



Implementación de un sistema de información geográfica para la optimización de las actividades comerciales de lectura y balance hídrico de una empresa de servicios públicos domiciliarios de acueducto

Wilmer Alfredo Estupiñan Sánchez

11792115835

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia.

2022

Diseño de un sistema de información geográfica para la optimización de las actividades comerciales de lectura y balance hídrico de una empresa de servicios públicos domiciliarios de acueducto

Wilmer Alfredo Estupiñan Sánchez

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director:

Andrés Felipe Carvajal Vanegas, Dr.

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica.

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2022

Contenido

Pág.

1. Introducción	4
2. Glosario	6
h) Gestión oportuna sobre la actividad.....	8
3. Objetivos	9
4. Marco Teórico	10
4.1 Sistemas de Información Geográfica S.I.G.....	10
4.2 Esquema funcional de las Empresas de servicios públicos - ESP	11
4.3 Estado del conocimiento	12
4.4 Lectura	12
4.5 Balance Hidráulico.....	13
5. Metodología	14
6. Resultados	17
6.1 Diseño de la Base de Datos Geográfica de Usuarios	17
6.2 Esquema de Integración de la Base de Datos Geográfica de Usuarios con la Base Comercial	18
6.3 Creación de Formulario para Lectura	20
6.4 Creación de Tablero de Control de Seguimiento a Actividades de Lectura	27
6.5 Planteamiento de Arquitectura de Transmisión de Información de Macromedidores	30
6.6 Creación de Tablero de Control de Indicadores de Gestión	31
7. Conclusiones	35
8. Recomendaciones	36
9. Anexos	37
Referencias Bibliográficas	38

Lista de tablas.

<i>Tabla 1. Campos que componen la cobertura de usuarios.</i>	17
---	----

Lista de imágenes.

<i>Imagen 1. Esquema de sistema de informacion geográfica S.I.G.</i>	10
<i>Imagen 2. Ciclo del sistema de acueducto.</i>	11
<i>Imagen 3. Esquema metodológico.</i>	16
<i>Imagen 5. Aplicación Survey123 en appstore.</i>	21
<i>Imagen 6. Aplicación Survey123. Inicio de sesión.</i>	22
<i>Imagen 7. Acceso al formulario desde dispositivo móvil.</i>	22
<i>Imagen 8. Descripción de formulario. Parte 1</i>	23
<i>Imagen 9. Descripción de formulario. Parte 2</i>	24
<i>Imagen 10. Descripción de formulario. Parte 3</i>	25
<i>Imagen 11. Descripción de formulario. Parte 4</i>	26
<i>Imagen 12. Descripción de formulario. Parte 4</i>	28
<i>Imagen 13. Esquema funcional para tablero de control.</i>	31
<i>Imagen 14. Tablero de control.</i>	32

Lista de ecuaciones.

<i>Ecuación 1. Resumen de Balance Agua Producida Vs. Agua De Los Sectores</i>	8
<i>Ecuación 2. Resumen de Balance Agua Del Sector Vs. Agua Vendida</i>	8

Lista de gráficos.

<i>Gráfico 1. Proceso de lectura.</i>	13
<i>Gráfico 2. Relaciones de usuario en modelo comercial.</i>	19

Lista de Figuras

<i>Figura 1. GDB de usuarios en ARCCATALOG</i>	18
<i>Figura 2. Relaciones de usuario en modelo comercial.</i>	19

1. Introducción

La prestación de servicios públicos domiciliarios resulta una actividad que se preserva en el tiempo. Sin importar el lugar, las condiciones topográficas, las culturas, etc, los grandes asentamientos humanos (poblaciones y ciudades) siempre han requerido y requerirán contar con servicios públicos domiciliarios; Estos *“Son aquellos que se prestan en forma universal, continua, eficiente, obligatoria, en igualdad de condiciones y calidad a todos los usuarios, por medio de redes físicas o humanas en su sitio de habitación o trabajo, con un régimen jurídico especial de derecho público, con la participación directa de la Administración Pública en su prestación, regulación y control”*(Matias Camargo, 2013).

Hablando específicamente del agua potable este servicio público domiciliario ha sido provisto por empresas de servicios públicos -ESP-, conocidas como Empresas de Acueducto¹. Si bien las ESP han funcionado, y en la mayoría de los casos, de manera exitosa, hoy se cuenta con tecnología que, implementada y operada de manera adecuada, mejorarán tanto la prestación del servicio (beneficio para el usuario) como la rentabilidad corporativa (beneficio para la Empresa).

