



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad al servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**“Propuesta de Automatización de Lectura Inteligente del  
Consumo de Agua Potable, en el Centro Histórico de la Ciudad de  
Cuenca”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTOR: HOMERO FERNANDO PESANTEZ JARA**

**DIRECTOR: ING. JAVIER BERNARDO CABRERA MEJIA**

**CUENCA**

**2017**

## DECLARACIÓN

Yo, Homero Fernando Pesántez Jara, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

---

**Homero Fernando Pesántez Jara**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Homero Fernando Pesántez Jara, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Javier Cabrera M. Mgs.**

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo dedico con todo mi corazón a las 5 personas que son el motor de mi vida, mi amada esposa Mónica que ha sido el pilar fundamental para que hoy pueda cumplir esta meta, he tenido todo su apoyo, su cariño y su paciencia haciendo que el esfuerzo siempre valga la pena, y a mis hijos Cami, Salito, Alexa y Juanito, ellos son como mencione antes el motor para que pueda seguir avanzando.

A mis padres Yolanda y William, mis hermanos Janeth, María José y Lorena, mis cuñados Adrián y Juan Pablo, y demás familiares que han sido parte fundamental en esta meta cumplida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Debo agradecer primero a DIOS por la vida que me ha regalado y por la sabiduría para culminar esta meta.

Este trabajo de titulación no hubiera sido posible sin el apoyo de los profesores de la Universidad Católica de Cuenca de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, en especial a mi tutor y amigo Ing. Javier Cabrera M. por el apoyo brindado.

No puedo dejar de lado al departamento del Daias en la empresa Etapa EP, por su comprensión y apoyo al momento de cursar mis estudios superiores.

## Tabla de Contenido

DECLARACIÓN .....	II
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
Tabla de Contenido.....	VI
Tabla de Figuras.....	VIII
Tabla de Ilustraciones.....	VIII
Tablas.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT .....	XI
1) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1. MEDICIÓN Y LECTURA DEL CONSUMO DE AGUA.....	1
1.1.1. Sistema de micromedición .....	1
1.1.2. Lectura de Medidores.....	1
1.2. SISTEMAS AMI.....	2
1.2.1. Introducción.....	2
1.2.2. Características y funciones.....	3
1.2.2.1. Medidores de agua potable domiciliario .....	3
1.2.2.2. Medidor Inteligente.....	7
1.2.3. Arquitectura de una red AMI .....	7
1.3. COMPONENTES.....	9
1.3.1. Equipos de medición.....	9
1.3.3.1. Estándar de Comunicación .....	10
1.3.1.2. Tipos de datos de un contador avanzado.....	11
1.4. Aplicación de la red Inteligente .....	14
1.5. SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.....	15
1.5.1. Aspectos Generales BPL.....	15
1.5.2. Arquitectura.....	16
1.5.3. Aplicaciones Comerciales.....	18
1.5.4. Redes de Radio Frecuencia (RF).....	19
1.5.5. Redes de Fibra Óptica.....	21

<b>2) SITUACIÓN ACTUAL DE ETAPA EP.....</b>	<b>22</b>
<b>3) PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN LA LECTURA INTELIGENTE DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. Alternativa Tecnológica de Medición Avanzada.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.1. Diseño de Telecomunicaciones.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.1.1. GPON.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.1.2. Wireless.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.1.3. Par trenzado.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.3. Tabla de Costos de la propuesta.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.3.1. Análisis de Costo de la Instalación de Smart Meter (medidores Inteligentes).....</b>	<b>37</b>
• <b>Costo de lectura actual en el Centro Histórico.....</b>	<b>38</b>
• <b>Costo de gestión por cartera en el Centro Histórico.....</b>	<b>38</b>
• <b>Costo sobre el corte de servicio de agua potable en el Centro Histórico. 39</b>	<b>39</b>
• <b>Costo de corte y reconexión del servicio en el Centro Histórico.....</b>	<b>39</b>
• <b>Costo de mantenimiento de medidores en el Centro Histórico.....</b>	<b>39</b>
• <b>Costo por pérdidas técnicas en el Centro Histórico.....</b>	<b>40</b>
• <b>Costo por facturación de consumo de agua en el Centro Histórico.....</b>	<b>40</b>
• <b>Resumen de costos con medidores mecánicos.....</b>	<b>40</b>
• <b>Costos de la red GPON.....</b>	<b>41</b>
<b>4) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1. Conclusiones.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2. Recomendaciones.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

## **Tabla de Figuras.**

Figura 1. Partes de un Medidor .....	4
Figura 2. Chorro Único .....	5
Figura 3. Chorro Múltiple .....	6
Figura 4. Arquitectura de una red AMI .....	8
Figura 5. Tipos de modem de cabecera.....	17
Figura 6. Tipos de Home Gateway BPL. ....	17
Figura 7. Tipos de modem de usuario BPL. ....	18
Figura 8. Red AMI con RF.....	20
Figura 9. Sectorización de la Ciudad de Cuenca .....	22
Figura 10. Rutas de Lectura.....	23
Figura 11. Sistemas de Distribución de Agua.....	31
Figura 12. Redes Inteligentes de Ecuador .....	33
Figura 13. Red GPON Etapa EP .....	34
Figura 14. Medidor Electrónico ELSTER.....	37

## **Tabla de Ilustraciones.**

Ilustración 1. Medidores de Agua Potable.....	4
Ilustración 2. Medidores Chorro Único .....	6
Ilustración 3. Medidor Chorro Múltiple.....	7
Ilustración 4. Factura de Agua Potable .....	27
Ilustración 5. Banco de Pruebas.....	29

## **Tablas.**

Tabla 1. Tipos de datos de Contadores avanzados .....	13
Tabla 2. Número de abonados por categorías .....	32
Tabla 3. Estadísticas ruta 98 .....	32
Tabla 4. Costo Instalación de medidores inteligentes .....	38
Tabla 5. Costo mensual de lectura en el Centro Histórico. ....	38
Tabla 6. Costo mensual de gestión de cartera en el Centro Histórico.....	38
Tabla 7. Costo mensual sobre el corte de servicio en el Centro Histórico. ....	39
Tabla 8. Costo mensual de gestión de corte y reconexión en el Centro Histórico. ....	39
Tabla 9. Costo mensual de mantenimiento de medidores en el Centro Histórico. ....	39
Tabla 10. Costo por pérdidas técnicas en el Centro Histórico.....	40
Tabla 11. Costo por facturación de consumo de agua en el Centro Histórico.....	40
Tabla 12. Resumen de costos con medidores mecánicos. ....	40
Tabla 13. Costos de la Red GPON. ....	41

## **Tabla de Anexos**

Anexo 1. SECTOR 98 "CENTRO HISTORICO DE CUENCA" .....	46
Anexo 2. RUTA DE LECTURA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE.....	47
Anexo 3. DISEÑO DE PROPUESTA DE LECTURA INTELIGENTE .....	48

## RESUMEN

En el trabajo de investigación: “Propuesta de una lectura inteligente del consumo de agua potable en el Centro Histórico de Cuenca”; se describe el estudio y tecnología de la Empresa Pública ETAPA EP, en lo que se refiere a toma de datos y la clase de contador utilizado.

La propuesta del trabajo nos permitiría realizar una lectura, además de un corte y reconexión del servicio remotamente, utilizando la misma red de fibra óptica que tiene tendida la empresa en el Centro Histórico, esto implicaría la reducción de costos operativos.

Se describe un análisis teórico sobre la lectura a nivel general actual de medidores de agua potable, además de las características más importantes de los sistemas de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) y la tecnología de redes de telecomunicaciones para la transmisión de datos; posteriormente se detalla el proceso de medición y lectura en la ciudad de Cuenca, y medidores utilizados; por último presenta el diseño de la red propuesta para la lectura inteligente, además del tipo de medidor recomendado y costos que involucran; así presentar conclusiones y recomendaciones de la lectura inteligente.

Palabras clave: Automatización, AMI, Lectura inteligente, Agua potable.

## ABSTRACT

In the research: "Proposal for an intelligent reading of water consumption in the downtown of Cuenca"; describes the study and technology of the Public Company ETAPA EP, when it refers to data collection and the type of counter used.

The proposal would allow us to carry out a reading, in addition to the disconnection and reconnection of the service remotely, using the fiber optic network that the company has installed in the downtown of the city, this would imply reducing operating costs.

Describes a theoretical analysis on the current measure reading of water, in addition to the most important features of Advanced Measurement Infrastructure (AMI) systems, technology and telecommunications networks for data transmission; then the detailed measurement process and reading in the city of Cuenca, and the measure devices used; finally the proposed network design for an intelligent reading, in addition to the recommended type of measuring devices and the costs involved; and then the conclusions and recommendations of the intelligent reading.

**Keywords:** Automation, AMI, Intelligent Reading, Drinking water.

## **CAPÍTULO 1.**

### **1) FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

#### **1.1. MEDICIÓN Y LECTURA DEL CONSUMO DE AGUA.**

##### **1.1.1. Sistema de micromedición**

El Concepto de Medición domiciliaria, también denominada “Micromedición”, es el conjunto de normas, organización, recursos técnicos, procedimientos e información para el control de los consumos de los usuarios de agua potable, quienes por lo general no poseen hábitos racionales del gasto ni conciencia de que las fuentes de agua son cada vez más escasas y que el agua tratada es costosa

La micromedición es también un sistema complejo que incluye equipos de medición, políticas sobre selección y adquisición, priorización de instalación, grado de cobertura, administración, mantenimiento, lectura de los medidores para la determinación de los consumos y su control de calidad o crítica (Londoño, 1975).

El objetivo principal de la micromedición es el de dotar a un usuario del servicio de agua potable de un método de medición que proporcione una cobro justa y equitativo del servicio.

La medición del agua resulta de la necesidad de brindar mayor control sobre su uso y distribución en una red pública o privada.

Dicha medición se realiza a través de medidores de agua, que se instalan en una tubería, los cuales son instrumentos de precisión que utilizan diferentes principios mecánicos o físicos para permitir que un flujo volumétrico o caudal pueda ser contabilizado.

##### **1.1.2. Lectura de Medidores**

La lectura tiene por objeto determinar el valor registrado por el medidor y obtener información referente a la conexión domiciliaria, al medidor y al predio del usuario.

Esas informaciones dan la base para el cálculo del consumo y generan acciones de mantenimiento del medidor y de la conexión, así como registro de novedades para actualizar el catastro de usuarios. La lectura es una labor importante y puede considerarse como la base del proceso de facturación, ya que de los datos tomados se deducirán los consumos efectuados y el valor de los servicios prestados.

Como ya revisamos en líneas anteriores el medidor de agua se basa en la velocidad con la que el agua ingresa a la cámara de medición para hacer girar una turbina, esto produciendo el movimiento de unos engranes en el registro donde se puede efectuar la lectura.

La persona encargada de realizar la lectura del medidor, debe tener presente el código de colores de los números en el registro, los metros cúbicos son de color negro, y los litros son de color rojo.

Dependiendo de la marca del medidor los litros se puede leer mediante agujas, empezando por el factor de multiplicación más alto al más bajo (de 0.1 a 0.001), tomando en cuenta que las agujas (o indicadores) no marca un número hasta que la aguja anterior no pase del 9 al 0.

