 513.00</b>	<b>100%</b>	<b>381</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

- **Cantidad de medidores por fecha de instalación**

Se ha determinado la cantidad de medidores por sector que tienen que ser contrastados según la muestra, sin embargo como se desea analizar el subregistro y sobregistro de los medidores de acuerdo a la antigüedad de instalación, se escogerá de cada sector una cantidad proporcional de medidores dependiendo a su fecha de instalación, siendo el medidor más antiguo instalado en 1998 y el más reciente en el 2015.

### 4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

#### 4.3.1. Para recolectar datos.

Los datos constan de dos partes:

- Los datos concernientes al tiempo de funcionamiento del medidor de agua potable será brindado por la empresa prestadora de servicio SEDACAJ.
- Los datos concernientes a los errores en subregistro de los medidores de Cajamarca se obtendrán en el Banco de Medidores de SEDACAJ calibrado por INDECOPI (Ver Anexo N° 08) mediante fichas de recolección de datos (Ver Anexo N° 06).

#### **4.3.2. Para analizar información.**

- Se utilizará tablas estadísticas en Excel para el procesamiento de los datos obtenidos en laboratorio.

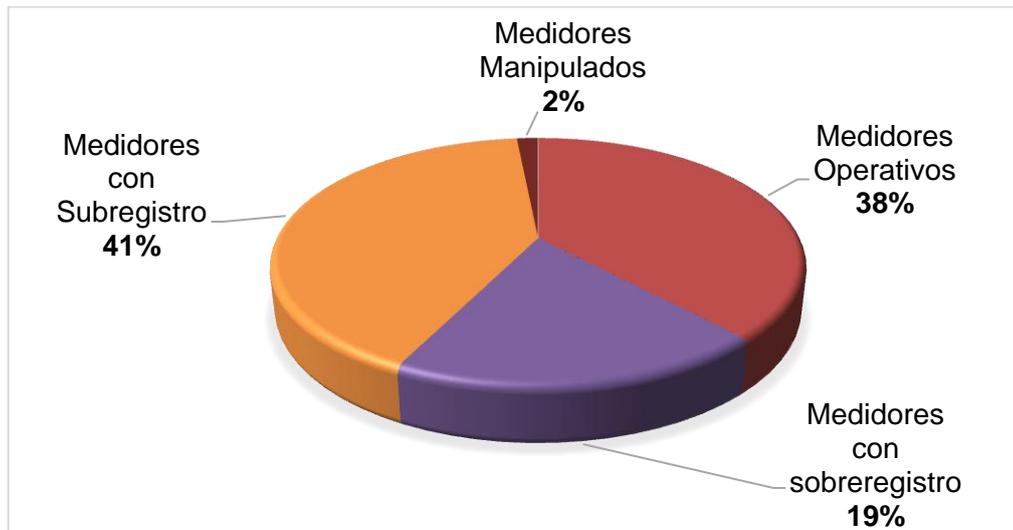
## CAPÍTULO 5. RESULTADOS

**Tabla N° 12:** Medidores Contrastados

Medidores Contrastados	N° de medidores	% de medidores
Medidores Operativos	147	37.98%
Medidores con Sobreregistro	75	19.38%
Medidores con Subregistro	159	41.09%
Medidores Manipulados	6	1.55%
<b>Total Medidores Contrastados</b>	<b>387</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

**Gráfico N° 01:** Medidores Contrastados



Fuente: Elaboración propia, 2015.

**Interpretación:** De un total de 38 513 medidores, la muestra corregida nos arrojó una cantidad de 381 medidores debido a las consideraciones planteadas anteriormente se realizó la programación de la contrastación de los 381 medidores en dos bloques: el primer bloque de 200 medidores para el mes de setiembre desde el 8 de setiembre al 11 de setiembre debido a que los medidores se retiran desde el 7 de setiembre y el segundo bloque de 181 medidores para el mes de octubre, teniendo en cuenta que las notificaciones fueron entregadas una semana antes de la

contrastación. De las cuales por diversos motivos solo se contrastaron 188 medidores, 5 de éstos medidores fueron manipulados por el usuario por lo tanto se tuvo que retirar dichos medidores de la muestra, en donde para el próximo mes se tuvo que aumentar la cantidad de medidores para completar la muestra, ensayando en el siguiente mes 199 medidores, de los cuales 1 medidor fue retirado de la muestra por ser manipulado, teniendo un total de 381 medidores contrastados.

