

**COMPARACION DE LOS SISTEMAS DE MEDICION DE AGUA POTABLE
EN LOS SECTORES COMERCIAL, INDUSTRIAL E INSTITUCIONAL DE
LA CIUDAD GUADALAJARA DE BUGA CON BASE EN UN MUESTREO
DE TIPO ESTRATIFICADO**

Presentado por:

ANDRÉS FELIPE CUELLAR LOZANO

CESAR ANDRES RUANO CERON



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE
ÁREA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI
2011**

**COMPARACION DE LOS SISTEMAS DE MEDICION DE AGUA POTABLE
EN LOS SECTORES COMERCIAL, INDUSTRIAL E INSTITUCIONAL DE
LA CIUDAD GUADALAJARA DE BUGA CON BASE EN UN MUESTREO
DE TIPO ESTRATIFICADO**

Presentado por:

**ANDRÉS FELIPE CUELLAR LOZANO
CESAR ANDRES RUANO CERON**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al titulo
de Ingeniero Sanitario.**

Directora:

INES RESTREPO TARQUINO, Ing, MSc, PhD



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE
ÁREA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI
2011**

Nota de aceptación:

Inés Restrepo Tarquino
Msc. PhD. Ing. Sanitaria
UNIVERSIDAD DEL VALLE
Directora

Isabel Bolaños
Ing. Sanitaria
UNIVERSIDAD DEL VALLE
Jurado

Santiago de Cali, 01 de septiembre de 2011

DEDICATORIA

A Dios por la vida, salud y fortaleza para afrontar los momentos difíciles.

A mis madres María del Carmen y Sixta Elena (Q.E.P.D.) por su amor y apoyo incondicional a mi hermano, Ramiro por su solidaridad a mis compañeros.

ANDRÉS

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen por la vida, salud, fortaleza y mis guías para afrontar los momentos difíciles.

A mis padres Marcelina Cerón y Jorge Eduardo Ruano (Q.E.P.D.) por sus sabios consejos, por el inmenso sacrificio que hicieron y el apoyo incondicional que me dieron durante todo el proceso de mi formación profesional.

A mis compañeros y amigos por su motivación y compañía durante todo el proceso de aprendizaje hacia una vida profesional.

CÉSAR

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Inés Restrepo Tarquino, Directora de trabajo de grado, por su gran esfuerzo y voluntad de guía durante la elaboración del proyecto.

Jorge Latorre, ingeniero sanitario, MSc, Director de Cinara, por su asesoría e interés durante el desarrollo del trabajo.

Davis Gómez y Mario Lozano, ingenieros sanitarios, de la empresa Aguas de Buga, por su apoyo indispensable en la culminación del documento escrito.

Y demás personas que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. PROBLEMA	12
2.1 DEFINICION	12
2.2 EVIDENCIA DEL PROBLEMA	12
3. AREA DE ESTUDIO	13
3.1 INFORMACIÓN GENERAL	13
3.1.1 Población	13
3.1.2 Descripción Física	14
3.1.3 Límites	14
4. ANTECEDENTES	20
5. JUSTIFICACIÓN	23
6. ESTADO DEL ARTE	24
7. OBJETIVOS	31
7.1 OBJETIVO GENERAL	31
7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
8. METODOLOGIA	32
8.1 OBTENCION DE LA INFORMACION	32
8.2 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	32
8.3 TRABAJO DE CAMPO	34
8.4 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS	35
9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	36
9.1 TAMAÑO DE MUESTRA	36
9.1.1 Estimación del tamaño de muestra	37
10. TRABAJO DE CAMPO	39
10.1 PROGRAMACIÓN DE LA TOMA DE LECTURAS	39
10.2 LECTURAS	40
11. RESULTADOS	45
11.1 Análisis Descriptivo	45
11.2 Análisis Inferencial del Consumo de Agua Potable	48
11.3 Análisis de Concordancia	49
11.4 Alternativas de Mejoramiento de la Medición	51

12. CONCLUSIONES	52
13. RECOMENDACIONES	54
14. TEMAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES	56
15. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	57
ANEXOS	61

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 3.1 Caudales máximos instantáneos de la cuenca del río Guadalajara</i>	18
<i>Tabla 4.1. Consumos de agua potable de Guadalajara de Buga</i>	22
<i>Tabla 4.2. Suscriptores de agua potable de Guadalajara de Buga</i>	22
<i>Tabla 6.1 Consumos típicos de edificaciones</i>	25
<i>Tabla 9.1 Indicadores Estadísticos de los sectores bajo estudio</i>	36
<i>Tabla 10.1 Ciclos de Facturación</i>	39
<i>Tabla 10.2 Programación lecturas ciclo A</i>	43
<i>Tabla 10.3 Programación lecturas ciclo B</i>	43
<i>Tabla 10.4 Programación lecturas ciclo C</i>	44
<i>Tabla 11.1 Consumo General de Agua Potable</i>	45
<i>Tabla 11.2 Consumo de agua Potable por establecimiento (m³)</i>	47
<i>Tabla 11.3 Datos prueba de Mann</i>	49
<i>Tabla 11.4 Datos prueba de Mann sectorizada</i>	49
<i>Tabla 11.5 Alternativas de mejoramiento a la medición actual encontradas e el trabajo de campo</i>	51

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 10.1 Medidor Tipo Volumétrico Ø ½" obstruido</i>	41
<i>Ilustración 10.2 Medidor Tipo Velocidad Ø ½" en posición incorrecta</i>	41
<i>Ilustración 11.1. Consumos de agua potable de la empresa Aguas de Buga y muestreo en el periodo Mayo – Junio de 2011</i>	46
<i>Ilustración 11.2 Consumos discriminados por sector de la empresa Aguas de Buga S.A. E.S.P. y Muestreo del periodo Mayo – Junio de 2011.</i>	48
<i>Ilustración 11.3 Grafico de Concordancia de Bland-Altman</i>	50

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la demanda de agua es un tema en el cual muchos países ya están teniendo serios problemas debido a la reducción de la oferta de agua y el crecimiento de la población; de acuerdo con el informe del Director General de la UNESCO, Koichiro Matsuura, presentado de manera oficial en Estambul (Turquía), durante la celebración del V Foro Mundial del Agua, afirma que algunos países "*están llegando al límite de la explotación de sus recursos hídricos*".

También a esa problemática se le añaden los efectos del cambio climático que pueden agravar la situación, los expertos consideran que la cuestión del agua podría llegar a **politizarse** debido a "las rivalidades emergentes entre diferentes países, diferentes sectores de actividad, y entre zonas rurales y urbanas (URL 1).

En Colombia, teniendo en cuenta el informe anual del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM, 2005) la demanda de agua se aproxima a los 5.461 millones de metros cúbicos, para el 2015 en 7.823 millones de metros cúbicos y en el 2025 en 10.114 millones de metros cúbicos, afirmando que la demanda total de agua en el país se duplicará en el primer cuarto del siglo XXI de seguir las tendencias de crecimiento poblacional actual.

Entonces, teniendo en cuenta el actual panorama con respecto al manejo del recurso hídrico es necesario analizar los consumos y las tendencias de las demandas de agua para los distintos usos en una ciudad para así saber la cantidad de agua requerida, esto brinda la posibilidad de contar datos reales en el momento de realizar proyecciones de ampliaciones de un sistema de acueducto y además identificar características de la medición en cada uso.

Este documento presenta la propuesta para comparar los consumos institucionales, comerciales e industriales de la ciudad de Guadalajara de Buga.

2. PROBLEMA

2.1 DEFINICION

La empresa Aguas de Buga no tiene la certeza sobre los consumos facturados institucionales, comerciales e industriales de sus suscriptores y por lo tanto se desconoce el comportamiento de los mismos vedando la planificación del servicio de abastecimiento de agua.

2.2 EVIDENCIA DEL PROBLEMA

Algunas empresas de servicios públicos como Aguas de Buga S.A. E.S.P., no han actualizado sus catastros de usuarios y la determinación de sus consumos, en gran parte es por falta de capacidad operativa, debido a que en estas actividades se requiere talento humano, recursos técnicos y económicos que no generan una óptica de costo beneficio.

Como no hay información actualizada sobre los usuarios, se da el caso de que las mipymes e instituciones en general, muchas veces pagan una tarifa residencial, que no corresponde con el tipo de institución a la que se presta el servicio. No se dispone de información de los consumos actuales discriminados por sectores institucional, comercial e industrial, ya que no se tiene el registro la totalidad de sus usuarios.

En la actualidad el proceso de facturación del servicio de acueducto se encuentra enajenado y es prestado por la empresa contratista Servigenerales, la cual se encarga de todo el asunto de la facturación, razón por la cual, es necesario buscar la forma de conversar datos y lograr un punto de comparación, en el cual se confirme la precisión de los mismos, planteando alternativas que coadyuven al mejoramiento del proceso de registro de los consumos.