Una de las tecnologías propuestas consiste la integración de un Sistema de Información Geográfica (SIG), que hoy en día ha sido implementada de diferentes formas, por ejemplo: para la planeación y mejora del sistema de abastecimiento de aguas, con el fin de determinar el crecimiento poblacional y al mismo tiempo la demanda no solo acuífera, sino también de la red y de las instalaciones como tal en Ota, Estado de Ogun, Nigeria(Ufoegbune et al., 2017). Otro ejemplo es el uso de SIG en apoyo a las operaciones comerciales de la ESP que será el enfoque en el cual se desarrollará el siguiente documento

Convencionalmente, se ha entendido que la implementación de un SIG obedece únicamente a la adquisición de un software, y es esto un gran error trascendido durante muchos años, dado el poco conocimiento que se tiene sobre los SIG en el sector de Aguas; es por esto que el reto se hace aún más grande. La idea generalizada es que el proceso comercial de la prestación del servicio de acueducto funciona bien, dado que a nivel corporativo genera rentabilidad ya que estas empresas son consideradas robustas y estables, esto debido a sus ingresos que pueden ser regulados y predecibles, también porque son un monopolio por naturaleza(Ratings, 2020) y se logra el objetivo principal que es: el abastecimiento de la población. De tal manera que a simple vista “no hay un problema para solucionar”, y de hecho no se está proponiendo una solución,

Es importante dejar en claro que el presente es una propuesta para mejorar el proceso comercial, optimizándolo, con miras a convertirse en un engranaje fundamental en las actividades comerciales las ESP de acueducto.

Cuando se logran exponer y cuantificar las bondades que representan la implementación de un SIG en los procesos comerciales corporativos: mejora en el orden y estructuración de la

¹ Si bien estas empresas usualmente prestan el servicio de acueducto (provisión del líquido) como de alcantarillado (extracción del agua usada), en este documento nos referiremos solamente a la parte de acueducto y se hilará con mayor detalle en la parte comercial.

información obtenida, la calidad de la misma, cuando se hace uso del SIG para obtener resultados a nivel comercial y de servicios los clientes aportan información que se convierte en información “mapeable” lo que permite el estudio de su comportamiento de una forma mas fácil y eficiente, determinación de cobertura del producto o servicio, entre otros(Miguel, 2020), es cuando la idea tiene la oportunidad de volverse atractiva, oportunidad que se materializa con la debida implementación del sistema. Es aquí cuando se hace necesario contar con un plan estructurado llamado el diseño del SIG, el cual es completamente diferente para cada empresa, debido a las múltiples variables que debe tener en cuenta el sistema para su debido funcionamiento. No quiere decir esto que no se tenga una serie de márgenes y lineamientos generales que se deben seguir, los cuales se describirán en este documento.

En éste documento se describirán detalladamente los parámetros a tener en cuenta en el momento de la elaboración del diseño SIG, paralelamente se describirá el modo en que se pueden cuantificar económicamente, las bondades que tiene la implementación del sistema, todo esto enfocado en la implementación de un modelo de de un SIG para la ESP del Distrito de Buenaventura en el Departamento del Valle del Cauca.

1. 2. Glosario.

LAS DEFINICIONES DEL GLOSARIO ESTAN DADAS POR LA EXPERIENCIA DEL AUTOR.

a) Información: Se refiere a toda la información que puede ubicarse en un plano (bidimensional o tridimensional) del espacio. Se divide en dos tipos:

❖ *Propia*: es toda la información propia de la Empresa de servicios públicos - ESP. La misma Empresa es quien la ha levantado y se encarga de la correspondiente actualización y gestión P.E.: El catastro de redes, el catastro de usuarios, etc.

❖ *Externa*: es información que se requiere para las actividades pero que no es propia de la Empresa, proviene de otras fuentes, por lo tanto, la responsabilidad de actualización de esta información P.E.: Coberturas de loteo, manzaneo, malla vial, etc.

Es importante también mencionar que hay información que no necesariamente es geográfica pero que aporta al sistema mediante relaciones con coberturas geográfica P.E.: la base de datos de facturación de usuarios. Puede ser Propia o Externa.

Toda la información que este en el sistema debe estar debidamente almacenada y estructurada en un base de datos geográfica, la cual debo contemplar sus parámetros de calidad en cuanto a completitud, consistencia y conectividad. El lenguaje de la Base de Datos depende de la infraestructura que se defina para la Empresa.