## **1.2. SISTEMAS AMI.**

### **1.2.1. Introducción.**

Las empresas encargadas de prestar servicios básicos como el de energía eléctrica o de agua potable, por lo general son públicas que tienen la necesidad de cuantificar la cantidad de consumo del servicio tanto para la distribución como para la facturación.

En sí, el procedimiento de recopilación de datos es anticuado ya que una persona tiene que ir a la ubicación misma del medidor del servicio básico para poder anotar la lectura de consumo de dicho medidor ya sea de energía eléctrica o agua potable, este proceso es de forma habitual es decir mensualmente, con esto

teniendo así un solo dato, el de la lectura; siendo el factor principal para una implementación de un nuevo método de lectura, de manual a inteligente.

### **1.2.2. Características y funciones.**

*“La medición avanzada es un sistema de medición que registra el consumo de los clientes [y posiblemente otros parámetros] cada hora o con mayor frecuencia y que permite la transmisión diaria o más frecuente de mediciones a través de una red de comunicaciones a un punto central de recolección.” (FERC, 2010)*

Los Sistemas de medición inteligente son un tipo de medición en el que se da un intercambio de información entre la empresa y el abonado, utilizando una red de telecomunicaciones; siendo la medición el recurso más importante de estos sistemas, así aprovechar esta tecnología para obtener, transmitir, almacenar, procesar y gestionar datos complementarios al consumo, en los que la empresa obtenga la máxima prestación del servicio.

#### **1.2.2.1. Medidores de agua potable domiciliario**

La medición del volumen de agua utilizado en las unidades de consumo en un sistema de distribución de agua potable es fundamental, ya que suministra información valiosa para su sustentabilidad, es la caja registradora de la Empresa, nos permite realizar una mejor administración, operación y mantenimiento del Sistema, haciendo más eficiente a la empresa prestadora del servicio. Conocer la cantidad de agua que se entrega a los clientes es muy importante porque nos permite conocer la cantidad que no se contabiliza o factura y permite establecer con mayor certeza la demanda futura. Una definición sencilla manejada en la empresa ETAPA-EP es la siguiente: *“Medidor de agua es un aparato científico adecuado que sirve para determinar el volumen de agua que atraviesa una sección”*.

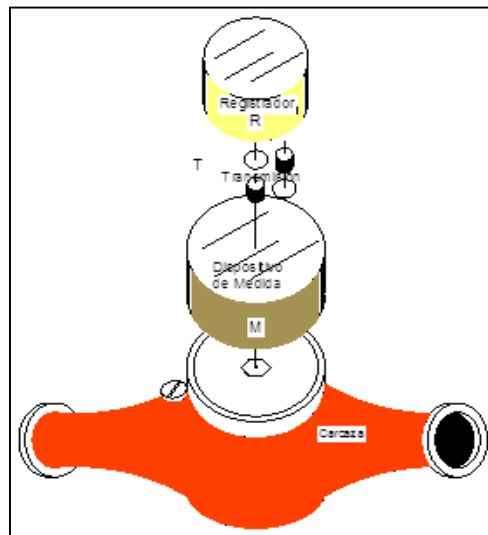


*Ilustración 1. Medidores de Agua Potable  
Fuente: DAIAS. Etapa EP*

De acuerdo con el principio de funcionamiento los medidores se clasifican en: medidores mecánicos, diferenciales y especiales.

- **Medidores mecánicos**

Este principio se basa en el movimiento del mecanismo de medida o sobre una acción hidrodinámica directa y se componen de 4 partes fundamentales: *Cuerpo o Carcaza, Dispositivo de medida, Sistema de Transmisión y Registrador.*



*Figura 1. Partes de un Medidor  
Fuente: DAIAS. Etapa EP*

1. Inferenciales o de velocidad

- a. Chorro único
- b. Corro múltiple

2. Volumétrico

- a. De disco Nutativo
- b. De pistón oscilante
- c. De pistón alternativo
- d. De pistón rotativo.

- **Medidores de Velocidad o Inferenciales:**

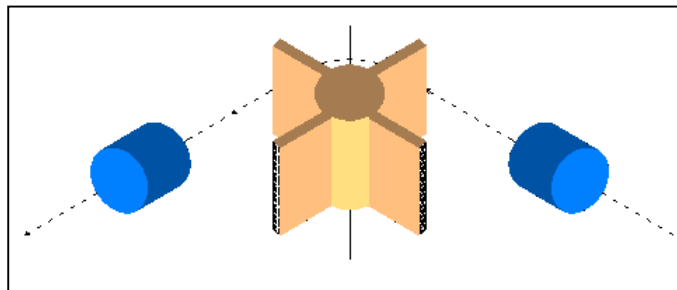
Los medidores de velocidad o inferenciales (obtención de volumen en forma indirecta), cuentan con una turbina que el agua encuentra a su paso y la hace girar.

Estos medidores se pueden clasificar en dos grupos:

- **Medidores de Chorro Único.**

Estos medidores (Gráfico 2 e Ilustración 2), se caracterizan por la incidencia del chorro de agua en un único punto de la turbina.

La cámara de medición en estos aparatos es la propia carcasa y por ello generalmente son más pequeños.



*Figura 2. Chorro Único  
Fuente: Homero Pesantez. Autor*

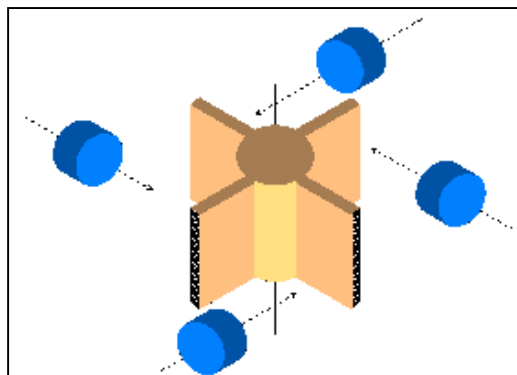


*Ilustración 2. Medidores Chorro Único  
Fuente: DAIAS. Etapa EP*

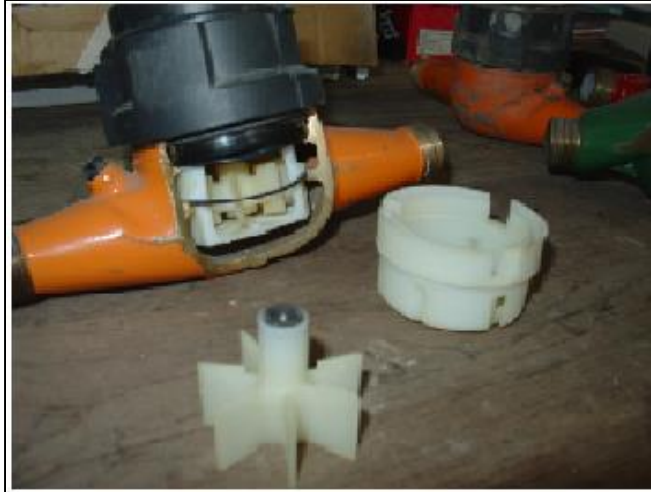
- **Medidores de Chorro Múltiple.**

Estos medidores (Gráfico 3 e Ilustración 3), poseen en el interior de la carcasa una cámara de medición que divide el chorro de agua en varios chorros dirigidos a las aspas de la turbina de manera que trabajan más equilibradamente y en teoría se alcanza mayor durabilidad.

Por su forma constructiva requieren de mayor número de piezas y por tanto son más costosos pero son los más generalizados en su uso.



*Figura 3. Chorro Múltiple  
Fuente: Homero Pesantez. Autor*



*Ilustración 3. Medidor Chorro Múltiple  
Fuente: DAIAS. Etapa EP*

#### **1.2.2.2. Medidor Inteligente.**

El elemento de principal de los sistemas de medición inteligente, es el medidor inteligente (Smart meter), que gracias al avance tecnológico en el campo de la electrónica y telecomunicaciones, este elemento ha podido ser aprovechado para la recolección de datos.

*“Un medidor de avanzada (generalmente un medidor eléctrico) que registra el consumo en intervalos de una hora o menos y comunica esta información al menos una vez por día a través de una comunicación a la empresa de servicios para propósitos de facturación y monitoreo (tele-medicación). El medidor inteligente habilita dos vías de comunicación entre el medidor y el sistema central”. (FERC, 2010).*

#### **1.2.3. Arquitectura de una red AMI**

La norma de la ICE 61968-9 “Interfaces para medición, lectura y control de contadores”, es la que dispone sobre la arquitectura básica de una red AMI.

Siendo los componentes básicos: los medidores inteligentes, el sistema de telecomunicaciones, el concentrador y el centro de control.

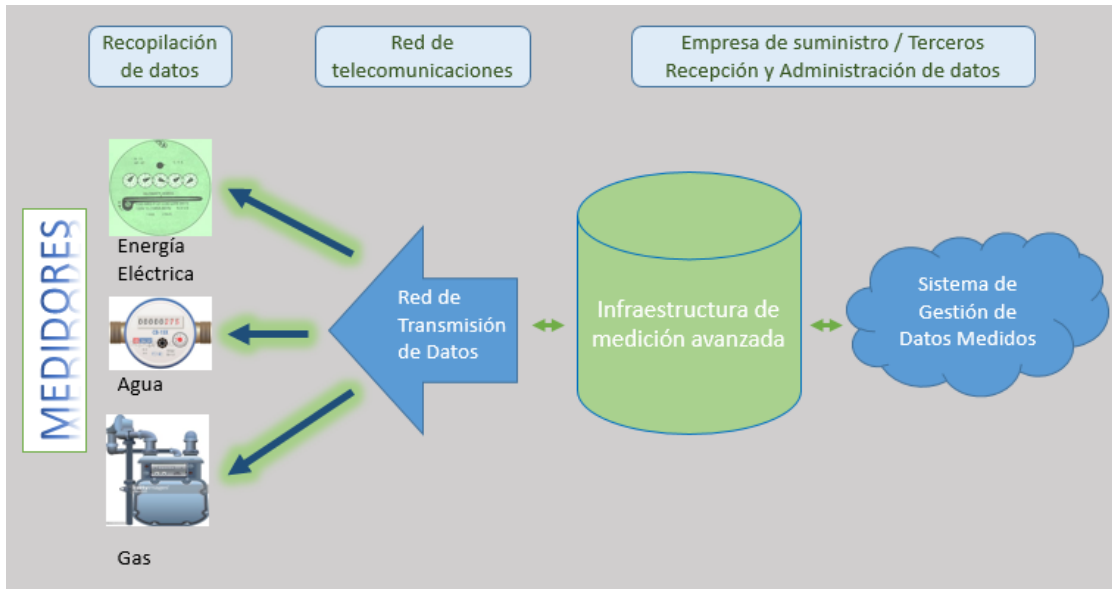


Figura 4. Arquitectura de una red AMI  
Fuente: Homero Pesantez. Autor

De la figura 4 podemos referir tres componentes fundamentales de un sistema de medición avanzada, siendo estos (Cabrera Mejia, 2014):

- a) Equipo de medición.
  - b) Redes de telecomunicaciones.
  - c) Recepción y Administración de datos.
- a) El equipo de medición tiene la capacidad de transmitir los datos almacenados y eventos que suceden (ejemplo fallas, reportes de manipulación, etc.), directo a un Sistema de Adquisición de Datos (DAS).
- b) Las redes de telecomunicaciones, son el medio por el cual los medidores y/o los DAS entrega la información a un base de datos remota; estas redes generalmente están disponibles en banda ancha, a través de Broadband over Power Line (BPL), Power Line Carrier Communication (PLCC), redes fijas de radio frecuencia (RF), y las redes públicas.

c) Recepción y Administración de datos, consta de un sistema de hardware y software que controla la comunicación, recibe los datos que envían los medidores y los almacena (un repositorio de datos - Host de AMI); esta información puede ser administrada por un Sistema de Gestión de Datos de Medición (MDM), con la finalidad de conseguir el análisis y conversión a información de utilidad para la empresa.