3. AREA DE ESTUDIO

3.1 INFORMACIÓN GENERAL

3.1.1 Población

Guadalajara de Buga cuenta con una población aproximada de 135.520 habitantes y es considerada una de las ciudades turísticas más importantes del Valle del Cauca por sus actividades y simbología religiosa. El constante arribo de visitantes a la ciudad ha generado un gran desarrollo traducido en importantes proyectos de construcción que se están elaborando, tales como: un extenso parque de diversiones, la etapa final de la terminal de transportes y almacenes de cadena de amplio comercio en el país (Aguas de Buga, 2009).

La afluencia de personas en los fines de semana y en la época de Semana Santa, es significativa, donde la planta de potabilización registra mayores consumos de agua potabilizada.

Lo anterior indica que el crecimiento de la ciudad le ha abierto espacio al sector comercial. Un reporte de este año en el Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) mostrado en la tabla 4.2, señala que el número de suscriptores del servicio de acueducto en el sector comercial al pasado mes de mayo asciende a 1953 suscriptores contra los 1747 reportado en el mismo mes en el año 2006 indicando un crecimiento del 11.8% en los últimos cinco (5) años.

3.1.2 Descripción Física

La ciudad de Buga, está asentada en la estribaciones de la Cordillera Central, sobre el margen derecho del Río Guadalajara que en su recorrido atraviesa la ciudad de oriente a occidente; se encuentra a 74Km de Santiago de Cali, la capital del departamento y a 126Km del Puerto de Buenaventura, el más importante del occidente colombiano.

Su ubicación geográfica es privilegiada y estratégica, pues la coloca en un verdadero cruce de caminos, en el lugar de convergencia de las principales vías terrestres que cruzan el occidente del país. Todo esto le otorga una posición destacada entre las demás ciudades del departamento.

3.1.3 Límites

3.1.3.1 Posición astronómica

La ciudad de Buga, está situada a 3° 54' 07" de latitud norte y 76° 18' 14" de longitud al oeste, coordenadas respecto al meridiano de Greenwich. Cuenta con una extensión de 16.2 Km² y una temperatura promedio a la sombra de 23°C.

Al Norte limita con el Municipio de San Pedro, al Noroeste con el Municipio de Tuluá, al Sur con el municipio de Guacarí, al Oriente con el departamento del Tolima, al Suroeste con el Municipio de Ginebra, al Occidente con el Municipio de Yotoco, al Suroriente con el Municipio de Cerrito.

3.1.3.2 Actividad económica

Las principales actividades económicas del municipio son: la ganadería, la agricultura, el comercio, el turismo religioso y la industria. Dentro de las principales actividades agrícolas, sobresalen los cultivos de algodón, soya, maíz, millo, café, caña de azúcar, plátano, frijol, yuca, cacao, sorgo, hortalizas y frutales.

3.1.3.3 Servicios públicos

La ciudad de Buga dispone de los servicios de energía eléctrica, alcantarillado, teléfonos, hospitales, clínicas, teatros, centros de salud, coliseo de ferias, concha acústica para festivales, estadio, coliseos deportivos, hoteles, bancos, dos proveedores de servicio de Internet, bibliotecas y emisoras.

3.1.3.4 Vías de comunicación

Aéreas

La ciudad de Buga se encuentra cerca a aeropuertos internacionales como son: "Alfonso Bonilla Aragón" en Palmira y el Matecaña en la ciudad de Pereira (Risaralda) y tiene acceso a los aeropuertos de carga que son: El de Santa Ana, localizado en la ciudad de Cartago y el de Farfán en la ciudad de Tulúa, que prestan el servicio para algunos vuelos nacionales.

Terrestres

Las carreteras Panamericana y Panorama, conectan a la ciudad de Buga con las principales ciudades de Colombia y otras naciones Suramericanas. La

carretera Buga-Madroñal-Buenaventura conecta a la ciudad de Buga con el puerto de Buenaventura, el más importante de la costa pacífica. Por tren está conectada a la red del ferrocarril del Pacífico que atraviesa toda el valle geográfico del río Cauca y la costa Pacífica.

Fluviales

La principal corriente de agua del Municipio y la ciudad de Buga, la constituye el río Guadalajara. Nace al Oriente de la ciudad, en la parte media de la cordillera Central, en la confluencia de varias quebradas. De ellas las más importantes son: Los Indios, La Sonadora y los Alpes, ubicadas a una altura de 2.850 m.s.n.m.

La cuenca geográfica tiene una extensión de 13.500 hectáreas y el recorrido del río es de aproximadamente 36 kilómetros. El río desemboca al occidente de la ciudad en el Río Cauca.

La ciudad es atravesada de Oriente a Occidente por las quebradas: Quebradaseca, La Pachita y Lechugas, de escaso caudal y cause seco en la parte llana, excepto en la época de lluvias.

La Hidrografía del Municipio se encuentra constituida además del río Guadalajara, por las vertientes de los Ríos Cauca, Tulúa, Sonso, la quebrada La Magdalena y la laguna de Sonso, reservorio natural de aves y peces (URL 2)

Cuenca del río Guadalajara

La cuenca del río Guadalajara cuenta con una extensión de 58.010 hectáreas. Limita al Occidente con el río Cauca, al Oriente y el Norte con las cuencas Tuluá Morales y al Sur con las cuencas Sonso, Guabas y Sabaletas;

tiene una altitud máxima de 3700 m.s.n.m y la mínima de 1000 m.s.n.m. En cuanto a su forma es de tipo romboidal y tiene un área grande de captación.

Las características físicas de la cuenca son: un ancho promedio de 7.3 km, una longitud axial de 18.6 Km, una pendiente media del 29.2%, un perímetro de 62,8 Km y un área de captación de 135,5 Km².

La precipitación pluvial media sobre la cuenca constituye el principal ingreso de agua al sistema hidrológico, la cual es de 1.755 mm/año, con un coeficiente de escorrentía de 54,3 % y un tiempo de concentración (T_C), tiempo que tarda en llegar el agua hidrológicamente a la salida de la cuenca, el cual es aproximadamente de 3,6 horas.

El río principal de la cuenca es el río Guadalajara, el cual tiene una longitud de 25.2 Km y una pendiente media de 20,6%

El rendimiento hídrico de la cuenca, como indicador de la capacidad de producción de agua reporta cifras de 0.32 L/s/ha. En cuanto a caudales, el caudal medio de la cuenca es de 4,3 m³/s; debido a la inexistencia de información hidrométrica, los caudales máximos instantáneos asociados a diferentes probabilidades ó períodos de retorno, se estimaron empleando el estudio de Regionalización de Caudales Máximos en la Subregión Oriental del departamento de Risaralda (Ruiz y Mojica, 1997) y se indican en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Caudales máximos instantáneos de la cuenca del río Guadalajara

T_R (Años)	Caudal (m³/s)
2	55,1
5	88,0
10	109,7
25	137,2
50	157,6
10	177,8

Con base en la hidroclimatología de la cuenca, se tiene que la parte alta es particularmente apta para generar flujos de caudal máximos instantáneos considerablemente altos, que podrían afectar las instalaciones, obras, cultivos, etc., de los caseríos Alaska, La Magdalena y la Inspección de Policía La Habana. Un evento de caudal máximo instantáneo podría llegar a afectar de manera importante los barrios altos del municipio de Buga, próximos al lecho y dentro del valle de inundación del río Guadalajara; en estos sitios, el caudal máximo instantáneo con período de retorno de 2 años sería aproximadamente 13 veces mayor que el caudal medio, el de los 10 años 26 veces mayor y el de los 25 años 32 veces mayor.

En cuanto a la calidad fisicoquímica y bacteriológica del río, se dice que es buena en las partes altas, pero a medida que desciende, se va contaminando con las aguas servidas provenientes de los asentamientos humanos, fincas en donde se presentan descargas de aguas residuales de las marraneras y las zonas erosionadas que aportan sedimentos. De acuerdo con los últimos datos de análisis de laboratorio obtenidos en la bocatoma del acueducto, se encuentran 9.30×10^4 [NMP/100 ml] de coliformes totales, de 3.60×10^4 [NMP/100ml] de coliformes fecales, turbiedad de 16 UNT, pH de 8.11 unidad, temperatura de 22.8 °C, color de 155 UPC, sólidos totales 132 mg ST/L, sólidos suspendidos de 22 mg SS/L y sólidos disueltos de 110 mg SD/L (CVC,2009).

La Corporación Guardabosques de Colombia, adelanta una campaña de arborización en el río Guadalajara, la cual consiste en concientizar a las personas que acostumbran visitar esta fuente de agua natural, para que la protejan y no destruyan con las acciones vandálicas como quemas, talas de árboles y arrojar toda clase de elementos de desperdicio al cauce y también la reforestación de las zonas donde se ha detectado el despoblamiento de árboles, a lo largo de la cuenca.

La campaña está siendo institucionalizada en los planteles educativos de los sectores oficial y privado y se espera que los directivos, docentes y padres de familia, al igual que la población estudiantil se unan a la campaña.