b) Usuarios: Los usuarios son la razón de ser del sistema, es el engranaje por el cual nace el sistema. El usuario es el componente humano, y al cual el sistema debe satisfacer, entendiéndose a este como una herramienta de gestión. “*Debido a la imparable implantación de los SIG como herramienta de análisis y gestión de datos espaciales el número de usuarios de SIG crece enormemente. Por otro lado la necesidad de basar ciertas decisiones políticas en los resultados de un SIG ha llevado a algunos gestores a interesarse por estos programas*”(Sarria, n.d.) Por lo anterior es posible deducir que los usuarios en un SIG pueden variar de acuerdo a la necesidad; a continuación, se mencionarán algunos tipos de usuarios que participan en el diseño del sistema desarrollado a lo largo del documento, teniendo en cuenta que para la definición de un SIG pueden existir muchos más tipos de usuarios:

❖ *Administrador*: es la cabeza del sistema, define cada uno de los componentes y su interoperación con el sistema, basado en las necesidades que se quieran satisfacer. Define los protocolos de edición, actualización y publicación de la información. Crea los demás usuarios definiendo los roles y actividades de participación en el sistema. Es quien se encarga de hacer la gestión para articular los diferentes componentes del sistema.

❖ *Arquitecto*: es quien define la infraestructura funcional del sistema, dependiendo de la escalabilidad, funcionalidad, recursos, carga y demás características estructurales del sistema.

❖ *Editor*: es quien se encarga de realizar la gestión de la información dentro de la base de datos geográfica. Dentro de este grupo se puede contemplar el equipo que

provee información para la actualización, claro está, definiendo roles y privilegios distintos dentro de la base de datos.

❖ *Desarrollador*: es el equipo encargado de crear o adaptar las herramientas y funcionalidades para cada tipo de usuarios. Generalmente tienen perfil de programador de tal modo que cuente con el conocimiento y la formación para satisfacer las necesidades propias de cada herramienta.

❖ *Consultor*: entiéndase como al usuario final de la información, quien, sin contar con una formación específica, puede interactuar con el sistema para apoyar sus funciones dentro de la organización. Cada usuario consultor debe contar con un rol distinto, y sus expectativas deben ser cubierta por el sistema.

c) *Software*: “Es el conjunto de herramientas que permiten al programador desarrollar programas informáticos, usando diferentes alternativas y lenguajes de programación, de una manera práctica”(Lopez Sanchez, n.d.) Teniendo en cuenta la dimensión de la Empresa de servicios públicos -ESP, y los recursos con que se cuente, se define la herramienta o grupo de herramientas tecnológicas (programas) para lograr la usabilidad y gestión sobre la información.

d) *Hardware* Conjunto de los componentes que integran la parte material de una computadora”(Molina Huaquisto, n.d.) Dependiendo de la actividades que se ejecuten, se plantean los diferentes tipos de herramientas que se usarán: Servidores, computadores, tabletas, teléfonos, televisores, GPS, etc. Deben tenerse en cuenta las funciones que se van a realizar y así definir el tipo de herramienta P.E.: para la edición de la información propia de la ESP es necesario contar con computadores robustos, ahora bien, si lo que se pretende es la gestión en campo, se debe pensar en equipos de fácil movilidad tales como tabletas o teléfonos inteligentes. Todo depende de la actividad que se realice. Por otra parte, el sistema no puede depender de equipos específicos para su funcionamiento, y es aquí donde se empieza a notar las bondades del sistema. Más adelante se ampliará un poco más el tema usando como ejemplo la actividad de Lecturas de Consumos con equipos tipo TPL.

e) *Desarrollos*: Si bien la organización cuenta ya con software, se debe estimar la adaptación de las funcionalidades del software para la ejecución de una tarea específica, permitiendo al usuario una experiencia amigable en cuanto a la interacción del sistema. En algunas ocasiones se deberán realizar aplicaciones particulares de acuerdo a la tarea que se ejecute, en otros casos deberá hacerse la adaptación y/o programación de las funciones del software para apoyar la actividad.

La correcta interacción de los componentes aquí nombrados, son los que configuran realmente un Sistema de Información Geográfica. Ahora, el valor agregado del Especialista SIG consiste en lograr que el sistema sea realmente funcional dentro de la actividad comercial de la ESP. No quiere decir esto que el uso de los SIG sea exclusivo para esta área. El uso de los SIG puede extenderse a todas las actividades de la ESP, y hasta podría decirse que los SIG son aplicables a cualquier tipo de empresa, sin importar la actividad a en que se desempeñe.

f) *Georreferenciación*: “es un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra” (Dávila Martínez & camacho arranz, 2012). En muchas ocasiones la empresa tiene que creer ciegamente la información que trae el lector debido a que no tiene las herramientas

suficientes para evaluar si efectivamente el lector se desplazó hasta el sitio de la lectura o no.

g) Tiempos de actividad: El no contar con conectividad que permita la transmisión de información en tiempo real, afecta directamente al tiempo de respuesta y acciones a tomar cuando resultan novedades.