### **1.3. COMPONENTES.**

#### **1.3.1. Equipos de medición.**

El equipo de medición es un dispositivo que realiza la medición, el registro y el almacenamiento de la información del consumo del servicio, además de registrar complementariamente otros parámetros y así mismo transmitirlos en tiempo real.

Los contadores estándar que se emplean para una red AMI se componen de dos elementos que son: el medidor y la Unidad de Interfaz del Medidor (MIU), que al combinarse realizan las funciones de registrar, almacenar los datos y se comunican con la red de área local.

Los contadores o medidores avanzados pueden ser agrupados en tres categorías generales: básico, avanzado y muy avanzado; dependiendo de la funcionalidad que ofrecen. (EPRI, 2007).

##### a. El Modelo Básico:

- Registro mensual de I/h (Elster Metering, 2016).
- Registro mensual de la demanda en m<sup>3</sup>

##### b. El Modelo Avanzado:

- Registro de intervalos de uso (diario, cada hora, o sub-hora) y demanda
- Provee notificación de fallas

- Provee notificación por manipulación
- Puede ser programado a distancia
- Soporta TOU (Time Of Use)
- Desconexión del servicio a distancia (opcional según sea necesario)

c. El Modelo Altamente Avanzado:

- Ser direccionado mediante IP
- Interfaz con una red de área local.

### **1.3.3.1. Estándar de Comunicación**

Los estándares de comunicación consisten en (Cabrera Mejia, 2014):

ANSI C12.18: Esta norma se encuentra diseñada para el transporte de estructuras de datos a través del puerto de infrarrojos ópticos, utilizados actualmente en la mayoría de medidores de electricidad.

ANSI C12.19: Se define un conjunto de estructuras de datos flexibles “tablas” para su uso en los productos de medición y una sintaxis para la identificación y descripción de estas estructuras para ser compartidos a través de cualquier combinación de medios físicos de red. Es la base para las estructuras de datos comunes y proporcionan un “vocabulario” común en la industria, para comunicaciones de los datos de medidores.

ANSI C12.22: Comprende las especificaciones del producto de comunicación para la interfaz de los datos a las redes que soporta el medidor.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) tiene alrededor de 100 estándares que se aplican a las Smart Grids y muchos otros están en desarrollo con el propósito de definir lineamientos para la interoperabilidad entre las redes inteligentes, entre los estándares se destacan:

- Estándar IEEE 802 referente a redes inalámbricas se preocupa de la infraestructura de comunicaciones mediante tecnologías GSM, 3G y 4G.

En los equipos concentradores de los datos o Gateway que se extraen desde los medidores inteligentes. La red de comunicación entre los medidores y el Gateway se basa principalmente en la tecnología RF y PLC, ambas con una red en malla “mesh”.

### **1.3.1.2 Tipos de datos de un contador avanzado**

Las características de un medidor inteligente varían de acuerdo a la fábrica, se puede destacar lo siguiente: (Cabrera Mejia, 2014)

- Acceso oportuno a la información de la electricidad.
- Mejor confiabilidad.
- Disminución en las tarifas del servicio.
- Opciones expandidas de productor.
- Soporta la comunicación bidireccional vía radio frecuencia en el rango de 900 Mhz y/o a través de la comunicación mediante cable eléctrico (PLC).
- Comunicación basada en el protocolo IP.
- Detecta y notifica eventos en la red para verificar su estado como las interrupciones del servicio y su restauración.
- Soporta la recolección de información de manera programada o cuando se solicite.
- Dispone de seguridad robusta y cifrada para cumplir con los estándares de la industria.
- Soporta actualizaciones de “firmware” y la programación del medidor de manera remota.

- Monitoreo continuo del enlace y cálculo del enrutamiento.
- Dispone de alarmas ante manipulaciones maliciosas y no permitidas.
- Soporta diseño de inventarios.
- Soporta varios tipos y formas de conexiones (conexión directa, semi-directa, indirecta), para sistemas monofásicos, bifásicos y trifásicos.
- Soporte de varios planes tarifarios, incluyendo tiempo de uso, es decir precios de tarifas en rangos horarios.
- Medición, registro y envío de los parámetros de potencia.
- Permite maniobras de control a distancia (corte y reconexión).
- Medición de valores instantáneos.
- Consumo bajo de potencia lo cual disminuye las pérdidas.
- Soporta la comunicación con las redes HAN.
- Soporta aplicaciones inteligentes como respuesta de la demanda.
- Dimensiones compactas para ahorrar espacio y simplificar el manejo e instalación. (Vicini & Micheloud, 2012).

Todas las características anteriormente mencionadas se las puede agrupar en cinco tipos de datos: Consumo de energía, Metadatos, Operacional, Sistema de Monitoreo, Datos de Evento.

Tabla 1. Tipos de datos de Contadores avanzados  
Fuente: (Greentechmedia, s.f.)

Tipo de Dato	Descripción	Requisito de persistencia	Requisito de latencia	Ejemplo
Consumo de energía	Datos de los intervalos de los tiempos de uso, incluyendo el promedio y el pico de tiempo, promedio y pico	Permanente Lecturas de consumos en los sets de intervalos	Desde 15 minutos hasta 24 horas	Desde 15 minutos hasta 24 horas
Metadatos	Datos de información general	Permanente	Necesita estar sincronizado continuamente entre el sistema de registro y otros sistemas	EL ID del medidor, dirección, ubicación en la topología de la red de distribución
Operacional	Datos sobre el rendimiento de la red sobre suministro de electricidad	Ninguno para el monitoreo, temporalmente para el análisis	Menores de un segundo para monitoreo, de varios minutos a varias horas para el análisis histórico	Perfiles de carga del cliente
Sistema de Monitoreo	Datos sobre el rendimiento de los medidores y operaciones	Temporalmente para monitoreo y análisis	Tiempo real o con retraso corto (para el análisis)	Versión de firmware del medidor y fecha de la última actualización, indicador de encendido / apagado del medidor
Datos de eventos	Envío de mensajes de un medidor Inteligente cuando se ha excedido un umbral	Ninguno; sin embargo puede ser accedido para propósitos forenses	Tiempo real	Mensaje de "último suspiro" en interrupciones, cuando se supera un umbral

#### **1.4. Aplicación de la red Inteligente**

Los servicios y aplicaciones que se generan con la implementación de la Red Inteligente son varias, de las cuales se pueden identificar: (Cooper Power, 2010)

- Permitir el estampado de fecha y hora sincronizable.
- Medición bidireccional del flujo de energía (recepción y entrega).
- Capacidad de proporcionar datos por cliente, en intervalos con marca de tiempo específico, al menos por cada hora, pero a menudo en intervalos cortos de 15 a 30 minutos.
- Opción de conexión / desconexión remota para algunos o la totalidad de los medidores.
- Posibilidad de actualización del firmware (bloque de instrucciones de programa grabado en los equipos) de los medidores de forma remota.
- Capacidad de diagnosticar, vigilar.
- Notificación de interrupciones y de restauración del suministro,
- Alertas sobre la manipulación y detección de fraudes e informes sobre inversión, remoción, inactividad e intermitencias.
- Capacidad de lectura remota de medidores bajo demanda (cuando se lo solicite),
- Medición y reporte de eventos y parámetros de calidad de energía (armónicos, interrupciones, tensión mínima, máxima, perfiles), con capacidades de monitorización en tiempo real, configurable por la empresa y detección si el servicio se encuentra fuera del rango.
- Capacidad de modificación de bandas.
- Capacidad de lectura de la tensión en los mismos intervalos de lectura del medidor,
- Memoria para almacenar cantidad específica de días de lecturas (de 7 a 45 días, dependiendo de la empresa).

- Adaptabilidad de funciones para posibilidad de aplicaciones de prepago.
- Reporte y registro diario de lectura de contadores, a menudo en la medianoche.
- Inclusión de sistemas de almacenamiento de datos (data warehouse) visto como una necesidad de almacenamiento de grandes volúmenes de datos recolectados del sistema AMI.
- Estrecha integración con el Sistema de Gestión de Datos de Medición (MDM) y de éste con otros sistemas de Gestión - con enlaces a la contabilidad, facturación, reportes, gestión de interrupciones y otros aplicativos.
- Mejoras del desempeño de la red durante contingencias.
- Mejoras del desempeño de la red en condiciones normales.
- Optimización de la configuración para reducción de pérdidas.
- Automatización de edificios/ hogares.

## **1.5. SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.**

En un sistema AMI la comunicación desde el contador a un receptor central es fundamental para el propósito de la medición inteligente, y dependiendo del lugar o ambiente donde se ubique el medidor podemos utilizar varias tecnologías como radio por frecuencia, redes celulares, satélite, comunicaciones a través de la línea eléctrica, etc. Para este caso vamos a revisar la red de comunicación **BPL (Broadband Over Power Line)**, banda ancha sobre líneas eléctricas (Peralta S., 2012).

### **1.5.1. Aspectos Generales BPL.**

Es un dispositivo mediante el cual las empresas eléctricas están utilizando para suministrar las funcionalidades y aplicaciones AMI, y como su nombre lo dice banda ancha sobre líneas eléctricas, con esta banda ancha se cubre el resto de aplicaciones de automatización, incluso las Smart Grid.

Se puede decir que el BPL es una nueva estructura de PLC, y así mismo la manera de transmisión son las líneas de transmisión y distribución eléctrica; se necesita adicionalmente varios equipos para la red de comunicación entre los medidores y los recolectores, (se ubican en postes transformadores o subestaciones y además en módulos o capacitores). En estos equipos se incluye los repetidores, acopladores, y enlaces de fibra, esto se necesita cuando el BPL se extiende en una reducida infra estructura de telecomunicaciones.

### **1.5.2. Arquitectura.**

Dentro de la arquitectura podemos encontrar:

- Modem de Cabecera (Head End “HE” o Unidad de Acondicionamiento).
- Unidad Repetidora o HG.
- Unidad de Usuario o Unidad “BPL”.

#### **Modem de Cabecera.**

Este modem de cabecera coordina la actividad y la frecuencia de los dispositivos que forman la red BPL, manteniendo constante el flujo de datos por medio de la red eléctrica. Así mismo el modem HE permite la conexión de la red externa con el sistema BPL, la red externa puede ser red WAN PSTN, internet, etc. Este interfaz es el más idóneo entre la red de datos y la red eléctrica (Cabrera Mejia, 2014).

Según el ambiente de empleo del sistema BPL estos módems se instalan en los postes de baja tensión donde se encuentran los transformadores o también en las subestaciones. Según la tensión existen dos tipos de modem el de baja tensión con un enlace de 300m. y el de media tensión con un enlace de 2.5km.