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca aportará una serie de plantas y árboles propios de estas zonas naturales y sólo resta que la comunidad se apropie del programa y contribuya de manera masiva en su conservación, para un mejor equilibrio entre el ecosistema y la comunidad.

Esto evidentemente es un aporte importante por parte de las entidades que quieren favorecer la cuenca, pero hay que tener en cuenta que la ciudad está en vía de desarrollo y en algún momento podrá disponer el uso del suelo de la cuenca para otros fines, tales como urbanístico, agrícola u otros; lo que significaría una alerta para las diferentes campañas que se planean hacer para su protección, de otro modo, a lo largo del tiempo la cuenca se vería cada vez más amenazada por el incremento tanto en la oferta de agua, como en la deforestación traducido en escasez de agua y susceptibilidad en épocas de estiaje.

4. ANTECEDENTES

De acuerdo con el informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), presentado en el V Foro Mundial del Agua, la demanda de agua está aumentando debido al acelerado crecimiento de la población, ésta, se calcula en la actualidad en 6.600 millones de personas y aumenta alrededor de 80 millones cada año, lo cual significa que la demanda de agua potable se incrementa en 64.000 millones de metros cúbicos al año.

Según el SIAC, (2009) Colombia tiene el privilegio de ser uno de los países más ricos del mundo en recursos hídricos. Por su ubicación geográfica y sus condiciones de relieve, tiene una precipitación media anual de 3.000 mm, lo que representa una abundancia significativa, si se compara con el promedio mundial de precipitación, que se encuentra alrededor de los 900 mm y con el de Suramérica, que está cerca de los 1.600 mm. Esta precipitación genera un caudal de escorrentía superficial de 58 L/s/km², siendo tres veces mayor que el promedio suramericano y seis veces mayor que la oferta hídrica específica promedio mundial. Todo lo anterior produce el enorme beneficio de tener más de 1.000 ríos permanentes cuando todo el continente Africano no posee más de 60.

La oferta hídrica en Colombia alcanza 2112 Km³ por año, descontando el volumen total evaporado en la que 1 Km³. Si esta cifra se distribuye en un año hidrológico medio, y se conecta la población, puede afirmarse que para cada persona en Colombia hay para repartir 53000 m³ por año (Marín, 1992). Sin embargo la distribución espacial y temporal del agua no está acorde con la distribución de la población por que el 80% de la población se localiza en la zona Andina que tiene problemas en la oferta para tal cantidad de población.

Es claro afirmar que Colombia así como dispone de grandes volúmenes de agua, también presenta problemas de escases ya que por falta de concientización de las poblaciones en el aprovechamiento de este recurso, se derrocha considerablemente y se contaminan las fuentes superficiales.

A nivel regional, la cuenca Guadalajara de Buga, ubicada en la zona plana del Valle del Cauca, experimentó a través de la implementación de programas de mejoramiento de tierras, la apertura económica del año de 1990 y la caída de los precios internacionales del café, un proceso de intensificación y modificación del uso de su territorio, especializando la región en la producción de caña de azúcar y productos derivados. Este proceso, junto con el desarrollo industrial y el crecimiento de la población en la ciudad de Guadalajara de Buga incrementó la demanda de agua para los diferentes usos (en especial la agrícola) y los niveles de contaminación de la cuenca, lo cual ha provocado en su zona plana (zona de consumo) una disminución en la oferta de agua durante los meses de estiaje (Moreno, 2008).

Es de anotar que para dichas épocas es donde se reporta más demanda de agua. Según datos suministrados por la empresa Aguas de Buga, a la salida de la planta de potabilización, la demanda es del orden de 34 mil m³/día y el sábado es de 38 mil m³/día registrados en una época de mayor consumo como marzo, esto debido a la gran afluencia de personas en los fines de semana y en la época de semana santa, en la cual, la población flotante es significativa generando una mayor demanda.

De acuerdo con el reporte al Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos por parte de la empresa Aguas de Buga se presentan en las tablas 4.1 y 4.2 los valores de consumo y número de suscriptores para los distintos usos de la ciudad de Guadalajara de Buga.

Tabla 4.1. Consumos de agua potable de Guadalajara de Buga

AÑO	PERIODO	INDUSTRIAL [m³/mes]	COMERCIAL [m³/mes]	OFICIAL [m³/mes]	CONSUMOS FACTURADOS [m³/mes]
2011	Mayo	19275	39657	44014	102946

FUENTE: SUI, 2011.

Tabla 4.2. Suscriptores de agua potable de Guadalajara de Buga

AÑO	PERIODO	INDUSTRIAL	COMERCIAL	OFICIAL	TOTAL SUSCRIPTORES
2011	Mayo	59	1953	155	2167

FUENTE: SUI, 2011

La comparación de los consumos institucionales, comerciales e industriales de la ciudad Buga, será de utilidad no solo en el mejoramiento del sistema de acueducto, sino también para el sistema de alcantarillado y la futura PTAR que la ciudad debe construir.

5. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que en la actualidad no existe actualización de la información, se carece de datos precisos de los consumos y las demandas por la inexistencia de catastros de usuarios en los diferentes sectores y previendo que se hacen solamente estimaciones que generan desajustes de la capacidad real instalada del sistema, es necesario comparar los consumos de agua con el fin de justificar y establecer los lineamientos de las inversiones futuras que se hagan en aumento de la capacidad de la planta y optimización de las redes, evitando de esta manera que las inversiones del recurso público sean orientadas a proyectos no acordes con el comportamiento de la demanda de agua en la ciudad.

El garantizar que las inversiones futuras a realizar por parte de la empresa sean bien enfocadas, genera un clima financiero de rentabilidad para la empresa, un buen servicio a los usuarios y permite la sostenibilidad de la empresa a largo plazo.

De acuerdo con Aguas de Buga, (2010) en la actualidad se ofrece una cobertura del 100% del servicio de acueducto, se ha hecho la reposición de las redes en un 70% equivalente a una longitud total de 117 Km de tuberías de material en asbesto cemento a PVC, en cuanto a los reportes de IANC se encuentra alrededor del 39%, el cual es bastante alto si se compara con lo establecido en el RAS que de acuerdo a su título C, tabla B.2.4 establece que para las características de la ciudad de Buga (nivel de complejidad alto) debería estar por debajo del 20%

6. ESTADO DEL ARTE

El agua potable es un requisito indispensable para la vida y el desarrollo de la humanidad. El suministro de agua requiere de fuentes de agua y sistemas complejos de almacenamiento, purificación, distribución y drenaje, sobre todo en las aéreas metropolitanas. Son los técnicos hidráulicos, ingenieros sanitarios, civiles, mecánicos miembros de organizaciones relacionadas con este campo, quienes tienen la responsabilidad de suministrar con calidad y cantidad suficiente agua para las necesidades de la población (Pérez, 2005).

En los principios de Dublin se reconoce el agua como un bien económico y por lo tanto se le debe asignar un valor para cada uno de sus usos. La valoración del agua está ligada al reconocimiento de ésta como un recurso escaso y por tanto se deben reconocer los costos de oportunidad relacionados a cada uso (Lasso y Burbano, 2004).

El servicio de suministro de agua potable depende del buen servicio que preste la empresa ó entidad correspondiente, del grado social y nivel de vida de las personas de determinado lugar. Sin embargo cuando se diseñan redes de acueducto se asumen para dichos cálculos consumos que van de 150 a 400 L/hab.día, el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico en su artículo 67 recientemente modificado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de la resolución 2320 de noviembre 27 de 2009 establece las nuevas dotaciones netas máximas a tener en cuenta, en la cual la ciudad de Guadalajara de Buga se clasifica en una dotación neta máxima de 150 L/hab.día. Para diseños específicos de edificaciones se señalan algunos consumos:

Tabla 6.1 Consumos típicos de edificaciones

Tipo de Edificación	Consumo Promedio
Universidades	50 l/est/día
Internados	250 l/hab/día
Hoteles	250 – 500 l/hab/día
Oficinas	90 l/cam/día
Cuarteles	350 l/hab/día
Restaurantes	41 l/com/día
Hospitales	800 l/cam/día
Prisiones	600 l/hab/día
Lavanderías	48/kg/ropa
Lavado carros	400 l/carro
W.C. públicos	50 l/h
W.C. intermitentes	150 l/h
Consultorios médicos	500 l/cónsul/día
Clínicas dentales	1000 l/unidad
Industrias	80 l/trabajador

FUENTE: Pérez, 2001

Se afirma que la demanda aumenta debido a la expansión económica, los modelos de desarrollo industrial y la vida de consumo excesivo; en consecuencia el empleo del porcentaje de aguas es cada vez mayor. Según la comisión del agua, el consumo del agua aumenta el doble que la población. (Lasso y Burbano, 2004).

La demanda de agua se define como la cantidad de líquido requerido para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de una comunidad como: agrícola-pecuaria, institucional, comercial e industrial, otros usos (URL 3).

En mercados desarrollados, los consumos de agua potable son relativamente inelásticos, depende de las condiciones climáticas y de las características socioeconómicas y urbanísticas de los usuarios. Las campañas de uso

racional, reducen principalmente las pérdidas asociadas a fugas en las redes, pero muy poco la demanda efectiva por el recurso (Corrales, 1998).