h) Gestión oportuna sobre la actividad: No existe la herramienta que permita evidenciar oportunamente el trabajo del lector.

i) Dependencia de hardware: Cuando la actividad esta desarrollada con dispositivos particulares, se genera una dependencia total del dispositivo. En caso de falla del mismo, la actividad puede entrar en crisis dado que la recuperación funcional del dispositivo puede no ser tan oportuna.

j) Reporcesos: El formato actual de operación, obliga a que se visite mínimo dos veces al usuario en un mismo periodo.

k) Perdidas Comerciales: Es el agua que es consumida por algún usuario, pero que no fue registrada por el medidor. En otras palabras, es la defraudación del fluido.

l) Perdidas Operativas: Se refiere a la cantidad de agua que se pierde del sistema por la realización de actividades y/o maniobras sobre el sistema P.E.: cuando hay un daño sobre la red de distribución, se realiza un cierre para disminuir el caudal al mínimo, y se desocupan estos tramos de red por medio del mismo daño o por medio de objetos complementarios del sistema como los hidrantes.

m) Perdidas Tecnicas: Son aquellas que se pierden del sistema por fugas imperceptibles.

Ecuación 1. Resumen de Balance Agua Producida Vs. Agua De Los Sectores

$$\text{AGUA PRODUCIDA} = (\sum [\text{AGUA REGISTRADA EN LOS MACROS DE LOS SECTORES}]) + \text{PERDIDAS}$$

Fuente: Autor, 2021

Ecuación 2. Resumen de Balance Agua Del Sector Vs. Agua Vendida

$$\text{AGUA DEL SECTOR} = (\sum [\text{AGUA VENDIDA EN EL SECTOR}]) + \text{PERDIDAS}$$

Fuente: Autor, 2021

2. 3. Objetivos

Objetivo General

Implementar un Sistema de Información Geográfica que apoye las actividades comerciales de Lectura y Balance Hídrico de una empresa de servicios públicos domiciliarios de acueducto.

Objetivos Especificos

- ❖ Elaborar una Base de Datos Geografica que aloje y gestione la información comercial de lectura y balance hídrico
- ❖ Desarrollar una herramienta web móvil que permita la recolección y almacenamiento en la base de datos geográfica de la información correspondiente a las lecturas de micromedición de acueducto
- ❖ Implementar una herramienta de visualización de la información de las lecturas de micromedición de acueducto en tiempo real

3. 4. Marco Teórico

7.1 Sistemas de Información Geográfica S.I.G

“El término Sistema de Información Geográfica (SIG) suele aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales que constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales”(Sarría, n.d.) Tal y como se refirió anteriormente, en la mayoría de casos las personas identifican los SIG como el uso de un software especializado en el manejo de información geográfica. Sin embargo, este concepto resulta minimalista y escaso para lo que realmente se debe considerar como un SIG. Partiendo desde la primera palabra “Sistema”, debe interpretarse como tal, como la interacción de múltiples factores, engranajes, soluciones, actores, en fin, toda una estructura debidamente integrada y funcional. Ahora, los engranajes que componen esta estructura, se definen con las dos siguientes palabras de la sigla “Información Geográfica”. Se refiere a todo aquello que puede ser ubicado en un espacio plano o tridimensional, y no es necesariamente solo materia, ya que un evento puede también ser ubicado en el espacio con una ubicación geográfica sin que se constituya necesariamente como materia. En ese orden de ideas, un SIG es una estructura compleja y articulada, donde el eje principal es toda la información que puede ser referida en una ubicación espacial, y en donde interactúan múltiples agentes, En la Imagen 1, se muestra el esquema de un sistema de información geográfica:

Imagen 1. Esquema de sistema de informacion geográfica S.I.G.



Fuente: Autor, 2021

7.2 Esquema funcional de las Empresas de servicios públicos - ESP

La generalidad de funcionamiento de las ESP, resulta ser uniforme sin importar el escenario y/o las condiciones con que se cuente. A continuación será descrito de modo general el mapa del proceso (Imagen 2) (Acueducto agua y alcantarillado de Bogotá, 2006) de tal manera que sea entendible durante la interacción por el resto del documento. Las definiciones a continuación son producto de la experiencia del autor.

Imagen 2. Ciclo del sistema de acueducto.