*Figura 5. Tipos de modem de cabecera*  
*Fuente: (Bectechnologies)*

La configuración de los módems modernos o de última generación se basa en varias tarjetas, de modo que la tarjeta de baja tensión permite inyectar señal BPL en la red de acceso a través de los conductores de alta tensión; mientras que la tarjeta de media tensión se utiliza para la comunicación con módems de otras subestaciones.

### **Unidad Repetidora o HG.**

Este dispositivo amplía el alcance y la cobertura de la señal BPL, ya que se compone con un repetidor intermedio (IR). Permite la transferencia de datos entre las líneas de medio y bajo voltaje. Asegura la velocidad de enlace y la calidad regenerando la señal degradada causada por la atenuación de los conductores eléctricos (Cabrera Mejia, 2014).

Su instalación en el centro de distribución o cuarto de contadores de la empresa que suministra el servicio, provee servicio a una zona extensa. Por su constitución se protege de interferencias debido al ambiente donde se encuentra ubicado.



*Figura 6. Tipos de Home Gateway BPL.*  
*Fuente: (Bectechnologies)*

### **Modem BPL o Unidad de usuario.**

El CPE (Customer Premises Equipment), provee el interfaz del servicio hacia el hogar, convirtiendo cada toma eléctrica en un punto de red, en el que se puede conectar un equipo informático.



*Figura 7. Tipos de modem de usuario BPL.  
Fuente: (Bectechnologies)*

### **1.5.3. Aplicaciones Comerciales.**

Las aplicaciones comerciales de la tecnología BPL, se da en varias áreas como en los hogares automatizándolo todos los servicios, haciéndolos así hogares inteligentes, también en la red de área local, en el acceso a internet, en la seguridad (vigilancia con acceso remoto), hasta en la telefonía (protocolos IP) (Inga Ortega, 2012).

**Hogares Inteligentes:** Para esta aplicación los estándares son HomePlug 1.0 y HomPlug AV. Permite el acceso remoto para mantenimiento de los electrodomésticos, además del control de los servicios (agua, luz, gas, calefacción, detectores de humo, etc.).

**Redes de Área Local:** Se puede crear una red local o una red privada virtual inalámbrica. La configuración es básica al modem de cabecera HE se lo ubica en el cuadro eléctrico principal del edificio o del local, así mismo con módems de usuarios CPE distribuidos para la recepción de señal.

**Acceso a Internet:** Para los usuarios de internet el servicio de BPL ofrece voz IP como servicio de telefonía relativamente a un costo bajo sobre la red, así como subir y descargar archivos de música, videos, software a alta velocidad.

**Telefonía:** Permite utilizar protocolos IP para envío y recepción de mensajes de fax.

**Seguridad:** Nos permite desarrollar acceso remoto para la vigilancia (tele vigilancia) de la casa o lugar, sistemas de monitoreo con sensores de movimiento y cámaras.

#### **1.5.4. Redes de Radio Frecuencia (RF).**

La radio frecuencia RF por sus características en lo que se refiere a tecnología y por su costo bajo es el recurso más empleado en la AMR (Automatic Meter Reading); así también como en los dispositivos AMI que se basan en radiocomunicación funcionan frecuencias con licencia y sin licencia.

Los sistemas RF sin licencia trabajan por debajo de las frecuencias con licencia y dado que en la misma banda se comparten otras aplicaciones (teléfonos inalámbricos, puertas de garaje, sistemas de seguridad, etc.), se tienen restricciones en cuanto a nivel de potencia, por lo cual modulación especializada y técnicas de encriptación se incorpora en la mayoría de sistemas para minimizar la interferencia (Cabrera Mejia, 2014).

Estos sistemas normalmente requieren equipos destinados a estar mucho más cercanos y podrían limitar las opciones de la tecnología del medidor dado al incremento de lugares.

Los Sistemas RF con licencia permiten el uso de una frecuencia en una zona determinada y normalmente nos da una señal de mayor potencia; la dificultad se da al conseguir las concesiones.

Para almacenar datos y reenviarlos al centro de datos se utilizan los sistemas punto a punto y redes peer-to-peer, ambos tipos son una parte de una red WAN que

utiliza dispositivos privados o públicos (teléfono, celular, satélites, RF licenciadas, redes microondas) para un backhaul de los datos del colector al centro de datos; las redes punto a punto se ubican en postes o en los colectores en las torres; mientras que las redes peer-to-peer utiliza generalmente una red inalámbrica de malla que comunica los datos a través de otros contadores hasta un medidor de punto final haciendo llegar este a un colector.

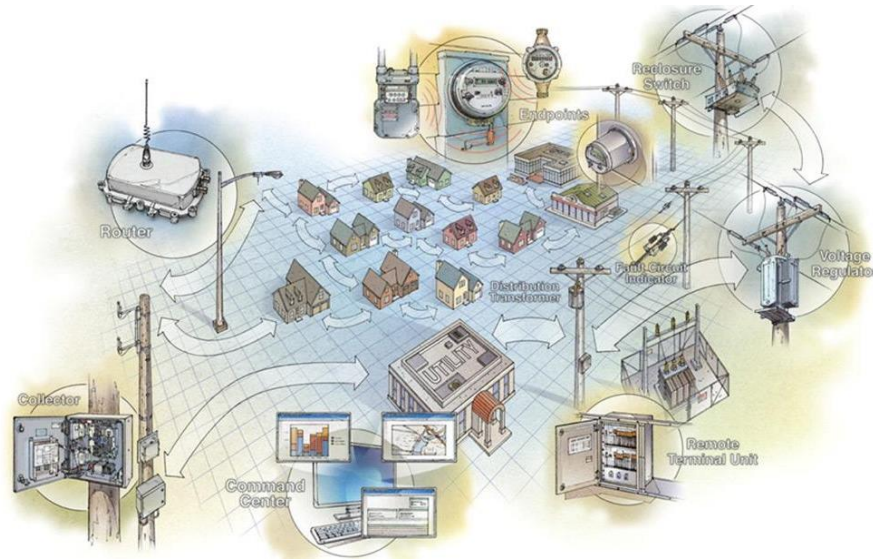


Figura 8. Red AMI con RF.  
Fuente: (Salemlectric)

Los estándares IEEE para el manejo o uso de todo tipo de redes es la norma 802, que básicamente se basa sobre redes de área local LAN y redes de área metropolitana MAN, también se refiere sobre ETHERNET, WIFI, e incluso Bluetooth; esta norma define los niveles más bajos según el modelo OSI.

Las normas que nos ayudan para este estudio son (Inga Ortega, 2012) :

- IEEE 802.11, Redes inalámbricas WLAN (Wi-Fi).
- IEEE 802.15.4, Redes WPAN (bluetooth).
- IEEE 802.16 Redes de Acceso metropolitana sin hilos de banda ancha (WMAX).

### **1.5.5. Redes de Fibra Óptica.**

La transmisión de datos por medio de fibra óptica, es una tecnología bastante avanzada, la característica más importante de este medio es la transmisión de datos a alta velocidad en tiempo real, además de disminuir las interferencias y ruidos; se compone de un filamento de vidrio de alta pureza extremadamente compacto.

Las ventajas comparando la transmisión por fibra óptica respecto de los sistemas de comunicación de las Smart Grids tenemos (Gomez, 2003):

- Gran capacidad de transmisión.
- Bajas pérdidas de señal.
- Inmunes a interferencias electromagnéticas.
- Ligeros, compactos y diámetro pequeño.
- Consideraciones seguras.

Como desventajas de la fibra se puede decir que como es tecnología avanzada los costos van a ser altos, porque se necesita mayor preparación del personal para realizar la conexión, obtener las herramientas y los equipos de comprobación, al ser más liviano que un conductor normal este va a ser menos resistente y sus conectores más delicados.

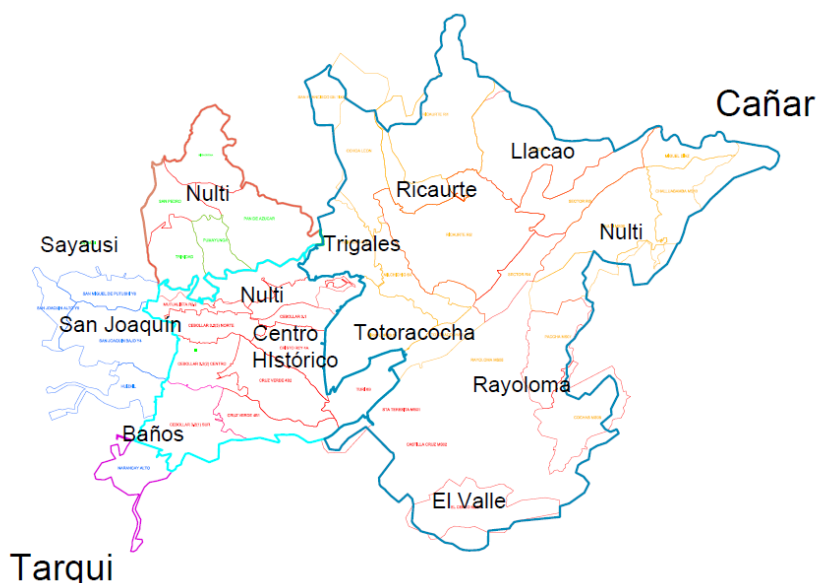
La fibra óptica es utilizada para computación, telefonía, automatización industrial, sistemas de televisión por cable.

## CAPÍTULO 2.

### 2) SITUACIÓN ACTUAL DE ETAPA EP.

#### 2.1. PROBLEMÁTICA ACTUAL EN LA MEDICIÓN DE AGUA POTABLE

En el caso particular de la Empresa ETAPA-EP, para el procedimiento de lectura se encuentra dividida la ciudad y áreas de influencia de los sistemas que administra, en sectores (Figura 9), esto a su vez en recorridos o rutas de lectura (Figura 10), cuya extensión abarca un promedio de 300 conexiones lo cual asimismo está calendarizada para un determinado día de ejecución.



*Figura 9. Sectorización de la Ciudad de Cuenca  
Fuente: DAIAS. Etapa EP*

En este proceso, la Empresa, tiene contacto directo y permanente con los predios de los clientes o usuarios, pues al existir aparatos de medición de flujos (contadores o medidores de agua), estos deben ser “medidos” o “leídos”, lo que quiere decir que para llegar a saber con exactitud la cantidad de metros cúbicos de agua potable consumidos por un cliente en un determinado período se requiere

verificar y anotar en reportes (listados), o en dispositivos móviles la cantidad que consta en el registro del medidor (EMAPAG EP, 2010).