La evolución de la demanda de agua se ve afectada por dos variables, el crecimiento de la población y la elevación en el nivel de vida que está determinada por patrones de conducta que tienden al desperdicio y el abuso en el consumo (Naciones Unidas, 2003). (Lasso y Burbano, 2004).

La sostenibilidad en el abastecimiento de agua debe contar con la capacidad de un sistema para continuar desempeñando sus funciones a un nivel aceptable y por un periodo indefinido de tiempo utilizando solo los insumos especificados en el diseño del sistema, sin colocar en riesgo la población futura (WASH, 1993).

Los proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento básico cubren una de las necesidades básicas de todo ser humano y de las comunidades. Al hacerlo, generan beneficios personales y comunales, que se refieren al mejoramiento de la salud y al aumento de la comodidad y del bienestar; en algunas ocasiones producen beneficios económicos personales y tienen además una alta posibilidad de establecer beneficios intangibles al reafirmar la capacidad autónoma de desarrollo de las comunidades. Esto conduce a un elevamiento de la calidad de vida tanto individual como colectiva (Oviedo, 2007).

La economía de escala, asociada a la industria del agua potable ha sido poco debatida; estudios realizados en el Banco Mundial muestran que para algunas experiencias de América Latina, el costo por metro cúbico de agua suministrada disminuye considerablemente a medida que aumenta el número de usuarios y que la factibilidad financiera de la operación solo se logra por

unidades operativas que abastezcan ciudades mayores de 40000 ó 50000 habitantes (Corrales, 1998).

Uno de los problemas más serios en los sistemas de abastecimiento de agua de América Latina y de diversas regiones del mundo, es el elevado índice de agua no contabilizada (pérdidas), que muchas veces alcanza valores superiores a 50% del volumen de agua producida, en este caso la empresa Aguas de Buga deberá apuntar a proyectos que tengan por objeto la disminución del índice el cual es considerable en un 39%.

Este cuadro de ineficiencia se debe principalmente a la deficiente administración de los sistemas, ya que no se conoce el volumen de agua que se produce y distribuye ni lo que consumen los usuarios registrados en la empresa. En realidad, se construyen grandes obras y se invierten enormes sumas en la ampliación de la producción, distribución y almacenamiento. Sin embargo, la crisis de abastecimiento continúa, ya que casi siempre los aspectos relativos a la operación y mantenimiento racional de los sistemas de abastecimiento de agua permanecen en un plano secundario.

El uso racional del agua es una cuestión de vital importancia, principalmente en las regiones donde hay escasez de agua y recursos financieros. Es muy importante que las empresas de abastecimiento de agua dispongan de un sistema eficiente de medición del consumo, que fomente el uso racional del agua ofertada.

El agua que se utiliza en el consumo excesivo tiene un costo para la comunidad, ya que conlleva el sobre - dimensionamiento de las instalaciones y equipos y la población paga esta ineficiencia a través de la tarifa.

Incluso en los países desarrollados y ricos donde existe agua en abundancia, las pérdidas son motivo de preocupación, ya que el agua antes de llegar a las viviendas debe extraerse, tratarse, almacenarse y distribuirse. Todas estas operaciones requieren equipos e instalaciones costosas, productos químicos, energía eléctrica y otros costos directos e indirectos.

Como el agua es un insumo en muchos procesos industriales, este costo se incluye dentro de los precios de producción. En las regiones frías, el consumo descontrolado del agua por parte de los usuarios representa un aumento del costo de la energía eléctrica que se gasta en calentarla.

Por todas estas razones, se llega a la conclusión una de las formas de racionalizar el consumo de agua, es contar con un sistema de medición del consumo que permita saber con exactitud la cantidad de agua que se produce y suministra a la red de distribución y sobre todo la que es consumida por los usuarios.

Una empresa de agua potable, puede considerarse una industria que produce agua y como tal, necesita saber lo que produce y lo que vende, con el fin de racionalizar sus costos de operación.

En la actualidad todas las empresas de saneamiento, deben optimizar sus procesos, esto solo es posible si la empresa cuenta con un sistema efectivo de medición de consumos. (URL 5)

La medición es un conjunto de normas y procedimientos que hacen posible medir, calcular, estandarizar y gestionar el abastecimiento de agua al sistema y el consumo de los usuarios (CRA, 1997).

El volumen de agua demandado en un lapso de tiempo determinado (m^3/h , L/h, etc.), es cuantificado a través de los medidores y facturado a los

usuarios de un acueducto, estos son diseñados para garantizar un trabajo de lectura adecuado del volumen de agua durante 5 años y algunos hasta 7 años, es importante tener en cuenta que no debe superarse más de treinta veces el caudal nominal ($30Q_n$) según las normas internacionales. Las normas colombianas ICONTEC, 1063 y 839 dicen que no se deben superar los $50Q_n$ por mes y no más de $2Q_n$ por día, por tanto deben cambiarse los medidores cada siete años ó cuando su registro sea superior a 3000 m^3 .(Sánchez, 2010)

En la actualidad se está empleando en algunos países como Chile, la lectura automatizada la cual permite conocer los consumos en tiempo real a través del uso de las comunicaciones, a través de este tipo de mediciones se pueden conocer el comportamiento de la demanda a lo largo del día y estos datos se reportan a bases de datos de las empresas prestadores del servicio; este tipo de tecnología ofrece las siguientes ventajas:

- ❖ Validación de los datos en terreno
- ❖ Permite recoger y procesar información adicional
- ❖ Optimización de proceso de facturación

Estas ventajas permiten una buena gestión de lectura, mejorando la eficiencia de la empresa. (URL 4).

El desafío para los fabricantes de medidores de agua potable es: mejorar la metrología y fiabilidad en el tiempo, disminuir y facilitar el mantenimiento, simplificar las instalaciones e incorporar nuevas prestaciones (telemetría, prepago, sistemas de corte), equipos que posibiliten el desarrollo de nuevos esquemas tarifarios.

La exactitud del registro de los consumos de agua potable se traduce en un reparto equitativo de este recurso esencial sobre la base de una adecuada modelación hidráulica y una excelente construcción, operación y mantenimiento del sistema de distribución.

El oficio de la medición involucra una respuesta integral a través del tiempo, seleccionando una adecuada tecnología de la medición, optimizando los recursos técnicos y humanos que la hacen posible (URL 4).

Todas las Empresas Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado, que no contemplen dentro de sus presupuestos la adquisición de medidores, están enrumbando su colapso total, debido a que este instrumento de medición permite a las administraciones, controlar y regular el consumo de agua en la población, brindar continuidad y calidad en el servicio, distribuir justa y equitativamente el agua, postergar grandes inversiones en ampliación de capacidad de planta, toma de decisiones acertadas para el mejoramiento integral de la empresa, lograr una administración equilibrada que consiga objetivos específicos e importantes como son: satisfacción del cliente, rentabilidad, fortalecimiento Institucional y crecimiento de la empresa. (URL 5)

7. OBJETIVOS

7.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar los consumos institucionales, comerciales e industriales de la cabecera municipal de Guadalajara de Buga, planteando alternativas que contribuyan al mejoramiento de la medición actual.

7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar la población actual de los sectores en estudio, con base a las diversas fuentes de información del sector institucional, comercial e industrial de la cabecera municipal de Guadalajara Buga.
- ❖ Determinar el tamaño de muestra para cada sector, teniendo en cuenta el histórico de suscriptores de años anteriores.
- ❖ Comparar los datos históricos de consumos de cada sector reportados con los obtenidos en las mediciones en terreno (datos reales).
- ❖ Identificar anomalías en el sistema de medición de consumos y proponer alternativas para el mejoramiento de la medición de la demanda de agua.

8. METODOLOGIA

8.1 OBTENCION DE LA INFORMACION

Para la comparación de los consumos de agua potable de los sectores en estudio (institucional, comercial e industrial) de la ciudad de Buga, como primera instancia, fue ineludible contar con la información de los usuarios de cada sector, por lo tanto se tomo como fuentes de información a las entidades de Cámara de Comercio de Buga y la empresa prestadora de servicio de acueducto y alcantarillado Aguas de Buga S.A.E.S.P con la finalidad de identificar la población total de los establecimientos.

8.2 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Una vez obtenida la información, se realizó una revisión bibliográfica referente al tema, con el fin de identificar el procedimiento más oportuno que permitiera procesar la información, donde se pudo apreciar que el camino más idóneo para desarrollar este trabajo de investigación, era la aplicación de un muestreo aleatorio estratificado (MAE), de tal forma que a partir de una muestra global se obtuviera un menor tamaño de muestra representativa de cada uno de los sectores (comercial, industrial e institucional) y proceder a tomar in situ las lecturas de los consumos de dichos establecimientos. Al determinar una muestra pequeña significativa de cada sector permitiría garantizar las siguientes ventajas:

- ❖ Es eficiente para poblaciones heterogéneas.
- ❖ Reduce el costo y tiempo del muestreo, al reducir los tamaños de la muestra global sin que ello haga perder precisión.
- ❖ Forma parte de los diseños muestrales más complejos.
- ❖ Existe independencia en la selección de la muestra en cada estrato.