Fuente: Autor, 2021

- ❖ **CAPTACION:** Etapa donde inicia el sistema. Se lleva a cabo en la zona dónde se encuentra la fuente de agua que se provee al sistema para que sea distribuida. Usualmente es una fuente de agua dulce con mínima intervención del hombre. Las características naturales del sitio deben permitir la instalación de una infraestructura la cual permita captar el agua y llevarla por un método mecánico al sitio de tratamiento: por gravedad o por impulsión. En este punto el agua es completamente natural, es decir, aún cuenta con sedimentos y microorganismos; A este tipo de agua se le conoce como agua cruda.
- ❖ **TRATAMIENTO.** Etapa realizada en lo que usualmente se conoce como Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). En estas, el agua cruda es tratada mediante un proceso físico químico para librarla de partículas sólidas y microorganismos y de esta forma obtener un agua tratada con parámetros exigidos por la normatividad; a esta actividad se le llama el proceso de producción del agua. Convencionalmente, se mide la cantidad de agua producida para posteriormente compararla con la cantidad de agua vendida y de esta manera hacer el balance hidráulico comercial.
- ❖ **TRANSMISION.** Sistema de tuberías debidamente conectadas, de gran diámetro por el cual se transporta el agua hacia cada uno de los sectores hidráulicos. Los sectores hidráulicos, desde un concepto geográfico básico, se refieren a una porción geográfica debidamente delimitada (pero sin barreras físicas) en la cual se agrupan una serie de usuarios de acueducto, por lo general tiene una única entrada de agua la cual debe estar debidamente controlada respecto a la presión (debido a las variaciones del consumo propias del sector) y debidamente medida, es decir, que se tenga un dato exacto de la cantidad de agua que ingresa al sector. El sector debe ser hermético, es decir que no entre agua por ningún punto diferente al controlado y que tampoco salga agua hacia otro sector.
- ❖ **DISTRIBUCION.** Sistema de redes de menor diámetro, con presión regulada por el cual se distribuye el agua entre los usuarios. Las redes menores pueden conectarse físicamente entre diferentes sectores, lo cual es regulado con sistemas de control de flujo llamados Válvulas de

Cierre Permanente, que como su nombre lo indica, permanecen cerradas, y se abren solamente en caso de emergencia.

❖ **USUARIO.** Es el componente celular del sistema comercial, y por tal, se configura con la pieza clave. El usuario es aquel a quien se le vende el producto. Regularmente el pago que hace el usuarios es proporcional a la cantidad de metros cúbicos de agua que consuma, y esto es regulado por un medidor que tiene el usuario en la conexión que tiene al sistema de distribución, la cual se llama acometida.

7.3 Estado del conocimiento

En Colombia, existen diferentes referentes de empresas prestadoras de servicios públicos que han implementado el uso de Sistemas de Información Geográfica como lo son: Empresas públicas de Medellín, quienes hacen uso de SIG para la administración de la información de redes dispuestas para la reemisión y distribución de los servicios de agua, luz y gas. También la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá tiene el portal de Mapas Interactivos que hace parte del SIG Unificado Empresarial y finalmente la empresa de Aguas de Manizales S.A ESP que hace uso de SIG dentro de su proceso de tratamiento y distribución de agua potable además de la recolección de aguas residuales y saneamiento básico (Escobar, 2020)

El proceso comercial de las ESP, contiene múltiples actividades, que técnicamente pueden soportarse y mejorarse con la implementación de un SIG. Sin embargo, en este documento serán desarrolladas solamente dos actividades: Lectura y Balance Hidráulico Comercial. Estas son actividades que se han desarrollado tradicionalmente con aparente éxito, pero se podrán mejorar sustancialmente con la implementación de un SIG.

7.4 Lectura

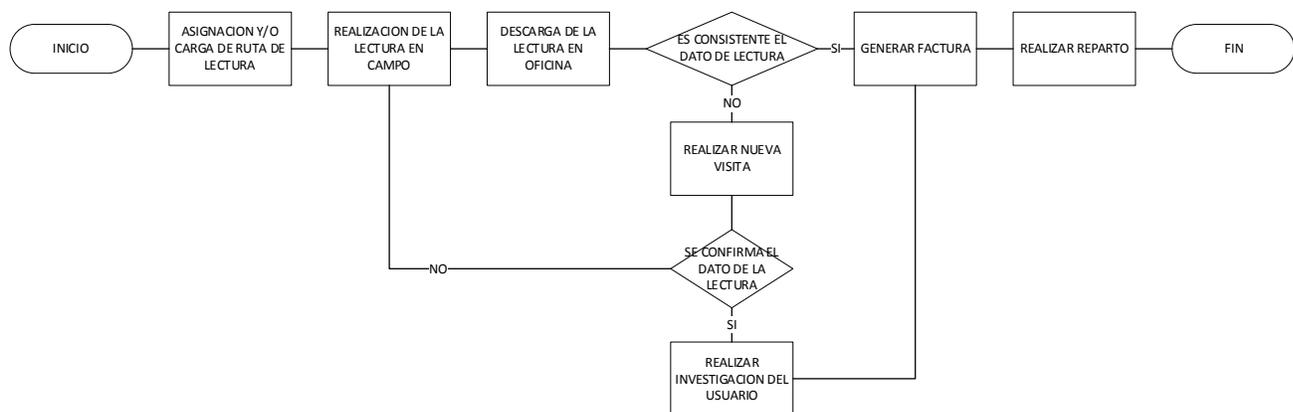
Se refiere a la actividad de registrar de manera periódica regular, los consumos que registra el medidor del usuario (Niño Florez et al., 2018). Teniendo en cuenta las diferentes características físicas del espacio, previamente se debe definir de manera detallada la ruta que se debe hacer para realizar la lectura del un grupo de usuarios de manera eficaz. Dadas las características de cómo están constituidos los sistemas de acueducto, se hace necesario contar con un recurso humano que se desplace hasta el sitio donde se encuentra el medidor, y de alguna manera registre el volumen de consumo que indica el medidor.