Se obtuvo el 38% de medidores Operativos los cuales en sus tres caudales de pruebas (alto, medio y bajo) los errores de medición se encuentran dentro de los límites establecidos por INDECOPI, mientras que el 60% corresponden a medidores que no se encuentran operativos debido a que el 19% de medidores presenta sobregistro debido a que al menos en uno de sus caudales de prueba se ha obtenido un error positivo que supera los límites permisibles (Ver Anexo N° 03) y el 41% presenta errores negativos que superan los límites permisibles (Ver Anexo N° 03); mientras que el 2% corresponde a 6 medidores los cuales se identificaron como manipulados siendo separados y no considerados en la muestra.

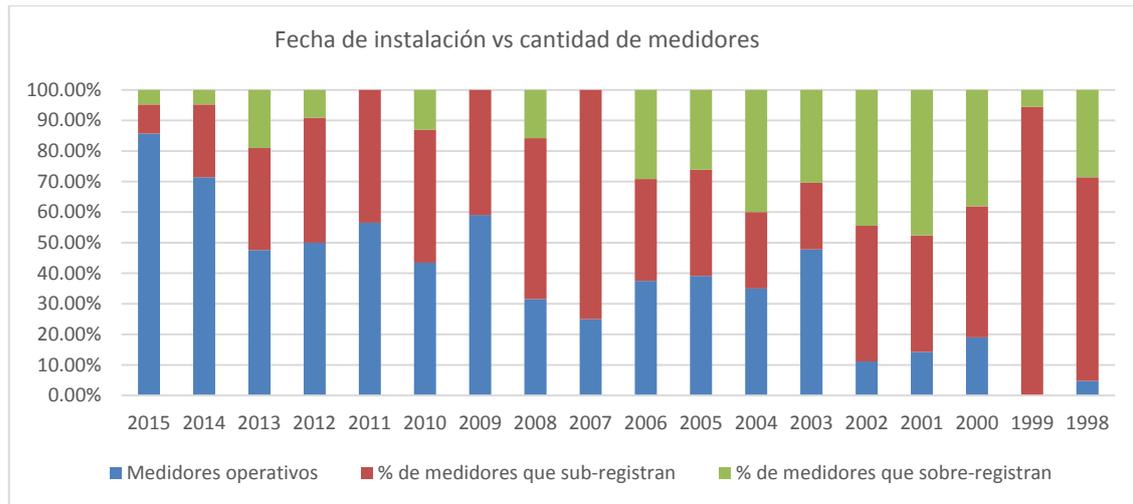
**Tabla N° 13:** Medidores Operativos e Inoperativos según su año de instalación

Año de Instalación	Medidores operativos	Medidores inoperativos	
		% de medidores que subregistran	% de medidores que sobregistran
<b>2015</b>	85.71%	9.52%	4.76%
<b>2014</b>	71.43%	23.81%	4.76%
<b>2013</b>	47.62%	33.33%	19.05%
<b>2012</b>	50.00%	40.91%	9.09%
<b>2011</b>	56.52%	43.48%	0.00%
<b>2010</b>	43.48%	43.48%	13.04%
<b>2009</b>	59.09%	40.91%	0.00%
<b>2008</b>	31.58%	52.63%	15.79%
<b>2007</b>	25.00%	75.00%	0.00%
<b>2006</b>	37.50%	33.33%	29.17%
<b>2005</b>	39.13%	34.78%	26.09%
<b>2004</b>	35.00%	25.00%	40.00%
<b>2003</b>	47.83%	21.74%	30.43%
<b>2002</b>	11.11%	44.44%	44.44%
<b>2001</b>	14.29%	38.10%	47.62%
<b>2000</b>	19.05%	42.86%	38.10%

<b>1999</b>	0.00%	94.44%	5.56%
<b>1998</b>	4.76%	66.67%	28.57%

**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Gráfico N° 02:** Medidores Operativos e Inoperativos según su año de instalación