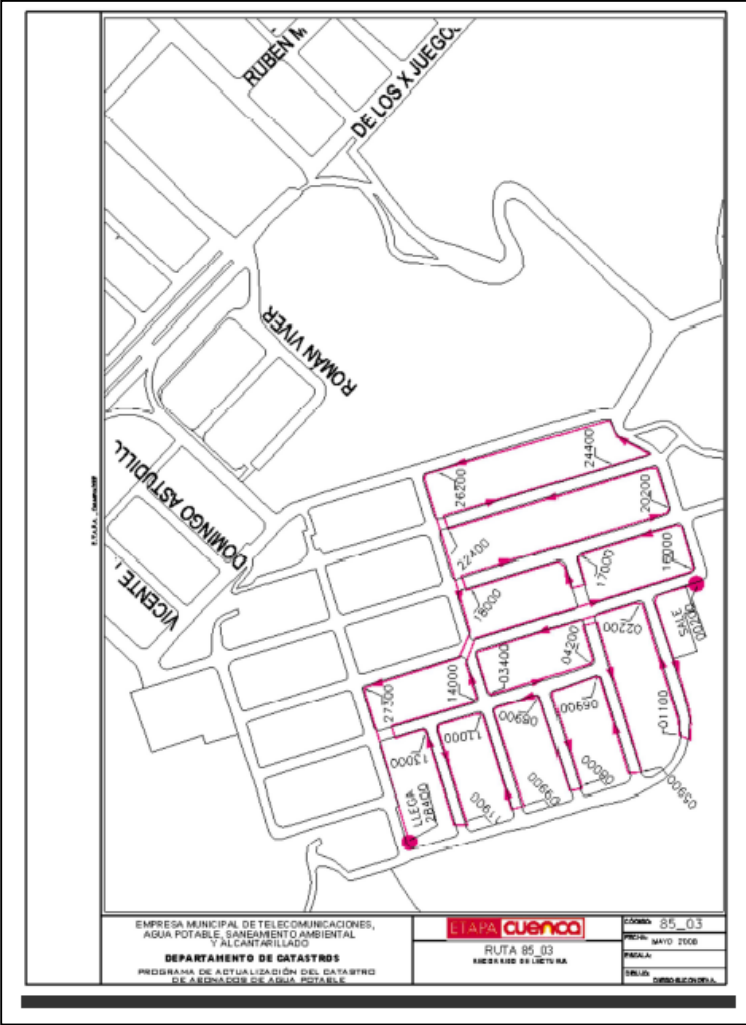


Figura 10. Rutas de Lectura  
Fuente: DAIAS. Etapa EP

Cada lector es guiado mediante la ruta de recorrido previamente establecida, graficada y proporcionada por el departamento de Catastro, en cuyo reporte constan los medidores a ser leídos, así como también los datos de ubicación del predio, nombres del propietario y demás datos relativos al medidor.

Las lecturas de consumo y la información obtenida en el campo, se digitan o se descarga, según el caso, en un archivo predeterminado (EMAPAG EP, 2010).

Para efectos de planeación interna y de control y seguimiento, así como para el cálculo de indicadores de gestión es importante llevar las siguientes estadísticas:

- Lecturas por lector diarias
- Inconsistencia por lector (tipo de inconsistencia)
- Número de intentos por lector (para terminal portátil)
- Rutas con mayor número de inconsistencias.
- Predios no leídos por ruta.
- Número de órdenes de trabajo por ruta.
- Novedades de terreno por ruta (nomenclatura, categoría, grandes diámetros, etc.)
- Tiempo de lectura por lector por ruta y por ciclo.

#### **Crítica de Lecturas (EMAPAG EP, 2010).**

El procedimiento de determinación de los consumos, incluye además de la lectura de los medidores el cálculo de los consumos y un análisis del resultado para tener la seguridad de lo que se va a facturar está correcto.

El cálculo consiste en determinar el consumo efectuado por diferencia entre las lecturas actuales y el anterior. Es la operación inicial del proceso de facturación efectuado por el proceso de liquidación para establecer el consumo que la Empresa debe tomar para el cálculo del valor del servicio; es claro que se aplica para los usuarios que tienen instalado un medidor.

La crítica es un análisis del consumo calculado para determinar si éste realmente responde a una situación normal o es susceptible de una verificación y modificación. Esta operación puede ser efectuada manualmente, por un revisor de consumo, o automáticamente por el computador, basándose en políticas o en normas técnicas en porcentajes de desviación con respecto a un promedio de consumos de periodos anteriores y además teniendo muy en cuenta el volumen de consumo y las variaciones de clima, el cambio del uso del predio o la ausencia de sus habitantes, etc.

La inconsistencia que refleja la información, como lecturas mal tomadas, códigos de no lecturas (cuando no ha sido posible tomar la lectura del medidor de consumo, por diversos motivos), es reaplicada con un equipo de personal especialmente capacitado para el efecto. Este equipo obtiene la información trabajando en horarios normales y fines de semana.

De igual manera para efectos de planeación interna y de control y seguimiento, así como para el cálculo de indicadores de gestión es importante llevar las siguientes estadísticas (EMAPAG EP, 2010):

- Número de predios que llega a crítica por ruta y por código de consumo.
- Número de puntos criticados por el analista.
- Modificadores por tipo.
- Metros cúbicos reales para las modificaciones por ruta.
- Metros cúbicos ajustados por ruta
- Número de informes de crítica por ruta.
- Cuentas que ingresan a la facturación por ruta.
- Inspecciones por ruta.
- Inspecciones no ejecutadas por ruta.
- Tipos de problemas encontrados en terreno por ruta.
- Número de solicitudes ejecutadas por tipo y resultado.
- Número de solicitudes no ejecutadas por tipo.

### **Cálculo de consumo**

La determinación del consumo de un usuario se hace por diferencia entre el valor actual registrado por el medidor y el registro obtenido en el periodo anterior, o por estimación de consumo.

Los consumos de los medidores de agua potable (que son instrumentos de precisión que contabilizan el agua que pasa desde la Red de Distribución hasta el

interior del inmueble) son registrados y para efectos del cobro de servicios, el consumo de agua será determinado:

- Por el volumen registrado por el respectivo medidor domiciliario.
- Por el volumen estimado como consumo probable en la instalación domiciliaria, cuando no se tenga instalado un medidor.
- La lectura de los medidores es básica para el cobro justo de los consumos efectuados. Las lecturas son realizadas por lectores idóneos que garantizan su exactitud y confiabilidad.
- Antes de ser facturados, los consumos son sometidos a una crítica para determinar su normalidad, comprobar su exactitud y asegurar el cobro correcto de los servicios.

El proceso de cálculo de consumo tiene continuidad con otras operaciones necesarias para la creación, actualización y cancelación de las cuentas de los consumidores, y para el cálculo, ingreso y registro de la cuenta correspondiente de todos los valores provenientes, ya sea por la prestación directa de servicios así como de los pagos hechos por cada consumidor. Este proceso tiene una trascendencia fundamental, pues con base en sus resultados se puede dar fe pública y establecer la legalidad de todos los documentos y acciones que de él se deriven (EMAPAG EP, 2010).

Finalmente se expresan los valores que debe cobrarse a cada consumidor, en un documento denominado factura.

Cuando la factura (Ilustración 4) contiene como valor a ser pagado, solamente el correspondiente a los servicios y otras deudas ocurridas durante el período correspondiente al ciclo inmediatamente anterior (un mes), se denomina “facturación simple”. Cuando la factura contiene el valor del saldo deudor acumulado y ésta cancela todas las facturas anteriores, el proceso que la produce se llama “facturación con arrastre de la deuda”.

No obstante que en la facturación simple el saldo deudor no forma parte del valor total de la factura, es mucho más conveniente que en ésta aparezca como información para hacer presente la situación de atraso y se señale el número de meses o períodos en los que se halla vencido el cliente.



Ilustración 4. Factura de Agua Potable  
Fuente: DAIAS. Etapa EP

## Mantenimiento de Medidores.

El mantenimiento comprende los siguientes elementos (Gomez Moreno, 1981):

- Un catastro de medidores, completo y actualizado.
- Un sistema de estadísticas que sirva de base para controlar y orientar los trabajos de mantenimiento.

- Equipos de campo, dotados de personal, herramientas y vehículos apropiados, para retirar y reinstalar los medidores o para revisarlos en su lugar de instalación.
- Un taller bien montado, provisto de personal y equipos adecuados a las necesidades, destinado a revisar, reparar y calibrar los medidores, así como a dar la información necesaria para la administración del mantenimiento.
- Una organización que programe, coordine el desarrollo de las diferentes actividades.

Entre estos elementos es de fundamental importancia el taller, porque contribuye al desempeño de la medición y, en consecuencia, el de la Comercialización. Por eso, es necesario contar con un taller convenientemente dotado y con una organización de máxima eficiencia.

### **Laboratorio de medidores**

El laboratorio del taller de medidores requiere una organización que permita la eficiencia ejecución y el control de las actividades, así como la producción necesaria para la administración eficaz del mantenimiento de los medidores (Gomez Moreno, 1981).

El principal elemento del taller de medidores es el banco de pruebas, herramienta que permite hacer los ensayos a cada una de las unidades de medición, (Ilustración 5).



*Ilustración 5. Banco de Pruebas  
Fuente: Homero Pesantez Jara. Autor*

Las actividades que deberán ser desarrolladas en el taller, para que el sistema de medidores alcance sus objetivos, son las siguientes (Gomez Moreno, 1981):

- Reparación rápida y oportuna de los medidores retirados de las conexiones.
- Prueba, revisión y/o reparación de los medidores que presenten defectos aparentes.
- Prueba, revisión y/o reparación de los medidores retirados de las conexiones, para mantenimiento preventivo.
- Prueba, revisión y/o reparación de los medidores retirados de las conexiones, para atender reclamos de los usuarios o para investigaciones especiales.
- Prueba de medidores nuevos para su recepción.
- Recolección de datos estadísticos sobre los servicios ejecutados en el taller con la finalidad de auxiliar la selección de medidores para nuevas instalaciones, así como para orientar la programación del mantenimiento preventivo.
- Desarrollo de trabajos de investigación, con el fin de dar nuevos elementos para la política de selección, instalación y mantenimiento de medidores.

- Control de los stocks de medidores para sustitución y mantenimiento del catastro de medidores, si son de responsabilidad del taller.

La cantidad de medidores que recibirán acciones de mantenimiento en el taller dependerá del mantenimiento correctivo, de los programas de mantenimiento preventivo, de las investigaciones especiales y de la metodología adoptada para la recepción de medidores nuevos.

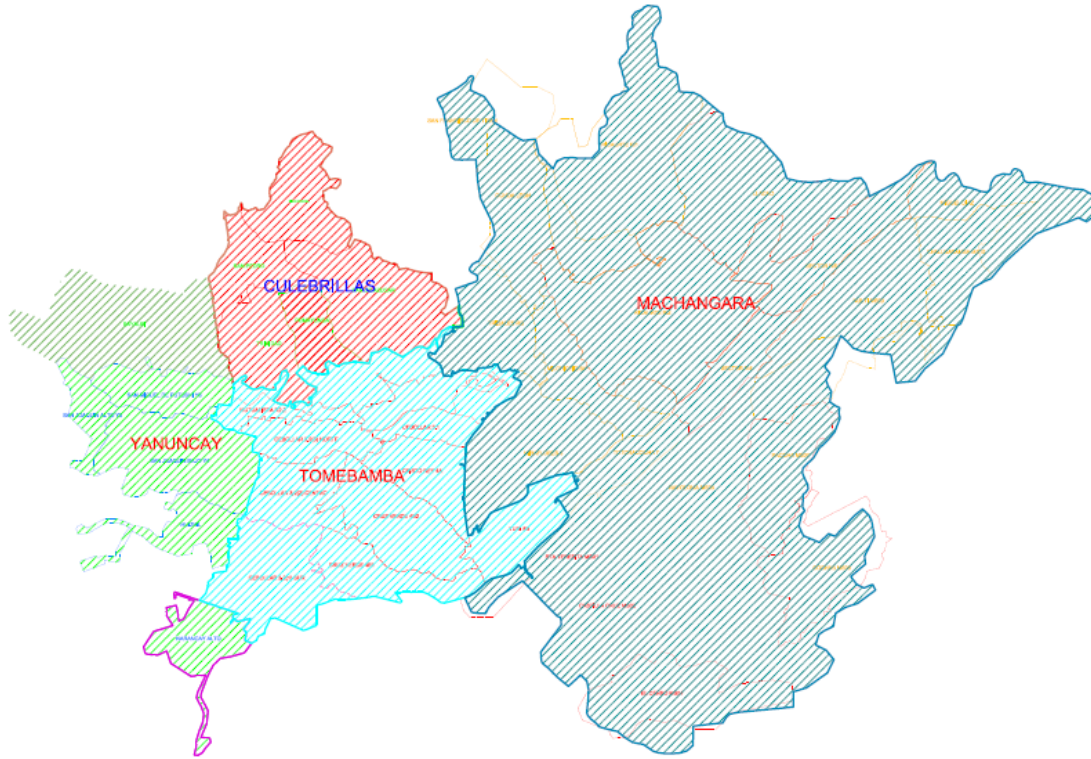
Se hace la observación que el mantenimiento puede ser contratado con un tercero, para cuya selección los conceptos anteriores tratados son de utilidad.