Posteriormente, se procesa la información en la oficina para hacer el cálculo de consumo. El proceso no es más que un análisis estadístico establecido en la Resolución No. 151 de 2001, específicamente en el artículo 1.3.20.6 Desviaciones significativas (Salazar, 2021); en el cuál se indica que la variación de consumo debe estar comprendida en un rango entre +/- tres variaciones estándar del consumo. En caso que la lectura no cumpla este parámetro, se debe realizar nuevamente una visita al medidor para validar la información inicialmente registrada. En este punto, puede ocurrir que la medida este mal tomada, a lo cual se procede a corregir, o que la medida este bien tomada, es entonces cuando se debe investigar directamente con el usuario la

razón por la cual su consumo esta por fuera de los rangos establecidos, toda la regulación y procedimientos a llevar a cabo, son establecidos en el artículo 149 de la Ley 142 de 1994 y reagulados por la Comisión de Regulación de Acueducto y Saneamiento Básico, CRA.

Una vez validada la información, se procede a emitir la correspondiente factura, la cual será llevada al usuario siguiendo el mismo orden de la ruta de lectura. Téngase en cuenta que esta actividad sólo se puede ejecutar una vez se hayan terminado los procesos que validan la información, los cuales son llamados convencionalmente como crítica y precrítica. El esquema del proceso de lectura realizado por las Empresas de Servicios Públicos se muestra en el Gráfico 1

Gráfico 1. Proceso de lectura.



Fuente: Autor, 2021

En la actualidad, para la realización de la lectura, la mayoría de las ESP utiliza dispositivos Terminales Portátiles de Lectura (TPL). A estos dispositivos se les carga un archivo plano el cual contiene la ruta de lectura, un vez terminada rata se procede a desplazarse hasta la terminal matriz para conectar el equipo y descargar los datos. En algunas ESP, la sincronización de estos dispositivos se realiza de manera inalámbrica y hasta de manera remota.

La relevancia de la actividad es evidente, pues es aquí donde se inicia el proceso de recaudo de dinero en la ESP. Básicamente es el modo de garantizar el sostenimiento económico de la Empresa. Sin embargo, el proceso de lectura cuenta con una serie de falencias que conllevan a poner en riesgo el flujo de caga de la ESP. Entre las falencias evidenciadas en el proceso se destacan: georreferenciación, tiempos de actividad, gestión oportuna sobre la actividad, dependencia del herdware y reprocesos.

7.5 Balance Hidráulico

A groso modo, es la comparación aritmética de la cantidad de agua producida y la cantidad de agua vendida. Puntualmente se compara el agua producida en la planta de tratamiento, con el agua registrada a la entrada de cada uno de los sectores y ésta a su vez con la

cantidad de agua vendida a los usuarios por sector. Hay que tener en cuenta que existen factores técnicos y comerciales que se deben tomar en el momento de realizar este balance, a esto se le llama pérdidas comerciales y pérdidas operativas.

De acuerdo con lo expuesto en el glosario para cada tipo de pérdida, es posible notar que en ninguno de estos eventos, resulta posible medir exactamente la cantidad de agua perdida. Por tal razón, estas pérdidas son parametrizadas de acuerdo a las características de la ESP y el área de prestación de acuerdo con lo establecido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico en la resolución CRA 688 de 2014.

El balance hidráulico resulta de alta relevancia para la ESP, por que con estos cálculos es que se generan los indicadores requeridos por los entes de control: El Índice de Agua no Contabilizada (IANC) y el Índice de Perdidas por Usuario Facturado (IPUF), éstos se encuentran referidos en la Resolución CRA 688 de 2014 (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2014). El incumplimiento de estos índices pone a la ESP en riesgo de una sanción por parte de los entes de control. Pero aún más grave que esto, el marco tarifario de lo que la ESP puede cobrar el metro cúbico de agua vendida al usuario, está regido por estos índices. Es decir, en caso que los índices demuestren una buena gestión reflejada en el resultado del cálculo del IANC y el IPUF, la tarifa de venta del metro cúbico de agua vendida será más alta, aumentando los dividendos positivos para la ESP.