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

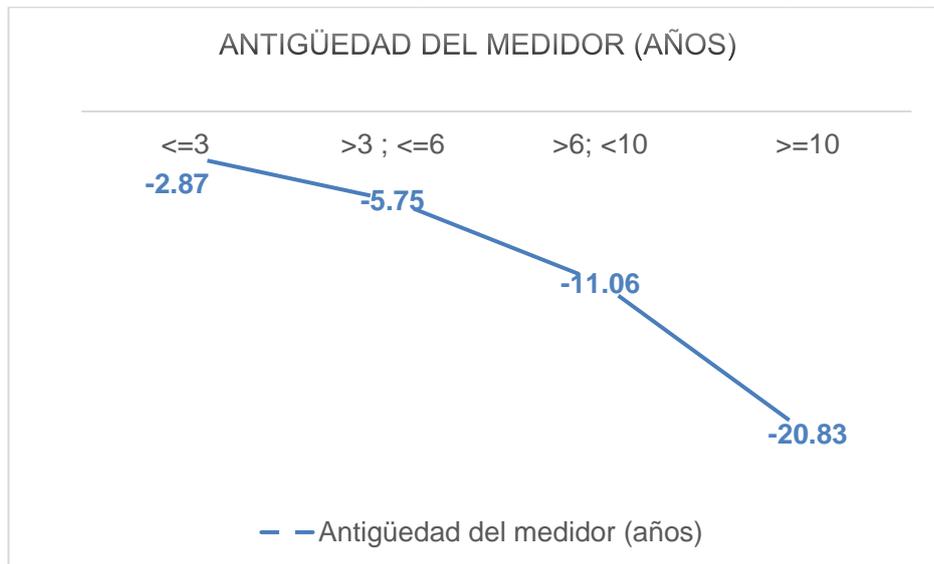
**Interpretación:** El medidor más antiguo instalado fue en el año 1998 siendo el más reciente este año en donde el porcentaje de medidores operativos e inoperativos en subregistro y sobregistro se ha obtenido de la cantidad de medidores de ese año que han salido operativos con referencia a la cantidad de medidores que ha sido muestreado para dicho año, en donde podemos observar que del 100% de medidores muestreados para el año 2015 el 85.71% son medidores operativos mientras que un 9.52% de medidores presentan subregistro y un 4.76% de medidores presentan un error de sobregistro, para el año 2007 tenemos solo un 25% de medidores operativos y un 75% de medidores salieron inoperativos los cuales presentan errores de subregistro y para los medidores instalados en el año 1998 solo el 4.76% son operativos mientras que el 66.67% tienen un error de subregistro y el 28.57% presentan un error de sobregistro y en el año 1999 ningún medidor cumplió con los límites permisibles impuestos por INDECOPI (Ver Anexo N° 03). En el gráfico N° 2 se puede observar la proporción de medidores operativos y no operativos por año de instalación.

**Tabla N° 14:** Subregistro promedio de los medidores

Antigüedad del medidor (años)	Nº de medidores muestreados	porcentaje de medidores operativos	porcentaje de medidores que subregistran	porcentaje de medidores que sobregistran	Error promedio (%)
<=3	63	68.25%	22.22%	9.52%	-2.87
>3 ; <=6	68	50.00%	42.62%	7.38%	-5.75
>6; <10	61	38.56%	56.18%	5.26%	-11.06
>=10	189	23.18%	44.60%	32.22%	-20.83
Subregistro promedio de los medidores (%)					-13.69

**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Gráfico N° 03:** Incremento del Error promedio en función al tiempo de antigüedad.



**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

**Interpretación:** Se tiene 4 intervalos de antigüedad del medidor en donde para medidores que tienen una antigüedad de menos de 3 años con fecha base del 2015 existe un total de 8 469 medidores de los cuales 63 medidores fueron contrastados en laboratorio en donde el porcentaje de medidores que subregistran que es de 22.22% se determina relacionando la cantidad de medidores que presentan solo errores negativos por encima de los límites permisibles (Ver anexo N° 03) y la cantidad de medidores muestreados para ese intervalo de antigüedad y de la misma manera para el porcentaje de medidores que presentan un sobregistro que ascienden a 9.52%; el error promedio se halla promediando todos los errores ya sean subregistro o sobregistros que

cumplan o no cumplan con los límites permisibles de los medidores que se hayan instalado en ese intervalo de antigüedad, que en este caso para medidores instalados en menos de 3 años su error promedio es de -2.87% el cual es negativo debido a que el subregistro es mayor que el sobregistro. Para los medidores con una antigüedad mayor a 3 años pero menor e igual a 6 años el error promedio es de -5.75% el cual se obtuvo de la misma forma; finalmente para medidores que tienen más de 10 años de funcionamiento tienen un error promedio de -20.83% de subregistro. En función a los datos analizados para cada año de instalación de medidor se identifica el subregistro promedio promediando los errores promedios para cada intervalo de tiempo en donde para la EPS SEDACAJ S.A viene a ser de -13.69% cuyo dato significa que del 100% de agua que se consume solo el 86.31% se factura y el -13.69% es agua no contabilizada por la EPS.

## CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

En el procesamiento de datos de la contrastación de los medidores de los 387 medidores contrastados se identificó que el 38% de medidores fueron Operativos, gracias a que esta muestra significativa este resultado quiere decir que a nivel de la ciudad de Cajamarca solo el 38% de los medidores se encuentra operativo, mientras que el 60% de medidores corresponden a medidores que no se encuentran operativos, en donde el 19% de los medidores presenta sobregistro, el 41% presenta errores de subregistro y el 2% corresponde a 6 medidores los cuales se identificaron como manipulados siendo separados y no considerados en la muestra.