### **Estadísticas.**

Con el fin de precisar las estadísticas, es necesario señalar los sistemas de Abastecimiento para la dotación del servicio de agua potable para la ciudad de Cuenca proviene de 4 sistemas importantes que toman el nombre de la fuente de la cual proviene su agua, esto es:

- Tomebamba: cuya fuente es el río del mismo nombre y su planta de tratamiento se encuentra ubicado en el sector del Cebollar.
- Machángara: cuya fuente es el río del mismo nombre y su planta de tratamiento se encuentra ubicado en el Tixán.
- Yanuncay: cuya fuente es el río del mismo nombre y su planta de tratamiento se encuentra ubicado en el sector de Sustag.
- Culebrillas: cuya fuente es el río del mismo nombre y su planta de tratamiento se encuentra ubicada en el sector de Racar.

Hay que anotar también que existen algunos sistemas comunitarios y plantas ubicadas alrededor de la ciudad que son manejados por comunidades, como es el caso de Baños, Sayausi, Nero y San Andrés de Patamarca, entre los más importantes, que dotan del servicio a una pequeña fracción de la población urbana, que no son parte de este estudio.



*Figura 11. Sistemas de Distribución de Agua  
Fuente: DAIAS. Etapa EP*

Como se mencionó anteriormente Etapa EP tiene rutas de lectura para cada Sector de la ciudad. Teniendo registros por categorías como:

- Consumo Residencial.
- Consumo Comercial.
- Consumo Industrial.
- Consumo Especial.
- Consumo Construcción.

Se realizó un estudio hasta Septiembre de 2016 sobre el número de instalaciones de agua potable. Y su sector con mayores pérdidas económicas por no facturarse correctamente. Teniendo un total de 129.429 abonados de los cuatro sistemas, dividiéndose para cada categoría de esta manera:

*Tabla 2. Número de abonados por categorías  
Fuente: DAIAS. Etapa EP*

Consumo Residencial.	111729
Consumo Comercial.	13458
Consumo Industrial.	872
Consumo Especial.	816
Consumo Construcción.	2554
<b>Total</b>	<b>129429</b>

Después de haber indagado sobre el sector con mayores pérdidas de facturación para ETAPA EP, según estadísticas se llegó a la conclusión que el sector con mayores pérdidas es el del Centro Histórico que tiene la codificación para la empresa la ruta número 98. Las pérdidas se dan por mayor número de casas cerradas.

Según estadísticas hasta septiembre de 2016

*Tabla 3. Estadísticas ruta 98  
Fuente: DAIAS. Etapa EP*

Media de Casas cerradas en el Centro Histórico	2015	3.17%
	2016	3.39%
Media de Casas cerradas en el Centro Histórico	2015	0.77%
	2016	0.83%
El número de Abonados para el Sector 98 a 2016	8761	
El número de Abonados total de los 4 Sistemas a 2016	129429	

Las diversas causas para la presencia de las casas cerradas se pueden mencionar entre otras cosas:

- Viviendas ubicadas dentro del centro histórico cuyos medidores se encuentran en los zaguanes y que no se encuentran habitadas.
- Viviendas que han entrado en proceso de remodelación y que por descuido de los propietarios, las unidades de medición han sido cubiertas con materiales de construcción.

- Viviendas que han sido víctimas del robo de los medidores para reciclar el material con el que es fabricado.
- Un pequeño porcentaje por negligencia del personal que ejecuta las lecturas.
- Otras que por las cifras no tienen real representación.

Por otro lado es menester mencionar que un aspecto que tiene incidencia en la toma de lecturas y la determinación de los consumos, es la presencia de medidores que no se encuentran funcionando, cuyo promedio se encuentra en el último año en el orden del 3,39%, que representa una cifra cercana a los 8761 medidores.

## 2.2. REDES INTELIGENTES EN EL ECUADOR.

El Ecuador ha invertido mucho dinero hacia el sector eléctrico, para un consumo energético responsable y con una política de buen vivir, el de servir a todos los sectores sociales.



Figura 12. Redes Inteligentes de Ecuador  
Fuente: (Cabrera Mejia, 2014)

### 2.2.1. Generalidades de la Empresa ETAPA EP.

En Cuenca la idea de la empresa ETAPA EP es hacer de la ciudad una “Ciudad Digital”, para esto ha invertido esfuerzos y ha empezado implementando en algunos sectores de la ciudad tecnología GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit) que utiliza fibra óptica para como es en el Centro Histórico, El Ejido, la Av. Ordoñez Lazo.



*Figura 13. Red GPON Etapa EP  
Fuente: Etapa EP*

### **3) PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN LA LECTURA INTELIGENTE DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE.**

#### **3.1. Alternativa Tecnológica de Medición Avanzada**

##### **3.1.1. Diseño de Telecomunicaciones.**

###### **3.1.1.1. GPON.**

La tecnología GPON como se mencionó anteriormente ofrece mayor velocidad y un ancho de banda amplio, lo que hace fácil mente el transporte de datos, por lo que el uso de esta tecnología hace que esta propuesta sea más confiable; a sabiendas que Etapa EP ha implementado la red GPON en algunos sectores y en un mediano plazo tiene proyectado cubrir toda la parte urbana de la ciudad y luego los lugares rurales.

###### **3.1.1.2. Wireless.**

Etapa EP tiene red inalámbrica implementada en los parques del Centro Histórico, como desventaja de la red inalámbrica se puede mencionar la pérdida de datos o para que un receptor del servicio tenga buena cobertura tiene que estar cerca del receptor, además que también depende del número de usuarios que estén conectados a esa red.

###### **3.1.1.3. Par trenzado.**

La tecnología del par centrado, prácticamente está desapareciendo, el plan a mediano plazo de Etapa EP es el de sustituir todo el cobre por fibra óptica y así cumplir con la meta de hacer de Cuenca una “Ciudad Digital”

##### **3.1.2. Diseño.**

Para el diseño de esta propuesta según la indagación realizada el sector con más pérdidas de facturación de Agua Potable es el sector 98 como se vio en el capítulo anterior; por lo que para fines pertinentes de esta a propuesta se va a

analizar el dicho Sector, la alimentación para este sector es del Sistema de Distribución Tomebamba (Figura 11); este sector limita de norte a sur entre la calle Rafael María Arízaga y la Calle Larga de este a oeste las calles Coronel Talbot y la Av. Huayna-Cápac (Anexo 1).

Etapa EP como catastro para la ubicación de medidores de agua potable tiene una numeración y de eso según el predio, el número de medidor se da un registro con esos datos. En el Centro Histórico cada predio tiene un medidor, y con motivo de una mejor presentación se va a analizar la sub ruta 17, de la ruta 98, que limita de norte a sur entre la calle Antonio Borrero y la calle General Torres y de este a oeste entre la calle Simón Bolívar y la calle Juan Jaramillo, la ruta de lectura tiene una secuencia empieza en 100 y termina en 29600, debemos tener en cuenta que la Unidad Central se ubica en la calle Benigno Malo en el edificio principal de ETAPA EP análisis (anexo 2).

### **Medidor Electrónico de Agua Potable**

Para la implementación de los medidores inteligentes se proyecta uno de marca Elster con serie SM 250 (figura 14). El medidor tiene las mismas dimensiones que el medidor mecánico actualmente utilizado por parte de la empresa, el medidor electrónico es para uso sólo con agua fría potable, hasta 50 °C y una presión de sobrecarga de hasta 20 bares. El medidor se registrará entre 98% y 102% de precisión en todo el funcionamiento normal; entre el 95% y el 105% a la baja de Flujo.

#### *Conectividad AMR / AMI del Medidor SM 250*

El medidor SM250 se suministra AMR listo con un, puerto de comunicación configurado en fábrica para el siguiente modo de salida:

Salida de encoder que utiliza protocolos serie ASCII

- Salida de impulsos con ajuste por defecto 1 pulso por litro
- Salida M-Bus conforme a EN13757-2



*Figura 14. Medidor Electrónico ELSTER  
Fuente: (Elster Metering, 2016)*

Lo que se pretende es retirar los medidores mecánicos e instalar los medidores electrónicos, así mismo en cada predio, y hacer una instalación de fibra óptica en cada predio que tenga conexión de agua (Anexo 3).

### **3.1.3. Tabla de Costos de la propuesta.**

#### **3.1.3.1. Análisis de Costo de la Instalación de Smart Meter (medidores Inteligentes).**

En el mercado de la ciudad de Cuenca el valor comercial de un medidor mecánico de agua potable es de \$ 30.00, mientras que el medidor inteligente (Smart meter) oscila entre \$100.00 a \$200.00, el contador a ser tomado en cuenta esta en un valor de \$120.00, que tiene que ser asumido por ETAPA EP por su cambio.

El valor total asumido por la empresa debe ser de los 8761 medidores instalados en la sector 98.