- ❖ Bien usado este método produce errores de muestreo más bajos

Una vez obtenidos los datos recolectados en el trabajo de campo (proceso de muestreo) y siguiendo la metodología planteada, se procedió a comparar los datos obtenidos en el proceso de muestreo con los registros de consumo de la empresa Aguas de Buga mediante la prueba de Mann-Whitney, la cual es una alternativa no paramétrica (Melo, 2007) que sirve para determinar si los consumos medios provenientes de dos poblaciones (Aguas de Buga y Muestreo) son estadísticamente iguales

La prueba de Mann-Whitney se fundamenta en la comprobación de la heterogeneidad de dos muestras ordinales. El planteamiento inicial consta en:

- ❖ Las observaciones de ambos grupos son independientes
- ❖ Las observaciones son variables ordinales o continuas.
- ❖ Bajo la hipótesis nula, las distribuciones de partida de ambas distribuciones es la misma
- ❖ Bajo la hipótesis alternativa, los valores de una de las muestras tienden a exceder a los de la otra. (Melo, 2007)

Para contrastar la hipótesis de que no existen diferencias entre los datos obtenidos por la empresa de Aguas de Buga y los datos recolectados mediante el muestreo, se compara el nivel de significancia ($\alpha = 0,05$) contra el valor-p arrojado por la prueba y se rechaza esta hipótesis si $\alpha > Valor - p$, en caso contrario no existirá suficiente evidencia para rechazar la hipótesis inicial.

El procesamiento estadístico de la información obtenida, se realizó en el software estadístico Minitab Inc. versión 15, el cual abarca todos los aspectos necesarios para el aprendizaje y la aplicación de la estadística en general. El

programa incorpora opciones vinculadas a las principales técnicas de análisis estadístico (análisis descriptivo, contrastes de hipótesis, regresión lineal y no lineal, series temporales, análisis de tiempos de fallo, control de calidad, análisis factorial, ANOVA, análisis cluster, etc.), además de proporcionar un potente entorno gráfico y de ofrecer total compatibilidad con los editores de texto, hojas de cálculo y bases de datos más usuales.

8.3 TRABAJO DE CAMPO

Determinado el tamaño de la muestra de cada uno de los sectores (número de establecimientos a muestrear), se procedió a la toma de lecturas in situ de los consumos registrados en los micromedidores de cada establecimiento, para poder comparar estos registros con los de la empresa Aguas de Buga, fue necesario tener en cuenta la programación o coordinación de fechas de registros de lectura de consumos, de los establecimientos en cuestión, que la empresa prestadora del servicio SERVICIOS GENERALES de Buga maneja, los cuales fueron los siguientes:

Ciclo A, días 17 y 18 de cada mes

Ciclo B, días 21 y 22 de cada mes

Ciclo C, días 25 y 26 de cada mes

Para el registro de los datos, se elaboró un formato que contemplara de manera clara, el registro de la información de consumos en los medidores, el tipo, estado y diámetro con el fin de evaluar los mismos y así poder plantear recomendaciones de mejoramiento. (Ver anexo 1)

8.4 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

La información lograda en el trabajo de campo, junto con la información suministrada por Servigenerales, fue analizada estadísticamente a través de dos métodos: prueba de hipótesis y análisis de concordancia, estos métodos permitieron realizar la comparación de ambas informaciones (trabajo de campo y Servigenerales), de igual forma se obtuvo el estado de la medición actual permitiendo proyectar alternativas de mejora para la misma.

9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

9.1 TAMAÑO DE MUESTRA

El tamaño de muestra necesario para recolectar la información requerida en el presente estudio, se calculó mediante el muestreo aleatorio estratificado (MAE), donde los estratos están definidos por los sectores institucional, industrial y comercial, de los cuales se colectó información del consumo mensual de agua potable.

Para llevar a cabo este muestreo, se tomo información de 44 periodos del consumo de agua potable (meses) de cada sector a muestrear, con el fin de obtener la estimación inicial de algunos parámetros, como la media y la desviación estándar los cuales son necesarios para realizar el cálculo del tamaño de la muestra final. (Ver tabla 9.1)

Tabla 9.1 Indicadores Estadísticos de los sectores bajo estudio

	Industrial	Comercial	Oficial
Media	422,63	25,03	338,48
Desviación	39,04	2,73	33,33
Población	66	1586	151

Después de obtener la media y la desviación del consumo de agua en cada sector, se calculó el tamaño de la muestra final mediante el MAE y la muestra se repartió para cada sector mediante asignación de Mínima Varianza (Neyman)¹ como se muestra a continuación.

¹ En esta forma de asignación se da importancia al tamaño de cada estrato y también a la variabilidad del mismo, esto es, al estrato más grande le corresponderá más muestra al igual que al estrato que tenga mayor variabilidad. Tomado del libro "Muestreo Estadístico - Métodos, aplicaciones y ejercicios". Rafael Klinger A. Universidad del Valle. 2010.

9.1.1 Estimación del tamaño de muestra

$$n_0 = \frac{\sum_{h=1}^3 W_h S_h^2}{V_0} = 23,9 \approx 24$$

Donde,

h : Numero de estratos (3 Sectores- Industrial, Comercial y Oficial)

$W_h = \frac{N_h}{N}$: Ponderación ó peso del estrato h .

N : Tamaño total de la población

N_h : Tamaño de la población en el estrato h

S_h^2 : Varianza del consumo de agua potable en el estrato h .

$$V_0 = \left(\frac{\delta}{Z_{\alpha/2}} \right)^2 :$$

Varianza deseada en función del error de estimación y del nivel de confianza, bajo el supuesto de normalidad en el consumo de agua potable.

El tamaño de muestra se calculó con una confianza del 95% y un error de estimación del 2%.

9.1.2 Asignación final para la muestra determinada

$$n = 24 \left\{ \begin{array}{l} n_{Industrial} = 5,15 \approx 6 \\ n_{Comercial} = 8,68 \approx 9 \\ n_{Oficial} = 10,07 \approx 11 \end{array} \right.$$

De los 24 establecimientos que se deben muestrear, 6 de ellos deben ser del sector industrial, 9 del sector comercial y 11 del sector oficial. La recolección de la información se realizó de manera sistemática, por medio de los listados de ubicación de los establecimientos proporcionados por la cámara de comercio para cada uno de los sectores bajo estudio. (Ver anexo 2)

10. TRABAJO DE CAMPO

Con el fin de obtener datos reales que permita realizar la comparación con los datos reportados por la empresa Servigenerales S.A. fue necesario proyectar el trabajo de campo, el cual consistió en la recolección de datos de manera programada de acuerdo a las fechas de facturación de los usuarios del acueducto de Buga.

10.1 PROGRAMACIÓN DE LA TOMA DE LECTURAS

Una vez obtenido el tamaño de la muestra, se procedió a contactar la empresa Servigenerales S.A. que es la firma encargada de la facturación de los consumos de los usuarios del servicio de acueducto de la empresa Aguas de Buga S.A. E.S.P. con el fin de precisar las fechas en las cuales se toman las lecturas de consumo de agua potable, registrados en los medidores, instalados en los sectores en estudio de la ciudad de Buga.

Servigenerales S.A tiene establecido tres (3) ciclos de facturación, en los cuales, cada uno de ellos contempla la lectura caracterizada por Calles, Carreras y Afueras de la ciudad. Estos son tomados en distintas fechas del mes con el fin de facilitar el proceso de elaboración de todas las facturas de los usuarios y tales fechas se relacionan en la tabla 10.1

Tabla 10.1 Ciclos de Facturación

Ciclo	Ubicación Lecturas	Días de lecturas en el mes
A	Calles	17-18
B	Carreras	21-22
C	Afueras de la ciudad	25-26

10.2 LECTURAS

De acuerdo a la programación, se dio lugar a la toma de lecturas in situ, para las cuales se elaboró un formato de lectura, el cual incluye todos los datos necesarios para el registro de la información requerida tales como: como fecha, localización, tipo de establecimiento, tipo de medidor, lectura, estado del medidor, etc. Este formato se puede apreciar en el anexo 1.

Se programaron dos visitas para la toma de lecturas de los medidores de cada uno de los establecimientos a estudiar, para determinar los volúmenes de consumo (m^3), estas lecturas en campo coincidieron con la fecha de toma de lecturas de Servigenerales S.A, de acuerdo a la tabla 10.1.

En las ilustraciones 10.1 y 10.2 se pueden apreciar algunos de los hallazgos encontrados en el trabajo de campo, tales como: medidor de tipo velocidad instalado de forma incorrecta, ya que este tipo de medidores para obtener un registro oportuno de las lecturas de consumo de agua potable , deben ser instalados en posición netamente vertical y no formando un ángulo de inclinación; medidor de tipo volumétrico cubierto por acumulación de arenas e impurezas, impidiendo la visibilidad para la toma de lectura y deteriorando la composición física del equipo .