Esta situación se ve reflejada en los medidores que tienen una antigüedad mayor a los 10 años, superando la vida útil del medidor, observamos también que el porcentaje de medidores inoperativos supera al porcentaje de medidores operativos y en función a subregistro la cantidad de medidores es superior al sobregistro.

De acuerdo a la Norma Metrológica Peruana 005-2011, artículo 101, inciso b, especifica que la empresa prestadora del servicio debe realizar un mantenimiento preventivo cada cinco años como mínimo, debido al gran incremento la cobertura de micromedición como especifica la guía herramientas para optimización del consumo medido del año 2009, en donde también afirma que gracias a este aumento la empresa prestadora de servicio descuida el mantenimiento oportuno de los medidores instalados y el seguimiento de la evaluación de los consumos registrados por lo cual no permite asegurar una facturación real del consumo de los usuarios y como evidencia tenemos la alta antigüedad del parque medidor, evidenciando que el 30% de los medidores tienen una antigüedad mayor a los diez años; observamos también que el medidor más antiguo fue instado en el año 1998 siendo el más reciente este año.

La Norma especifica que los medidores operativos deben ser reinstalados el mismo día o al día siguiente de ser contrastados y que tiene una vigencia de seis meses como máximo, en donde si el usuario pide que se realice la contrastación de su medidor como esta en su derecho, además de poder presenciar dicha prueba de contrastación; dentro de éste tiempo se considerará los mismos resultados obtenidos en la prueba y los

medidores que resulten inoperativos la empresa prestadora de servicios tiene doce meses para poder remplazar el medidor con uno nuevo, el cual debe pasar por la misma prueba de contrastación pero teniendo en cuenta los límites permisibles para medidores nuevos, (Ver Anexo N° 3).

Podemos observar que del 100% de medidores muestreados para el año 2015 el 85.71% son medidores operativos mientras que un 9.52% de medidores presentan subregistro y un 4.76% de medidores presentan un error de sobregistro, para el año 2007 tenemos solo un 25% de medidores operativos y un 75% de medidores salieron inoperativos los cuales presentan errores de subregistro y para los medidores instalados en el año 1998 solo el 4.76% son operativos, el 66.67% tienen un error de subregistro y el 28.57% presentan un error de sobregistro y en el año 1999 ningún medidor cumplió con los límites permisibles impuestos por INDECOPI, se observa en función a estos datos que la cantidad de medidores operativos de la ciudad de Cajamarca disminuye en función al tiempo de antigüedad del medidor, permitiéndonos precisar cómo evoluciona el subregistro (Alva, 2009).

La guía de herramientas para la optimización del consumo medido recomienda que este análisis debe realizarse una o dos veces por año, en donde la contrastadora dispondrá de sistemas informáticos para procesar la información de las contrastaciones y diseñar una base de datos, que permita una supervisión efectiva y control estadístico de los parámetros y resultados metrológicos, además presentará en medios magnéticos y documentación, dentro de los primeros cinco días útiles de cada mes, a la SUNASS y a la Empresa Prestadora, un listado de las contrastaciones realizadas en el mes, como especifica la Norma Metrológica Peruana. Las contrastadoras comunicarán a la EPS y a la SUNASS la capacidad operática mensual y diarias que tienen para realizar todo el proceso de contrastación de medidores de agua potable para cada tipo de contrastación, esta capacidad será considerada como un compromiso formal de atender dicha demanda. En caso de incumplimiento la empresa prestadora del servicio comunicará de este hecho a la SUNASS y procederá a efectuar por si misma la respectiva contrastación en caso no existiera otra contrastadora debidamente autorizada por INDECOPI (Alva, 2009).

De los medidores muestreados escogidos proporcionalmente a su antigüedad hemos dividido la información en 4 intervalos de antigüedad del medidor en donde para medidores que tienen una antigüedad menor de 3 años con fecha base del 2015 existe un total de 8 469 medidores de los cuales 63 medidores fueron contrastados en laboratorio y el porcentaje de medidores que subregistran es de 22.22% y para el porcentaje de medidores que presentan un sobregistro que ascienden a 9.52%.