*Tabla 4. Costo Instalación de medidores inteligentes  
Fuente: (Elster Metering, 2016) y ETAPA EP*

Descripción	Costo por medidor	Costo total
Medidores y concentradores	\$ 100.00	\$ 876,100.00
Instalación	\$ 22.00	\$ 192,742.00
Soporte	\$ 14.22	\$ 124,581.42
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 136</b>	<b>\$ 1,193,423.42</b>

### **3.1.3.2. Análisis de costo de los medidores mecánicos instalados en el Centro Histórico.**

- **Costo de lectura actual en el Centro Histórico.**

*Tabla 5. Costo mensual de lectura en el Centro Histórico.  
Fuente: ETAPA EP*

Costo mensual de lectura por sub-ruta	Número de sub-rutas	Costo mensual	Costo anual
\$ 31.67	24	\$ 760.00	\$ 9,120.00

- **Costo de gestión por cartera en el Centro Histórico.**

*Tabla 6. Costo mensual de gestión de cartera en el Centro Histórico.  
Fuente: ETAPA EP.*

Costo mensual de gestión de cartera por cliente	Número estimado de clientes involucrados en un mes	Costo mensual	Costo anual
\$ 1.04	2970	\$ 3,088.80	\$ 37,065.60

- **Costo sobre el corte de servicio de agua potable en el Centro Histórico.**

*Tabla 7. Costo mensual sobre el corte de servicio en el Centro Histórico.  
Fuente: ETAPA EP.*

Promedio mensual estimado de clientes para corte de servicio	Promedio estimado de consumo diario en el área urbana [m <sup>3</sup> ]	Tiempo promedio fuera de servicio [horas]	Costo neto del m <sup>3</sup> en centavos de dólar	Costo fijo mensual	Costo mensual	Costo anual
2970	5	48	\$ 0.41	\$ 3.10	\$ 247.20	\$ 2,966.40

- **Costo de corte y reconexión del servicio en el Centro Histórico.**

*Tabla 8. Costo mensual de gestión de corte y reconexión en el Centro Histórico.  
Fuente: ETAPA EP.*

Costo de mano de obra	Número de clientes involucrados	Costo de corte	Costo de reconexión	Costo mensual	Costo anual
\$ 25.33	2970	\$ 5.69	\$ 7.12	\$ 38,805.70	\$ 465,668

- **Costo de mantenimiento de medidores en el Centro Histórico.**

*Tabla 9. Costo mensual de mantenimiento de medidores en el Centro Histórico.  
Fuente: ETAPA EP.*

Total de clientes	Promedio estimado de consumo diario en el área urbana [m <sup>3</sup> ]	Consumo promedio mensual en el área urbana [m <sup>3</sup> ]	Costo neto del m <sup>3</sup>	Costo mensual	Costo anual	Total con el 6% de recuperación de agua
8761	5	30	\$ 0.41	\$ 922,533.30	\$ 11,070,399.60	\$ 664,223.98

- **Costo por pérdidas técnicas en el Centro Histórico.**

*Tabla 10. Costo por pérdidas técnicas en el Centro Histórico.  
Fuente: ETAPA EP.*

Cantida d de clientes	Consumo mes de Agosto 2016 m <sup>3</sup>	Porcentaje de pérdidas	Servicio recuperado mensual m <sup>3</sup>	Costo m <sup>3</sup>	Recuperación económica mensual	Recuperación económica anual
8761	157698	0.88%	1387.7424	\$ 0.41	\$ 568.97	\$ 6,827.69

- **Costo por facturación de consumo de agua en el Centro Histórico.**

*Tabla 11. Costo por facturación de consumo de agua en el Centro Histórico.  
Fuente: ETAPA EP.*

Potenciales clientes especiales para facturación por demanda de agua mediante el sistema de medición inteligente	Estimación de consumo de demanda [m <sup>3</sup> ]	Costo del m <sup>3</sup> (Comercial)	Costo mensual	Costo anual
15	900	\$ 4.57	\$ 5,229.00	\$ 62,748.00

- **Resumen de costos con medidores mecánicos.**

*Tabla 12. Resumen de costos con medidores mecánicos.  
Fuente: ETAPA EP.*

<b>Resumen de Costos</b>	<b>Valor anual</b>
Lecturas por rutas	\$ 9,120.00
Gestión de cartera	\$ 37,065.60
Corte, tiempo sin servicio	\$ 2,966.40
Corte y reconexión	\$ 465,668
Mantenimiento	\$ 664,223.98
Pérdidas técnicas	\$ 6,827.69
Demanda clientes no comerciales	\$ 62,748.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1,248,620.07</b>

- **Costos de la red GPON.**

Tabla 13. Costos de la Red GPON.  
Fuente: ETAPA EP.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	Switch terminal	u	146	\$ 250,00	\$ 36.500,00
2	OLT	u	2	\$ 35.700,00	\$ 71.400,00
3	ONT	u	13.795	\$ 90,00	\$ 1'241.550,00
4	Patch panel	u	146	\$ 160,00	\$ 23.360,00
5	Cable Fibra óptica ADSS para ducto	m	3.264,63	\$ 2,05	\$ 6.692,49
6	Cable Fibra óptica centro de carga	m	983,04	\$ 0,75	\$ 737.280,00
7	Tubería PVC 4" de 6m	m	2.364,62	\$ 16,80	\$ 39.725,62
8	Splitter	u	141	\$ 5,00	\$ 705,00
9	ODFs	u	13.795	\$ 12,99	\$ 179.197,05
10	Mufa para empalme de fibra	u	141	\$ 40,00	\$ 5.640,00
11	Herrajería	lote	141	\$ 5,00	\$ 705,00
12	Tendido de cable fibra óptica ADSS subterráneo	m	3.264,63	\$ 0,80	\$ 2.611,70
13	kit de accesorios para montaje	m	141	\$ 1,25	\$ 176,25
14	Montaje de mangera corrugada	m	141	\$ 25,00	\$ 3.525,00
15	Etiquetado de cajas de empalme	u	141	\$ 3,50	\$ 493,50
16	Armado de caja de empalme	u	141	\$ 125,00	\$ 17.625,00
17	Pruebas OTDR	u	141	\$ 80,00	\$ 11.280,00
18	Tapas de cemento para pozos	u	141	\$ 60,00	\$ 8.460,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 2'378.466,61</b>
<b>IVA 14%</b>					<b>\$ 332.565,33</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 2'708.031,94</b>

## **4) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones.**

- 1) Tanto los sistemas de telecomunicaciones así como en el sector eléctrico en el Ecuador han tenido un avance bastante grande en lo que se refiere a medición inteligente y es importante que no solo estos sectores aprovechen la tecnología con respecto a sistemas AMI.
- 2) Etapa EP, tiene tendido subterráneo de fibra óptica, siendo esto bastante útil para esta propuesta ya que como es la misma empresa que abastece a la ciudad de agua potable, de telefonía e internet a la vez se aprovecharía la infraestructura para usar el sistema GPON, así sería un ahorro de \$ 2'708.031,94 (tabla 13).
- 3) Etapa EP, además del ahorro que representa la infraestructura de la fibra óptica, tendría un ahorro anual de \$ 1, 248,60.07 (tabla 12).
- 4) Al utilizar los sistemas AMI, para el abonado sería una gran ventaja ya que no tendría error de digitación, de lectura y al estar enviando y recibiendo información a cada momento incluso se podría verificar una fuga interna domiciliaría.

### **4.2. Recomendaciones.**

- 1) Al migrar a los sistemas inteligentes se debe trabajar con los organismos convenientes, para sacar provecho de esta migración.
- 2) Tener un catastro de la ubicación exacta de los medidores inteligentes en cada predio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

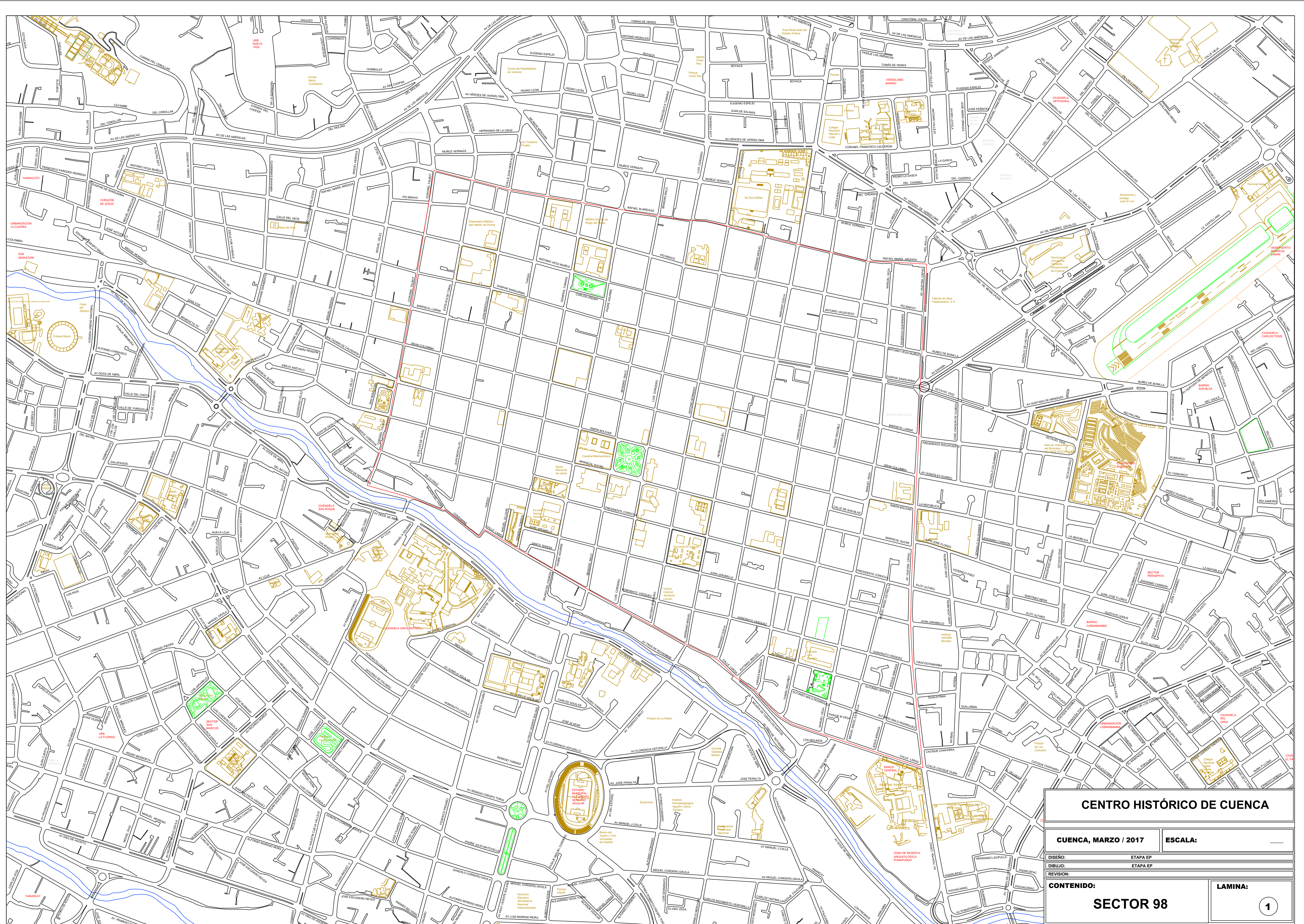
- Alvarado Brito, J. (2011). Servicios de Medición Avanzada (AMI) para redes inteligentes y su Adaptabilidad en el marco de legislación Ecuatoriana. Recuperado el Diciembre de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2550/1/tm4468.pdf>
- Bectechnologies. (s.f.). Obtenido de <http://www.bectechnologies.net/main>
- Cabrera Mejia, J. (2014). Diseño de la Red de Telecomunicaciones para el Sistema de Medición Avanzada (Ami) de Energía Eléctrica en el Centro Histórico de la Ciudad Cuenca. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito. Recuperado el Noviembre de 2016, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8439/TESIS.pdf?sequence=1>
- Cooper Power, S. (2010). Soluciones Smart Grid.
- Coronel Gutierrez, M. (2011). Estudio para la implementación del Sistema de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. Recuperado el Diciembre de 2016, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1104/14/UPS-CT002098.pdf>
- Elster Metering. (2016). Obtenido de [https://www.elstermetering.com/assets/products/products\\_elster\\_files/ELS20496\\_A4\\_SM250\\_Specsheet\\_V3\\_EKN.pdf](https://www.elstermetering.com/assets/products/products_elster_files/ELS20496_A4_SM250_Specsheet_V3_EKN.pdf)
- EMAPAG EP. (2010). Recuperado el Enero de 2017, de <http://www.emapag-ep.gob.ec/emapag/wp-content/uploads/2015/06/C-I-VIII-D.pdf>
- EPRI. (2007). Advanced Metering Infrastructure. Recuperado el Noviembre de 2016, de <http://www.epri.com>