Ilustración 10.1 Medidor Tipo Volumétrico Ø ½" obstruido



Ilustración 10.2 Medidor Tipo Velocidad Ø ½" en posición incorrecta

De acuerdo a las ilustraciones 10.1 y 10.2 se puede apreciar que en la actualidad en el tema de la medición, se puede realizar propuestas de mejoramiento, las cuales busquen optimizar este proceso de vital importancia para la empresa prestadora del servicio de acueducto Aguas de Buga S.A. E.S.P.

Tabla 10.2 Programación lecturas ciclo A

Fecha Primera Lectura	Fecha Segunda Lectura	Dirección	Nombre Establecimiento	Sector
17-may-11	17-jun-11	C 1 no 14 - 29	Hotel Guadalajara	Industrial
17-may-11	17-jun-11	C 5 no 18 - 47	Velotax	Industrial
17-may-11	17-jun-11	C 6 no 12 - 55	Golfi Gold	Comercial
17-may-11	17-jun-11	C 7 no 12 - 65	Almacén Bata Buga	Comercial
17-may-11	17-jun-11	C 7 no 15 - 54	Escuela san Vicente de Paul	Institucional
17-may-11	17-jun-11	C 8 no 14 - 45	Fiscalía General. De la Nación	Institucional
17-may-11	17-jun-11	C 12 no 12 - 27	Escuela Alonso Aragón Quintero	Institucional
17-may-11	17-jun-11	C 30 no 13a - 01	Casa de Justicia	Institucional

Tabla 10.3 Programación lecturas ciclo B

Fecha Primera Lectura	Fecha Segunda Lectura	Dirección	Nombre Establecimiento	Sector
22-may-11	22-jun-11	K 1 NO 6 - 36	Liquore Store	Comercial
22-may-11	22-jun-11	K 1 No 9 - 33	Bodega del Pañal	Comercial
22-may-11	22-jun-11	K 5 No 16 - 02	Parque Recreacional Bombonera	Institucional
22-may-11	22-jun-11	K 9 No 24 - 41	I . T . A .	Institucional
22-may-11	22-jun-11	K 11 NO 8 - 35 I	Ferretería Superior	Comercial
22-may-11	22-jun-11	K 12 No 4 - 41	Biblioteca Municipal	Institucional
22-may-11	22-jun-11	K 13 NO 9 - 04	Compraventa La Guaca	Comercial
22-may-11	22-jun-11	K 14 NO 26A - 05	HOSPITAL DIVINO NIÑO	Institucional

Fecha Primera Lectura	Fecha Segunda Lectura	Dirección	Nombre Establecimiento	Sector
22-may-11	22-jun-11	K 14B NO 32 - 25	Rest.Escolar San Vicente De Paul	Institucional
22-may-11	22-jun-11	K 14 NO 7 - 81	Comercializadora la 14	Comercial
22-may-11	22-jun-11	K 14 No 16 - 62	Instituto Gran Colombia	Institucional
22-may-11	22-jun-11	K 18 NO 10 - 90	S.K.N. CARIBECAFE LTDA.	Industrial
22-may-11	22-jun-11	K 18 NO 13 - 01 #1	AGRO GRAIN S.A.	Industrial
22-may-11	22-jun-11	K 18 NO 14 - 21 #2	AGRO GRAIN S.A	Industrial

Tabla 10.4 Programación lecturas ciclo C

Fecha Primera Lectura	Fecha Segunda Lectura	Dirección	Nombre Establecimiento	Sector
26-may-11	26-jun-11	C 1S NO 12 -213	Comando De Policía Nacional	Institucional
26-may-11	26-jun-11	K 8 No 40 - 02	Avícola Guadalajara Ltda.	Industrial
26-may-11	26-jun-11	K 12 NO 3S – 11	Estación De Servicio Bomberos	Comercial
26-may-11	26-jun-11	K 11 No 3 - 52	Fabrica Dulce del Valle	Industrial
26-may-11	26-jun-11	K 13 No 9 - 45	Almacén Shada y Stylus	Comercial

11. RESULTADOS

11.1 Análisis Descriptivo

Tabla 11.1 Consumo General de Agua Potable

Estadísticos	Empresa Buga	Muestreo
Muestra	27	27
Mínimo	0,0	3,0
Máximo	998,0	1064,0
Media	117,9	135,0
Desviación	227,7	234,0
Mediana	24,0	34,9

De la Tabla 11.1 se puede apreciar que el consumo promedio registrado por la empresa fue de aproximadamente 118 m³, con un registro mínimo de 0 m³ y un máximo de 998 m³, mientras que el consumo promedio registrado por el muestreo fue de 135 m³, con un registro mínimo de 3 m³ y un máximo de 1064 m³. Esto resalta las diferencias encontradas entre las dos mediciones, las cuales pueden ser causadas por el diferente horario de toma de la lectura ó por los posibles errores cometidos de las personas encargadas de toma de la lectura.

El valor de la mediana indica que el 50% de los consumos de agua fueron inferiores a 24 m³ según la empresa prestadora del servicio, mientras que con el muestreo realizado se observó que el 50% de los consumos fueron inferiores a 34,9 m³.

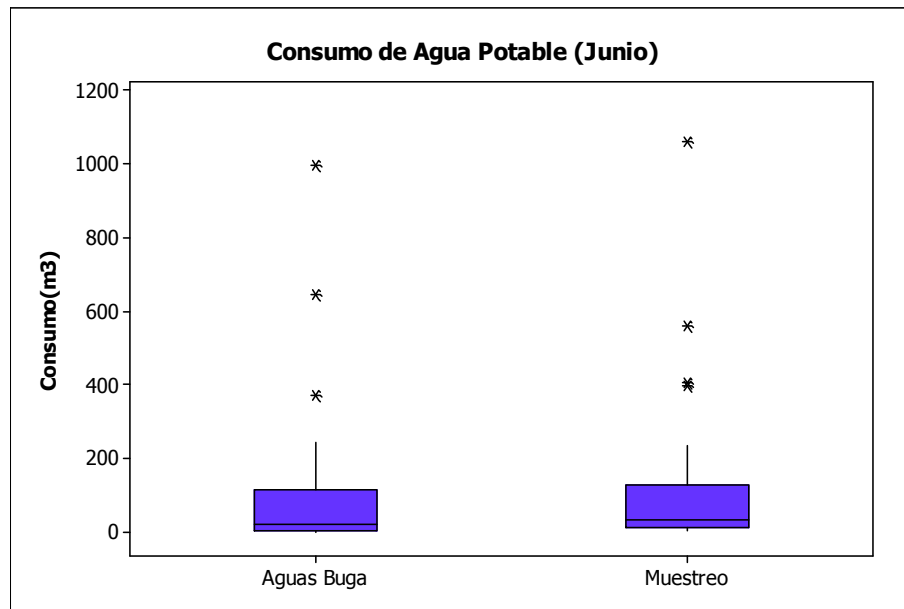


Ilustración 11.1. Consumos de agua potable de la empresa Aguas de Buga y muestreo en el periodo Mayo – Junio de 2011

En la Ilustración 11.1 se puede ver que en el diagrama de cajas del consumo de agua potable, no se aprecian grandes diferencias entre los registros de la empresa Aguas de Buga S.A. E.S.P. y los obtenidos con el Muestreo, sin embargo se observan diferentes valores atípicos que corresponden a consumos extremos por parte de algunos consumidores. Estos valores se presentaron en los establecimientos Institucionales e industriales como colegios, hospitales y hoteles. (Ver anexo 2.)

Tabla 11.2 Consumo de agua Potable por establecimiento (m³)

Estadísticos	Comercial		Industrial		Institucional	
	Empresa Buga	Muestreo	Empresa Buga	Muestreo	Empresa Buga	Muestreo
Muestra	9	9	7	7	11	11
Mínimo	0,0	3,0	2,0	5,8	0,0	6,0
Máximo	21,0	563,0	374,0	398,0	998,0	1064,0
Media	7,6	73,3	118,7	131,5	207,7	187,7
Desviación	6,9	183,7	133,9	142,2	322,7	311,1
Mediana	4,0	13,2	68,0	98,6	55,0	72,2

En la Tabla 11.2 se observa que el consumo promedio más alto registrado por la empresa, fue en el sector Institucional con un valor aproximado de 208 m³ y una mediana de 68 m³ en el sector Industrial, mientras que el consumo promedio más alto registrado mediante el muestreo fue de 187,7 m³ en el sector Institucional y una mediana de 98,6 m³ en el sector Industrial, lo cual confirma que las instituciones son las que presentan mayor consumo promedio de agua potable, seguido del sector Industrial y por último el sector comercial, esto converge con los datos consignados al SUI (Sistema Único de Información de Servicios Públicos de Colombia) al pasado mes de mayo, en los cuales se aprecia un mayor consumo en el sector institucional u oficial, los cuales se indican en la Tabla 4.1.