Mientras que para los medidores que tienen una antigüedad a 10 años el porcentaje de medidores que subregistran aumenta en un 20% y el porcentaje que sobregistra aumenta en un 25%, la guía Gestión Comercial de las EPS establece que los micromedidores tienen un período de vida limitada debido al desgaste de sus piezas internas lo que genera errores de registro siendo principalmente errores de subregistro, inicialmente de manera imperceptibles o dentro de los parámetros establecidos y se estima que después de los cinco años de uso los micromedidores empiezan a registrar errores que sobrepasan los parámetros admisibles, para los principales clientes de alto volumen mensual consumido, un error en su registro a pesar de estar dentro de los límites permisibles significa un importante error en nuevos soles que es caso de subregistro genera pérdidas económicas anuales que supera hasta el doble o triple del costo de reposición de medidor y el caso de sobregistro ocasiona un perjuicio grande para el usuario, en donde dentro del plan de gestión para este grupo de usuarios es necesario y justificable pensar en el remplazo de los medidores con mucho mayor frecuencia que para usuarios normales, preferentemente después de cumplir el tercer año de instalación.

Para medidores instalados en menos de 3 años su error promedio es de -2.87% el cual es negativo debido a que el subregistro es mayor que el sobregistro. Es decir para medidores que tienen una antigüedad menor a tres años se identifica que el subregistro es mayor a la del sobregistro por lo cual el error promedio es negativo.

Los medidores que tienen más de 10 años de funcionamiento tienen un error promedio de -23.48% de subregistro que también refleja el aumento que se genera en función al tiempo de funcionamiento del medidor.

Finalmente el subregistro promedio que es de -13.69%, del parque de medidores de Cajamarca, éste valor incide en el porcentaje de agua no contabilizada, lo cual genera una discontinuidad del servicio debido a la menor cantidad disponible de agua para atender a la población.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó el subregistro promedio para el parque de medidores de la ciudad de Cajamarca el cual asciende a -13.69%; incide en el porcentaje de agua no contabilizada.
2. Se realizó el mapeo y zonificación de los 12 sectores comerciales de la ciudad de Cajamarca mediante la recolección de datos de la empresa SEDACAJ S.A y el plano de catastro de la ciudad de Cajamarca el cual se dividió por sectores.
3. Se determinó el porcentaje de medidores operativos de la ciudad de Cajamarca que cumplen con los límites permisibles dados por INDECOPI de los cuales el 37.98% de los medidores son operativos y el 63.02% de los medidores no cumple con los límites permisibles.
4. Se determinó el porcentaje de subregistro de los medidores de la ciudad de Cajamarca para el año 2015 siendo de 41.09% de los medidores presentan errores de subregistro.
5. Se determinó el porcentaje de sobregistro de los medidores de la ciudad de Cajamarca para el año 2015 siendo de 19.38% de los medidores presentan errores de sobregistro.
6. Se determinó el porcentaje de medidores manipulados de la ciudad de Cajamarca para el año 2015 siendo de 1.55% de medidores de agua potable que fueron alterados en la cámara de registro.

## PROPUESTAS PARA REDUCIR EL SUBREGISTRO

1. Se debe colocar en cada medidor de agua potable una ficha informativa que indique lo siguiente:
  - La fecha de la prueba inicial, para verificar la precisión de medidores nuevos, para asegurar que todos los medidores instalados sean precisos dentro de los límites aceptables.
  - La fecha de la futura calibración, ya que según la norma se debe hacer el mantenimiento de medidores como mínimo cada cinco años.
  - La fecha de una segunda calibración, ya que la vida útil de un medidor es de 10 años, por lo cual permite dos pruebas de contrastación, en caso que en la primera resulte operativo.

**Imagen N° 11:** Ficha informativa

	SI	NO
<b>PRUEBA INICIAL</b> [ ]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>PRIMERA CONTRASTACIÓN</b> [ ]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>SEGUNDA CONTRASTACIÓN</b> [ ]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Elaboración propia, 2015.

Ésta ficha debe contener una lista de checks, con las opciones “SI” y “NO” para cada prueba de calibración, de acuerdo a la fecha indicada anteriormente, en caso de

realizadas se colocará “SI”, y en caso que “NO”, permite identificar que no se ha realizado la prueba de mantenimiento, siendo una alerta que puede ser identificada por el usuario o el personal de SEDACAJ.