- FERC, F. E. (2010). Assessment of Demand Response and Advanced Metering. Recuperado el 1 de Noviembre de 2016, de <http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/demand-response.pdf>
- Gomez Moreno, B. (1981). Proyecto de Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Recuperado el Enero de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/012335/012335-15.pdf>
- Gomez, J. (2003). Procesos de fabricación de fibras ópticas. Recuperado el Diciembre de 2016, de [http://184.168.109.199:8080/jspui/bitstream/123456789/303/2/34\\_cordoba.pdf](http://184.168.109.199:8080/jspui/bitstream/123456789/303/2/34_cordoba.pdf)
- Greentechmedia. (s.f.). Obtenido de Greentechmedia: <https://www.greentechmedia.com/research/report/the-emergence-of-meter-data-management-mdm>.
- Inga Ortega, E. (Enero - Junio de 2012). Redes de Comunicación en Smart Grid. Ingenius Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el Diciembre de 2015, de <http://revistas.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/7.2012.05>
- Londoño, A. (1975). Parte A Subsistema de Medición de Consumos. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Recuperado el Diciembre de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/017573/017573-02.pdf>
- Peralta S., A. (2012). BPL (Broadband Power Line): una alternativa para brindar el servicio de internet de Alta Velocidad. Ingenius. Recuperado el Diciembre de 2016, de <http://revistas.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/4.2010.03/278>
- Salemelectric. (s.f.). Obtenido de Salemelectric: <https://www.salemelectric.com/engineering/proyecto-de-ami>

Vicini, R. A., & Micheloud, O. (2012). Smart Grid, Fundamentos Tecnologías y Aplicaciones. Mexico DF, Mexico: Cengage Learning. Recuperado el Noviembre de 2016, de [https://issuu.com/cengagelatam/docs/smart\\_grid\\_fundamentos\\_\\_tecnologias\\_y\\_aplicaciones](https://issuu.com/cengagelatam/docs/smart_grid_fundamentos__tecnologias_y_aplicaciones)

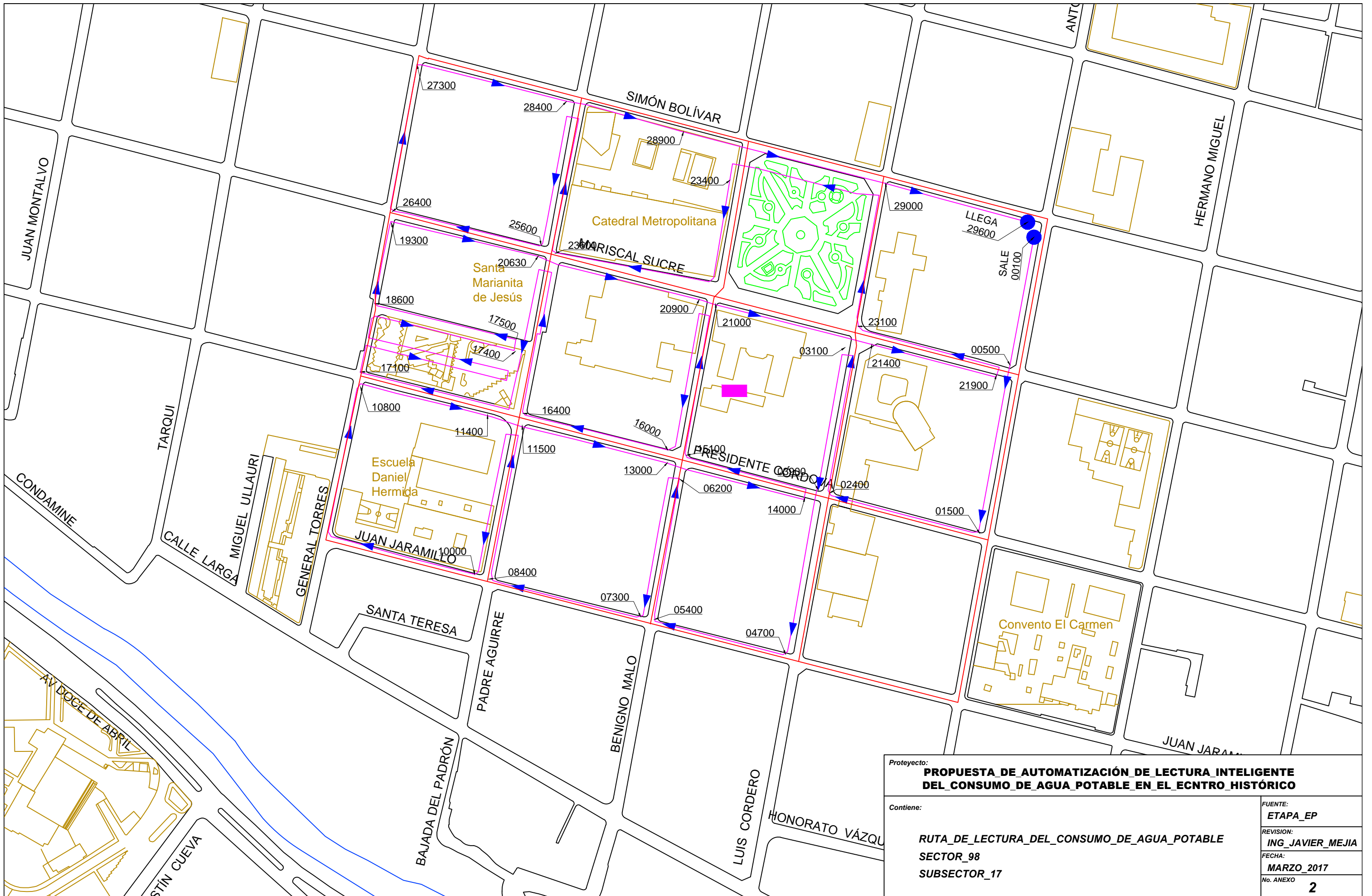
**ANEXOS.**

**Anexo 1. SECTOR 98 "CENTRO HISTORICO DE CUENCA"**



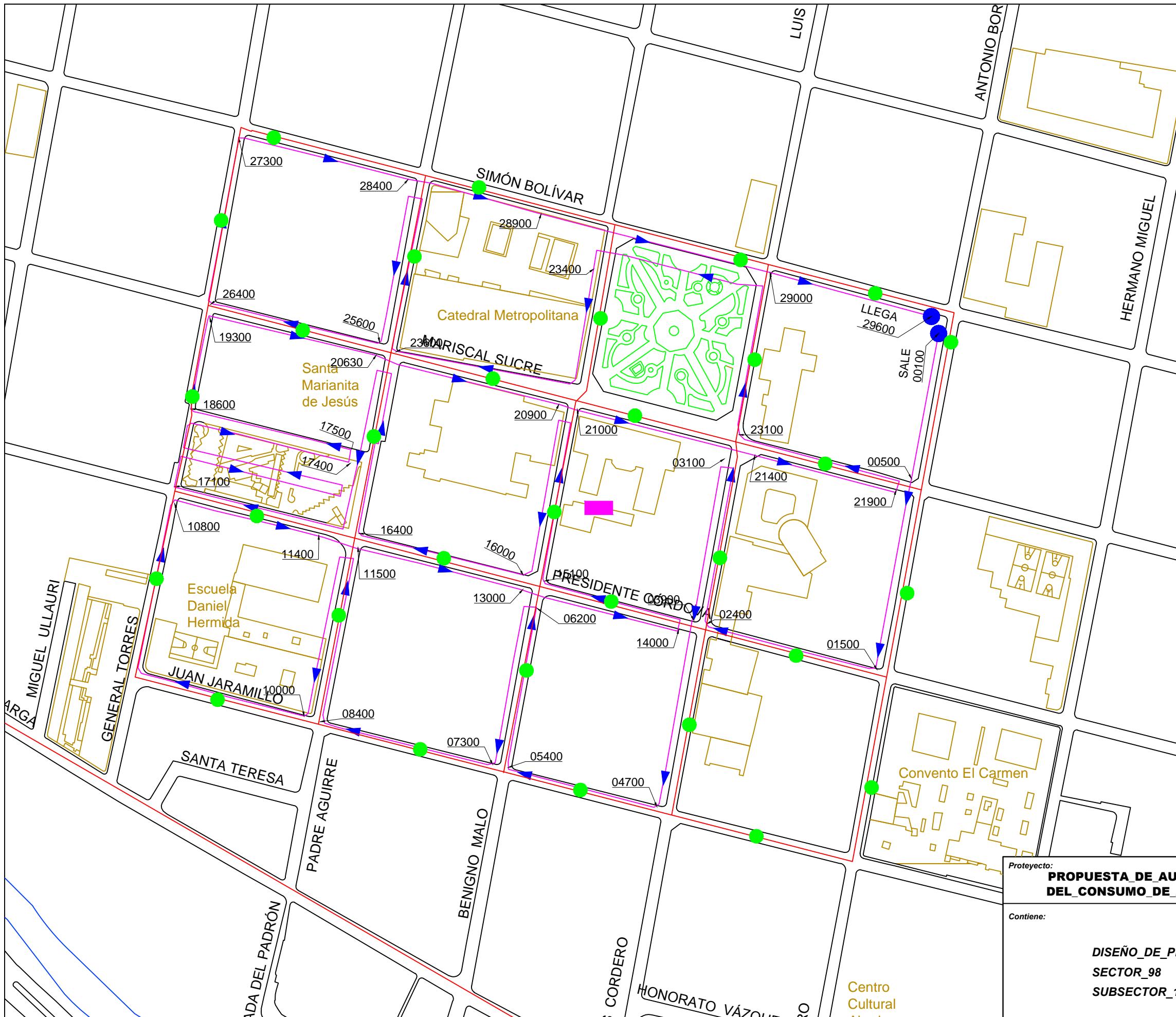
<b>CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA</b>	
<b>CUENCA, MARZO / 2017</b>	<b>ESCALA:</b> _____
<b>DISEÑO:</b> ETAPA EP	
<b>DIBUJO:</b> ETAPA EP	
<b>REVISIÓN:</b>	
<b>CONTENIDO:</b>	<b>LAMINA:</b>
<b>SECTOR 98</b>	<b>1</b>

**Anexo 2. RUTA DE LECTURA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE.**



Proyecto:	<b>PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LECTURA INTELIGENTE DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL ECNTRO HISTÓRICO</b>	FUENTE:	ETAPA_EP
Contiene:	<b>RUTA DE LECTURA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE SECTOR_98 SUBSECTOR_17</b>	REVISIÓN:	ING_JAVIER_MEJIA
		FECHA:	MARZO_2017
		No. ANEXO	2

### **Anexo 3. DISEÑO DE PROPUESTA DE LECTURA INTELIGENTE**



- Unidad Central
- Cajetin/ Armario
- Tendido de Fibra óptica
- Ruta de Lectura

Proyecto: <b>PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LECTURA INTELIGENTE DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL ECNTRO HISTÓRICO</b>	
Contiene:  <p style="text-align: center;">DISEÑO DE PROPUESTA SECTOR 98 SUBSECTOR 17</p>	FUENTE: ETAPA_EP REVISION: ING_JAVIER_MEJIA FECHA: MARZO_2017 No. ANEXO 3