Pese a tal nivel de relevancia, los equipos administrativos y gerenciales de la ESP no cuentan con las herramientas oportunas para hacer un seguimiento constante de los indicadores. El primer factor que por el modo en como se logra obtener el dato del agua vendida, dato que proviene del proceso de lectura. Por otra parte, no se cuenta con la debida sistematización para el análisis de la información de los macromedidores, que son los dispositivos que miden la cantidad de agua que sale de la PTAP y la cantidad de agua que ingresa a cada uno de los sectores. Se debe esperar a que en concluya cada una de las actividades y se procese la información. Posteriormente, la realización del respectivo informe por parte de un profesional, y solo hasta este momento podrán evaluar los indicadores de gestión corporativa definidos por los entes de control.

Es así como las ESP carecen de las herramientas que le permitan hacer seguimiento constante sus indicadores para tomar las decisiones oportunas de mejora.

Lo particular de esta situación es que las ESP no cuentan con herramientas que les permitan mejorar sustancialmente sus procesos y por tal se han acostumbrado a que lo relatado en este capítulo es el nivel de normalidad con el que deben trabajar. Es aquí donde la implementación del SIG pretende mejorar estos procesos, evidenciando que ya es posible contar con herramienta asequibles que redundan en beneficios y bondades corporativas.

8. Metodología

Para el desarrollo de la propuesta se utilizó el entorno dispuesto por la empresa ESRI con los programas de ArcGIS y ArcGIS On Line. La decisión de la utilización de este software se debió a dos ejes principales: el primero de ellos, se refiere a que esta plataforma ya cuenta con una serie de desarrollos y aplicaciones que permiten la generación práctica tanto de formularios

de captura como la de tableros de control; la segunda, obedece a la robustez de la infraestructura que ofrece la marca en cuanto a capacidad de alojamiento y disposición de canales de comunicación exclusivos. En un corto plazo, estas características representan bondades corporativas dado a que el tiempo de desarrollos de captura y presentación de información son más oportunos y por otra parte, la corporación se desliga de los costos asociados al mantenimiento de infraestructura física. Teniendo en cuenta que es un software comercial, el licenciamiento está dispuesto por la Universidad Antonio Nariño en marco del desempeño académico de la Especialización en Sistemas de Información Geográfica.

Con AGOL, ESRI marca un hito interesante en la historia de los SIG, donde la amigabilidad y usabilidad de las herramientas representan el abrebocas del concepto. Con AGOL, hoy se popularizan dos términos que hasta el momento eran conocidos por muy pocos: democratización y transversabilidad de la información. Es relevante resaltar estos conceptos, ya que son los que fundamentan la implementación del cualquier SIG en cualquier ramo que se quiera implementar, obviamente, también son los pilares de esta propuesta metodológica:

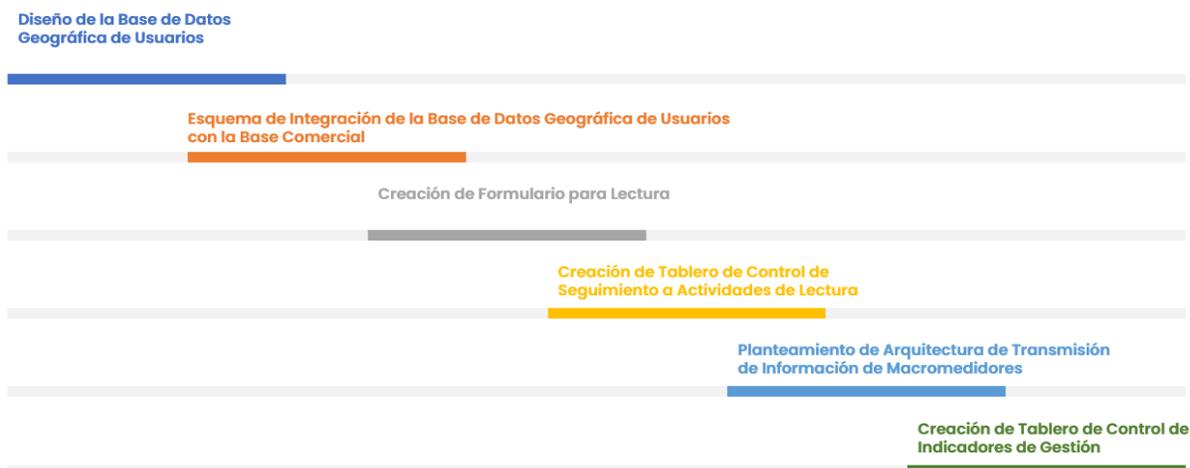
❖ **DEMOCRATIZACIÓN.** La información se debe entender como un bien común, el cual debe estar dispuesto para el uso de las personas que estén en el mismo marco funcional del sistema. Es decir, y como ejemplo, en una ESP, la información de las redes, junto con sus atributos físicos, debe estar a disposición de todos los funcionarios de la empresa, dispuesta con herramientas de consulta de fácil manejo. Matemáticamente esto redundará en mejoramiento corporativo. Hasta hace poco tiempo, dentro de las mismas organizaciones, la interacción con la información resultaba ser privilegio de algunos funcionarios, por lo general, de alto nivel.