2. En los recibos de agua potable brindados por SEDACAJ S.A, debe existir un cuadro donde se mencione la fecha de instalación del medidor y la fecha límite de mantenimiento. En caso que se aproxime a la fecha límite de mantenimiento se debe usar un color llamativo para que el usuario al revisar su recibo identifique esta fecha y él mismo pueda ir a la EPS a pedir dicha prueba para su medidor.
3. Se debe notificar a las viviendas, con el fin de informar acerca de la antigüedad de su medidor, para que el usuario se informe y tome medidas para realizar las pruebas de contrastación el laboratorio.
4. El usuario debe revisar su recibo de agua mensual, en el diagrama de barras de la evolución de consumos, para analizar su consumo de acuerdo a cada mes y de tal forma identificar algún aumento o disminución de consumo, que pueda evidenciar problemas de medición.
5. La EPS “SEDACAJ S.A” debe contar con un software que posea un sistema de alerta que identifique a los medidores que van a cumplir su vida útil o el tiempo límite para su mantenimiento.
6. La EPS “SEDACAJ S.A” debe realizar un seguimiento a la evolución de consumos a aquellos usuarios con mayor gasto y los que poseen en su historial alguna manipulación de medidores. De tal forma reducir las pérdidas por agua no contabilizada.
7. Se debe realizar una mejora en cuanto a la identificación de viviendas, para disminuir tiempos de procesos administrativos y técnicos.
8. El banco de medidores debe de realizar un plan para realizar pruebas aleatorias de medidores, con el fin de identificar medidores manipulados.

## RECOMENDACIONES

1. El estudio se realizó teniendo en cuenta la variable tiempo de antigüedad, sin embargo existen otras variables; como por ejemplo: marca, tipo de medidor, presión, cantidad de flujo registrado por el medidor entre otras variables que pueden afectar al subregistro, por lo cual se recomienda abordar la investigación desde un punto de vista diferente en donde se obtenga un panorama más exacto y así como también saber cuál es la variable que influye con mayor incidencia en el subregistro.
2. Se recomienda realizar una investigación que permita saber si es que la caja del medidor instalada en piso funciona mejor que instalada en pared, o si es irrelevante.

## REFERENCIAS

1. Alva, T. (2009). Gestión Comercial de las EPS. Lima.
2. Arregui de la Cruz, F., Cabrera Rochera, E., & Cobacho Jordán, R. (2007). Gestión Integral de Contadores de Agua. Valencia: Instituto Tecnológico del Agua.
3. BadgerMeter. (2004). Medidor volumétrico de disco mutante de 2". Especificaciones Técnica RD-T-2 12-01.
4. Balagres Garrigós, M. (2012). Desarrollo de una herramienta para la evaluación preliminar de la gestión técnica de un parque de contadores domésticos. Aranda de Duero.
5. Dajes Castro, J. (2012). Control Metrológico de Medidores de Agua - Nuevas Disposiciones". Lima: INDECOPI.
6. Garabito , J. (2007). Metrología y mecánica de banco. Protocolo, Curso de procesos de manufactura, 7.
7. García Bermejo, J. (2013). Medidores definiciones y tipologías. Abastecimientos de Agua, 2-8.
8. INACAL- Instituto Nacional de Calidad. (19 de Agosto de 2015). Modelos Aprobados de Medidores de Agua Potable Fría. Recuperado el 29 de Octubre de 2015, de Modelos Aprobados de Medidores de Agua Potable Fría: <http://www.inacal.gob.pe/inacal/index.php/servicios-metrologia/homologacion-de-certificados/modelos-aprobados-de-medidores-de-agua-potable-fria>
9. INDECOPI. (10 de Junio de 2011). NORMA METROLÓGICA PERUANA NMP 005-3. EL PERUANO, pág. 6.

10. Ki-moon, B. (2013). Día Mundial del Agua. Mensaje del Secretario General con ocasión del Día Mundial del Agua , (pág. 2). Estados Unidos.
11. Laura Delgado, V. (2013). Bancos de Prueba-Taller de Medidores. Laboratorio de Medidores, 1.
12. Méndez Montoya, L., & Malpartida Farromeque, G. (2013). Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Normas Legales, 31.
13. Montero García, A., & Añón Almazán, J. Á. (2013). Contadores de agua. Zaragoza.
14. SEDAPAL. (2013). Contrastación de Medidores, 1-2.
15. SUNASS. (2007). Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de Saneamiento. Resolución de Consejo Directivo N° 011-2007-SUNASS-CD, 30-45.
16. Toledo Gutiérrez, M. (2011). Tipos de Medidores de Flujo de agua domiciliarios. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 3-14.