De igual forma se puede apreciar una gran diferencia entre los valores máximos registrados por la empresa y el muestreo para el sector comercial el cual, es un valor atípico que puede estar asociado a un error cometido durante la toma de lectura en el muestreo y dicho valor se puede apreciar en el análisis descriptivo en el diagrama de cajas presentado en la ilustración 11.2, el cual es un dato asilado que no afecta considerablemente la variabilidad de los datos.

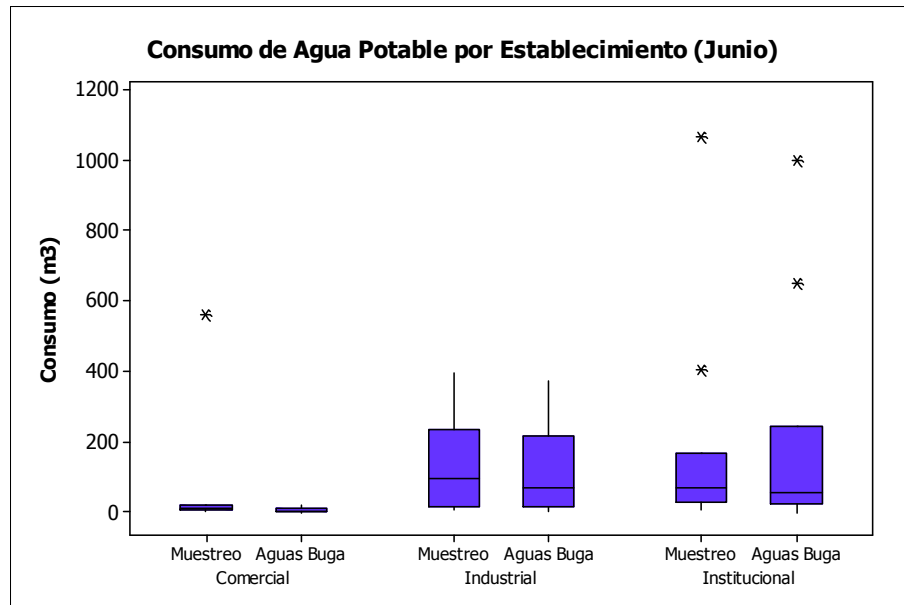


Ilustración 11.2 Consumos discriminados por sector de la empresa Aguas de Buga S.A. E.S.P. y Muestreo del periodo Mayo – Junio de 2011.

En La Ilustración 11.2 se aprecia que en el diagrama de cajas del consumo de agua potable por establecimiento, no se observan diferencias entre los registros de la empresa Aguas de Buga S.A E.S.P y los obtenidos con el muestreo, sin embargo, se puede ver que se encontró un dato atípico mediante el muestreo y que la empresa no registro en el sector Comercial.

11.2 Análisis Inferencial del Consumo de Agua Potable

Las hipótesis a evaluar en este proyecto son las siguientes: que no existen diferencias en el consumo registrado por la empresa Aguas de Buga y el obtenido mediante el proceso de Muestreo (Hipotesis Nula) y que existen diferencias en el consumo registrado por la empresa Aguas de Buga S.A E.S.P y el obtenido mediante el proceso de Muestreo (Hipótesis Alterna).

Tabla 11.3 Datos prueba de Mann

Prueba de Mann-Whitney General	
Diferencia	8,2
Estadístico de prueba	678
Valor-p	0,2681

En la Tabla 11.3 se observa que el valor-p es superior al nivel de significancia del 5%, por ende no existen diferencias considerables entre los consumos de agua registrados por la empresa y el muestreo realizado.

Tabla 11.4 Datos prueba de Mann sectorizada

Prueba de Mann-Whitney por Sector			
	Comercial	Industrial	Institucional
Diferencia	6,7	14,9	6
Estadístico de prueba	65,5	50	120
Valor-p	0,0843	0,7983	0,6933

En la Tabla 11.4 se observa que el valor-p asociado a las pruebas realizadas para cada sector, es superior al nivel de significancia del 5%, por tanto no se hallan discrepancias significativas entre los consumos de agua registrados por la empresa y el muestreo realizado en los sectores bajo análisis.

11.3 Análisis de Concordancia

Con el fin de evaluar la concordancia entre los dos sistemas de medición (Aguas de Buga y Muestreo) empleados para verificar el consumo de agua potable, se empleo el método de Bland JM y Altman DG, los cuales proponen un gráfico sencillo para evaluar la concordancia entre dos métodos de

medida. Consiste en representar la diferencia entre cada pareja de valores frente al promedio de cada pareja de valores.

En el caso de que no haya error sistemático, los puntos se distribuirán de forma aleatoria a uno y otro lado de la recta, correspondiente a la diferencia 0 entre medidas (línea horizontal negra). Las líneas azules representan los límites de confianza del 95% para la diferencia entre los dos métodos y se denominan límites de concordancia. A su vez las líneas azul claro representan el límite de confianza inferior para cada límite de concordancia.

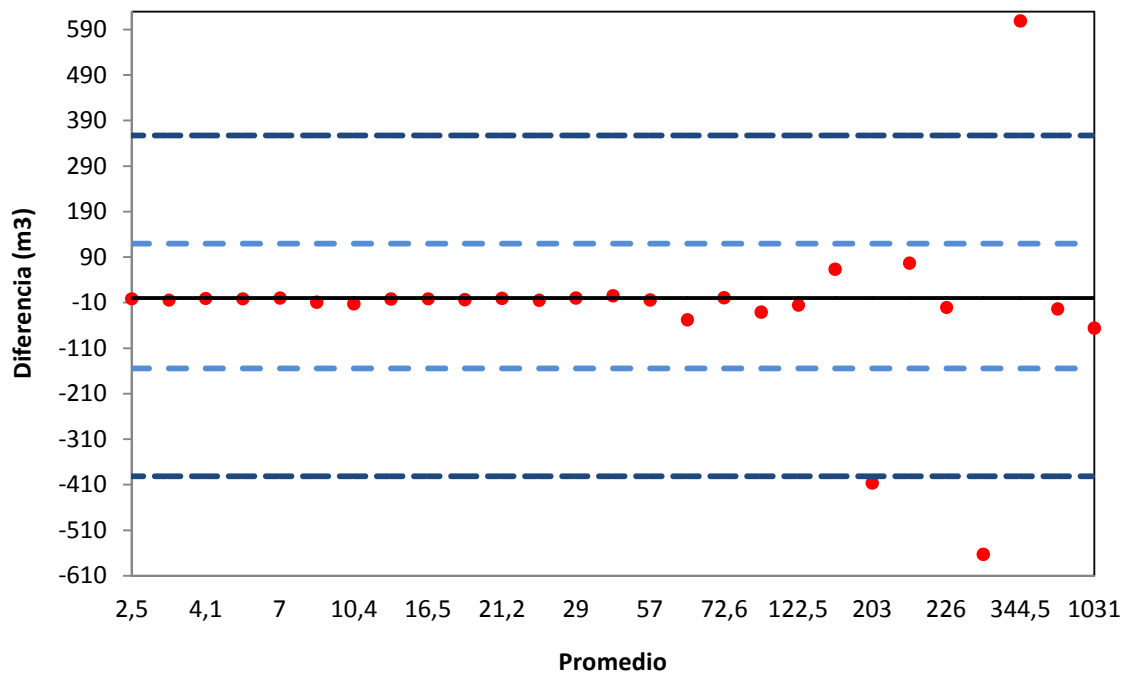


Ilustración 11.3 Grafico de Concordancia de Bland-Altman

La Ilustración 11.3 muestra que no existe un error sistemático entre las observaciones, debido a que las diferencias se encuentran a lado y lado del eje 0, a su vez, la mayoría de los registros de consumos (m^3), se encuentran dentro de los límites de concordancia exceptuando 3 registros correspondientes a dos establecimientos donde no se registro consumo por

parte de la (Estación de Servicio de Bomberos y Comando de Policía Nacional) y el otro donde se facturo un excesivo consumo (Hospital Divino Niño).

11.4 Alternativas de Mejoramiento de la Medición

En la actualidad la mayor parte de los micromedidores instalados en la ciudad de Buga son de tipo velocidad, en algunos de ellos se encontraron anomalías las cuales se plantan en la tabla 11.5 y se propusieron alternativas de mejoramiento de la medición.

Tabla 11.5 Alternativas de mejoramiento a la medición actual encontradas e el trabajo de campo

Observación	Propuesta de Mejoramiento
Medidores tipo velocidad instalados en posición incorrecta.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diagnosticar cantidad de medidores mal instalados. ✓ Programación de los trabajos de corrección de posición de medidores en cuestión.
Acumulación de residuos y sedimentos en las cajas de los medidores.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar el mantenimiento y limpieza periódico a las cajas de medidores.
Medidores tipo velocidad registrando caudales bajos en locales comerciales.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluación de la implementación de la medición con micromedidores tipo volumétricos, clase C.

12. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis estadístico realizado, se determinó que en la actualidad, el trabajo que realiza Servigenerales S.A a Aguas de Buga S.A E.S.P en la parte de facturación de los consumos de agua potable de los sectores intervenidos, son coherentes al consumo real y salvo algunas recomendaciones, estos realizan una labor acorde con lo esperado en el trabajo de campo realizado.

La empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado Aguas de Buga S.A E.S.P controla y registra de manera oportuna los consumos de agua potable a través del parque de medidores de tipo velocidad en su gran mayoría.

La gran mayoría de los medidores se encuentran en buen estado, con excepción de algunos que se encuentran mal instalados, ya que estos deben de quedar en posición totalmente vertical hacia el suelo y sin ningún ángulo de desviación, por lo tanto esto puede conllevar a que dichos medidores presenten datos poco confiables , generando submedición o sobremedición de los consumos de agua potable a los establecimientos de los sectores bajo estudio, afectando tanto la factibilidad económica de la empresa como la facturación de los suscriptores.

Según el trabajo de campo realizado, se pudo apreciar que la empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado Aguas de Buga S.A E.S.P ofrece un servicio continuo y de buena calidad del suministro de agua potable a los establecimientos de los sectores bajo estudio.

Algunos valores atípicos encontrados entre los dos sistemas de medición (Servigenerales y Muestreo), se vieron afectados debido a la toma de lecturas en distintos horarios del día y al no reporte del consumo de algunas instituciones oficiales por parte de la empresa contratista de facturación.

A pesar que se encontraron algunas pequeñas diferencias entre las dos mediciones de consumos estas al someterlas a los análisis inferencial y de concordancia, se determinó que no tienen diferencias significativas estadísticamente.

El sector institucional registró una mayor demanda de consumo tanto de la empresa como del muestreo con respecto a los demás sectores.

13. RECOMENDACIONES

La instalación (posición incorrecta del medidor) de algunos medidores de agua potable en ciertos establecimientos no es la adecuada, generan perdidas de registro de los consumos, generando fluctuación en la facturación, ya que puede haber un subconteo ò sobreconteo de los consumos, por lo tanto se recomienda realizar el cambio a la posición correcta de dichos medidores.

Se recomienda a la empresa Aguas de Buga S.A E.S.P realizar periódicamente la revisión de los medidores, de tal forma que tenga un control oportuno del estado actual de los medidores y así le permita verificar cuales se aproximan a cumplir su vida útil, para ser reemplazados, ya que tienden a sobre-registrar los consumos de agua potable, por lo tanto representaría un sobrecosto económico en la facturación del suscriptor y a su vez afectaría a la empresa como prestadora del servicio como causa del aumento del índice de quejas.

Cuando Aguas de Buga S.A E.S.P realice la reposición del parque de medidores de algún establecimiento en cuestión, tenga en cuenta que para los pequeños establecimientos, los medidores tipo volumétricos, clase C, son de tecnología optima para efectos de registro de pequeños consumos y se pueden instalar en posición vertical, horizontal, inclinada, girado, respetando sus rangos de precisión. (URL 6)

Cuando la empresa Aguas de Buga S.A E.S.P realice la instalación de cualquier tipo de medidor (volumétrico ó de velocidad) se recomienda que tenga en cuenta las especificaciones del fabricante, de igual manera capacitar al personal encargado de la instalación y realizar controles periódicos de las instalaciones.

Es recomendable que la empresa Aguas de Buga S.A E.S.P comprometa a Servigenerales S.A, transmitir voz a voz a los suscriptores de acueducto y alcantarillado a través del personal encargado de la toma de lecturas de los medidores de agua potable de la ciudad de Buga, de que realicen periódicamente la limpieza de la caja de medidores para optimizar y agilizar la toma de las lecturas.

En el anexo 2, se puede apreciar que Servigenerales S.A no registra los consumos de un establecimiento Institucional y un Comercial (diferencia de consumo 0 m³) y teniendo en cuenta que el sector Institucional, es el que mayor consumo demanda, de acuerdo a los registros de medición de consumo reportados por el SUI y el Muestreo realizado en el trabajo de campo (datos reales), por tanto es importante que Aguas de Buga S.A E.S.P tenga en cuenta estos indicadores, para posibles planteamientos de factibilidad económica a partir de la relación costo-beneficio

14. TEMAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

- ❖ Caracterización de suscriptores de pequeños y medianos establecimientos comerciales en la ciudad de Guadalajara de Buga.
- ❖ Caracterización del tipo de medición utilizado en establecimientos comerciales en Guadalajara de Buga.
- ❖ Estimación del costo del cambio del parque de medidores enfatizado en la medición tipo volumétrica para pequeños establecimientos comerciales.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bland JM, Altman DG. "Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement". Lancet 1986; 1: 307-310.

CORRALES, MARIA. El reto del agua. 1ª edición. 1998.

CRA, Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Medición de Agua. 1997

CVC, Corporación Autónoma Regional del Valle Del Cauca. Plan de manejo integral de humedales y ecosistemas naturales asociados ubicados en el valle geográfico del río Cauca. Subdirección de recursos naturales. Cali 1991.

GWP, CapNet, and UNDP joint manual, Training Manual and Operational Guide on IWRM, visitada en Abril de 2009.

KLINGER A. RAFAEL. "Muestreo Estadístico - Métodos, aplicaciones y ejercicios". Universidad del Valle. 2010.

LASSO, PAOLA y BURBANO, LORENA. Tesis de grado: Demanda de agua para usos múltiples. Caso de estudio: Cabecera del corregimiento la Castilla (Cali). Universidad del Valle, 2004.

MARIN RAMIREZ, RODRIGO. Estadística Sobre el Recurso de Agua en Colombia. HIMAT. Segunda Edición. Editorial Arte y Fitolito. Bogota, D.C. 1992.

MELO, O. O., LÓPEZ, L. A. Y MELO, S. E. 2007. "Diseño de Experimentos. Métodos y aplicaciones". Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Colección Textos.

Ministerio de Desarrollo Económico_ Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico (RAS). Bogotá. 2000.

MORENO, EDINSON. Tesis de maestría: Competencia y Conflictos de Intereses Entre Usos y Usuarios del Agua en la Cuenca Guadalajara del Valle del Cauca, Colombia. Wageningen University, 2008.

PEREZ CARMONA, RAFAEL. Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones. Eco Ediciones.2001.

RUIZ, L. A. y MOJICA, F. I. 1997. Regionalización de caudales máximos en la subregión oriental del Departamento de Risaralda. Trabajo dirigido de grado Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Medellín. 256p.

SÁNCHEZ, LUIS DARÍO. Apuntes de clase. Universidad del Valle, 2010

Empresa de servicios públicos AGUAS DE BUGA E.S.P. S.A. [En línea]. Disponible en: <http://guadalajaradebuga-valle.gov.co/presentacion.shtml?apc=01e-1471932-1471932&s=i> [consultado el 3 de abril de 2009].

SUI, Sistema Único de Información de servicios Públicos. Consumos facturados en metros cúbicos.[Enlínea].

Disponible en: http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=acu_com_107. [consultado el 1 de abril de 2011].

SUI, Sistema Único de Información de servicios Públicos. Total suscriptores. [En línea]. Disponible en: http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=acu_com_104. [consultado el 1 de abril de 2011].

SIAC, Sistema de Información Ambiental de Colombia. Colombia una potencia hídrica. <http://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=188&conID=364>. [consultado el 6 de abril de 2009].

Buga: Fuente de Progreso y Desarrollo Regional. Información general: Historia y Geografía. [En línea]. Disponible en: <http://www.guadalajaradebuga-valle.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m-l1--&m=f#ecologia>. [consultado el 6 de abril de 2009].

IDEAM, Instituto de Hidrológica, Meteorología y Estudios Ambientales. Mitos y realidades sobre el consumo de agua en Colombia. <http://www.ideam.gov.co:8080/informe/historico.shtml>. [consultado el 29 de Mayo de 2009].

REFERENCIAS DE INTERNET

URL 1: <http://espanol.news.yahoo.com/s/16032009/93/67-poblacion-mundial-seguira-acceso-agua.html>, visitada en Abril del 2009.

URL 2:

<http://www.guadalajaradebugavalle.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apcm1i1&m=f#geografia> visitada en Abril de 2009

URL 3: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/06colo.pdf>, visitada en Abril de 2009.

URL4:<http://aprchile.cl/pdfs/Capacitacion%20en%20micromedicion.pdf>, visitada en Octubre de 2009.

URL5:<http://www.google.com.co/#hl=es&biw=1280&bih=837&q=evolucion+micromedicion+de+agua+potable&aq=f&aql=&aql=&oq=&fp=ea3dc51ef98eaa72>, visitada en Marzo de 2011.

URL6:<http://www.watergymex.org/contenidos/pdf/Sistemas%20de%20micromedicion.pdf>, visitada en Agosto de 2011.

URL7: http://www.uoc.edu/in3/e-math/docs/Intro_Minitab_UPC.pdf, visitada en Septiembre de 2011

ANEXOS