**ANEXO Nº 01 – MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES E INDICADORES</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>DISEÑO</b>	<b>INTRUMENTO</b>	<b>ESTADÍSTICA</b>
<p><b>PREGUNTA GENERAL</b></p> <p>¿Cuánto es el subregistro promedio de los medidores de Cajamarca en funcionamiento hasta el año 2015 de acuerdo a su antigüedad?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar el subregistro promedio de los medidores en Cajamarca de acuerdo a su antigüedad, hasta el año 2015.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>El subregistro promedio de un medidor es de - 15% cuando el medidor tiene más de 10 años de antigüedad.</p>	<p><b>VARIABLE 1</b></p> <p><b>El subregistro promedio</b></p> <p>Es relación entre el volumen de agua que registra el medidor y el volumen de agua real consumido.</p>	<p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>Los medidores de agua potable de la ciudad de Cajamarca: 38513 unidades</p>	<p><b>MÉTODO</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Aplicada</p>	<p>Prueba en el Banco de medidores de SEDAC AJ.</p>	<p>Tabla de conteo de datos.</p>

PREGUNTAS ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE 2 Tiempo de antigüedad	MUESTRA:	DISEÑO		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué relación existe entre el tiempo de antigüedad y el volumen registrado de un medidor?</li> <li>• ¿Qué relación existe entre el subregistro y la marca de un medidor?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un mapeo y zonificación de los doce sectores de la ciudad de Cajamarca.</li> <li>• Determinar el porcentaje de medidores operativos e inoperativos de la ciudad de Cajamarca para el año 2015.</li> <li>• Determinar el porcentaje de subregistro de medidores de la ciudad de Cajamarca para el año 2015.</li> <li>• Determinar el porcentaje de sobregistro de medidores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• los medidores a mayor edad de funcionamiento generan subregistro en la ciudad de Cajamarca en el año 2015.</li> </ul>	<p>Tiempo que ha venido funcionando el medidor desde su primer registro.</p>	<p>La muestra se determina en función a un análisis estadístico teniendo en cuenta el número total de medidores por zona de la ciudad de Cajamarca: 381 unidades</p>	<p>Investigación no experimental</p>		

	<p>de la ciudad de Cajamarca para el año 2015.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el porcentaje de medidores manipulados de la ciudad de Cajamarca para el año 2015.</li> </ul>						
--	--	--	--	--	--	--	--

## ANEXO Nº 02 - PANEL FOTOGRÁFICO

### 1. Situación inicial de medidores antes del retiro.

#### FOTOGRAFÍA Nº 01



*Medidor a simple inspección: Caja del medidor con basura y polvo.*

#### FOTOGRAFÍA Nº 02



*Caja del medidor rota y medidor expuesto.*

### FOTOGRAFÍA N° 03



*Caja del medidor ubicada en el suelo, con presencia de humedad.*

### FOTOGRAFÍA N° 04



*Signos visibles de la presencia de humedad afectando a la pared.*

### FOTOGRAFÍA N° 05



*Medidor en el suelo, sin tapa y expuesto.*

### FOTOGRAFÍA N° 06



*Medidor en el suelo, sin tapa, expuesto y madera sobre el medidor.*

**2. Proceso de retiro de medidores de agua por el personal autorizado de SEDACAJ S.A.**

**FOTOGRAFÍA N° 07**



*Caja de medidor en el suelo con presencia de humedad.*

**FOTOGRAFÍA N° 08**



*Medidor retirado, con presencia de lodo a causa de la humedad.*

### FOTOGRAFÍA N° 09



*Caja de medidor en pared con presencia de óxido y polvo, se observa el retiro del medidor.*

### FOTOGRAFÍA N° 10



*Niple de PVC, el diámetro depende de los accesorios*

### FOTOGRAFÍA N° 11



*Caja de medidor en pared, al retirar el medidor se coloca niple dependiendo el diámetro de los accesorios, para evitar el corte del sistema de agua.*

### FOTOGRAFÍA N° 12



*Medidores retirados y llevados al laboratorio para su prueba de contrastación.*

### 3. Medidores observados durante el retiro.

**FOTOGRAFÍA N° 13**



*Medidor con luneta rota e imposibilidad de lectura.*

**FOTOGRAFÍA N° 14**



*Medidor con luneta perforada con aguja.*

**FOTOGRAFÍA N° 15**



2015/09/11 02:40 PM

*Medidor con precinto de seguridad roto.*

**FOTOGRAFÍA N° 16**



2015/09/11 03:17 PM

*Medidor paralizado, se encuentra con óxido el mecanismo interno.*

**FOTOGRAFÍA N° 17**



*Medidor con pistón roto, a causa de su antigüedad.*

**FOTOGRAFÍA N° 18**



*Medidor con tapa carcomida por roedores.*

#### 4. Equipos del laboratorio de SEDACAJ S.A.

##### FOTOGRAFÍA N° 19



*Banco de medidores, con una capacidad para diez medidores.*

##### FOTOGRAFÍA N° 20



*Tres rotámetros con sus llaves cada uno, servirán para las tres pruebas en los medidores*

**FOTOGRAFÍA N° 21**



*Ingreso del agua al banco de medidores*

**FOTOGRAFÍA N° 22**



*Termómetro, controla la temperatura al ingresar el agua por los medidores*

**FOTOGRAFÍA N° 23**



*Medidor volumétrico patrón, de acero inoxidable*

**FOTOGRAFÍA N° 24**



*Regleta de Medidor volumétrico patrón, de acero inoxidable*

**5. Contratación de medidores en laboratorio de SEDACAJ S.A.**

**FOTOGRAFÍA N° 25**



*Grupo de medidores seleccionados para la prueba*

**FOTOGRAFÍA N° 26**



*Colocación de medidores en el banco, teniendo en cuenta la dirección del flujo.*

**FOTOGRAFÍA N° 27**



*Manipulación de los rotámetros para eliminar burbujas*

**FOTOGRAFÍA N° 28**



*Copia de datos manual durante la prueba.*

### FOTOGRAFÍA N° 29



*Al finalizar las pruebas, se retira los medidores y se coloca en una zona donde pueda escurrir el agua*

### FOTOGRAFÍA N° 30



*Prueba de medidores de clase R100, sólo ingresan siete medidores por prueba*

**6. Desmontaje de seis medidores sospechosos, manipulados.**

**FOTOGRAFÍA N° 31**



**FOTOGRAFÍA N° 32**



MEDIDOR N° 1100394: Medidor inoperativo que subregistra, tiene precinto de seguridad sobrepuesto, mecanismos internos alterados, tiene siete aletas de la turbina cortadas.

En la fotografía N° 32 se aprecia a la turbina alterada y otra intacta.

**FOTOGRAFÍA N° 33**



**FOTOGRAFÍA N° 34**



MEDIDOR N° 1100836: Medidor inoperativo que subregistra, tiene precinto de seguridad sobrepuesto, mecanismos internos alterados, engranaje del piñón del registro cortado

**FOTOGRAFÍA N° 35**



**FOTOGRAFÍA N° 36**



MEDIDOR N° 20124268: Medidor inoperativo que subregistra, tiene precinto de seguridad sobrepuesto, mecanismos internos alterados, tiene siete aletas de la turbina cortadas. En la fotografía N° 36 se aprecia a la turbina alterada y otra intacta.

**FOTOGRAFÍA N° 37**



**FOTOGRAFÍA N° 38**



MEDIDOR N° 0901004266: Medidor inoperativo que subregistra, tiene precinto de seguridad conforme, mecanismos internos alterados, turbina trabada con una piedra.

**FOTOGRAFÍA N° 39**



**FOTOGRAFÍA N° 40**



MEDIDOR N° 1100394: Medidor inoperativo que subregistra, tiene precinto de seguridad sobrepuesto, mecanismos internos alterados, tiene siete aletas de la turbina cortadas

**FOTOGRAFÍA N° 41**



**FOTOGRAFÍA N° 42**



MEDIDOR N° 131789: Medidor inoperativo que subregistra, tiene precinto de seguridad conforme, mecanismos internos alterados, turbina trabada con una piedra.

**ANEXO Nº 03 - LÍMITES PERMISIBLES DADOS POR INDECOPI**

		110	+10,00			
		109	+9,00			
		108	+8,00		SOBRE-REGISTRAN	
		107	+7,00			
		106	+6,00			
		105	+5,00			
USADOS		104	+4,00	O		P E R A T I V O
		103	+3,00	P		
		102	+2,00	E		
		101	+1,00	R		
		VOLUMEN 100 LITROS	+0,00	A		
		99	-1,00	T		
		98	-2,00	I		
		97	-3,00	V		
		96	-4,00	O		
		95	-5,00		SUB-REGISTRAN	
		94	-6,00			
		93	-7,00			
		92	-8,00			
		91	-9,00			
		90	-10,00			

USADOS	
ERROR PERMISIBLE	
Alto	+ - 4%
Medio	+ - 4%
Bajo	+ - 10%

USADOS	
ERROR PERMISIBLE	
Alto	+ - 4%
Medio	+ - 4%
Bajo	+ - 10%

NUEVOS	
ERROR PERMISIBLE	
Alto	+ - 2%
Medio	+ - 2%
Bajo	+ - 5%

NUEVOS	
ERROR PERMISIBLE	
Alto	+ - 4%
Medio	+ - 4%
Bajo	+ - 10%

## **ANEXO N° 04 – FLUJOGRAMA**

## **ANEXO N° 05 – ZONIFICACIÓN Y MAPEO**