❖ **TRANVERSABILIDAD.** Este concepto es el que acompaña y refuerza al concepto de democratización, y es donde más fundamento tiene el uso de AGOL. Básicamente consiste en la fácil disposición de información y herramientas en el marco del sistema. Con AGOL, no es necesario ser un programador experto, para poder integrar herramientas utilizables durante todo el flujo que tiene la información en el sistema y por diferentes usuarios. Por otra parte, la infraestructura física que se requiere para la mayoría de los sistemas es ofrecida íntegramente dentro de AGOL, posibilitando aún más la interacción con la información.

Una vez explicada la decisión de la herramienta que se utilizó, será descrito procedimentalmente cómo un SIG, apoyará una parte de la gestión comercial de una ESP.

Para la consecución de los objetivos, se ha diseñado un esquema metodológico de actividades (Imagen 3), que permite contextualizar el orden en que se ejecutaron las diferentes actividades:

Imagen 3. Esquema metodológico.



Fuente: Autor.

- A) Diseño de la Base de Datos Geográfica de Usuarios: Se delimitaron los parámetros técnicos, tales como campos y dominios con que debe contar la Base de Datos Geográfica de Usuarios.
- B) Esquema de integración de la Base de Datos Geográfica de Usuarios con la Base Comercial. Teniendo en cuenta que son bases de datos distintas, se plantearon las características técnicas a tener en cuenta para lograr una correcta integración de las bases para que la transmisión de la información sea fluida.
- C) Creación de Formulario para lectura. Se utilizó la herramienta Survey 123 de ESRI para crear un formulario de captura de información en campo.
- D) Creación de Tableros de Control de Seguimiento a Actividades de Lectura. Con la herramienta DashBoard de ESRI, se configuró un tablero de control que interactúe con la información capturada en campo para presentar gráficos, estadísticos y datos (puros y/o transformados) que sirvan como herramienta de control a la actividad y soporten la toma decisiones.
- E) Planteamiento de Arquitectura de Transmisión de Información de Macro-medición. Para lograr tener la información de los macro-medidores de acueducto de manera oportuna con su respectiva interacción con la base de datos geográfica de usuarios y la base de datos comercial de usuarios, se planteó el modo en que se debe realizar la debida conexión e interrelación de datos.
- F) Creación de Tablero de Control de Indicadores de Gestión. Con la herramienta DashBoard de ESRI, se configuró un tablero de control que procese en tiempo real tanto al información de los macromedidores de acueducto con los datos de la base de datos

comercial y la base de datos geográfica de usuarios, de tal modo que la presentación de información debidamente procesada en tiempo real, ofrezca al usuario una excelente oportunidad para ser más preciso y oportuno en la toma de decisiones.

9. Resultados

9.1 Diseño de la Base de Datos Geográfica de Usuarios

Se diseñó la Base de Datos Geográfica (GDB) de Usuarios en formato Geodatabase de ESRI. Inicialmente, será una base de una sola cobertura tipo punto Teniendo en cuenta que para el estudio se utilizarán los datos de generación y facturación de una parte del Distrito de Buenaventura, se utilizará el sistema de referencia MAGNA_Colombia_Oeste (WKID: 3115).

El primer campo de la GDB, y el más importante desde cualquier punto de vista que se evalúe, es el campo de Identificador de Usuario. Es la llave primaria de esta cobertura dentro del sistema. De hecho, en un sistema perfectamente estructurado, y con los debidos procedimientos de conectividad, con sólo este dato pudiera construirse la base de datos geográfica de usuarios.. Sin embargo, para hacer más ligeras algunas consultas convencionales que se realizan sobre esta cobertura, se complementa con algunos otros campos(Tabla 1). Este campo puede ser numérico o alfanumérico, eso depende de como se tenga definido este mismo campo en la base de datos comercial de la ESP.

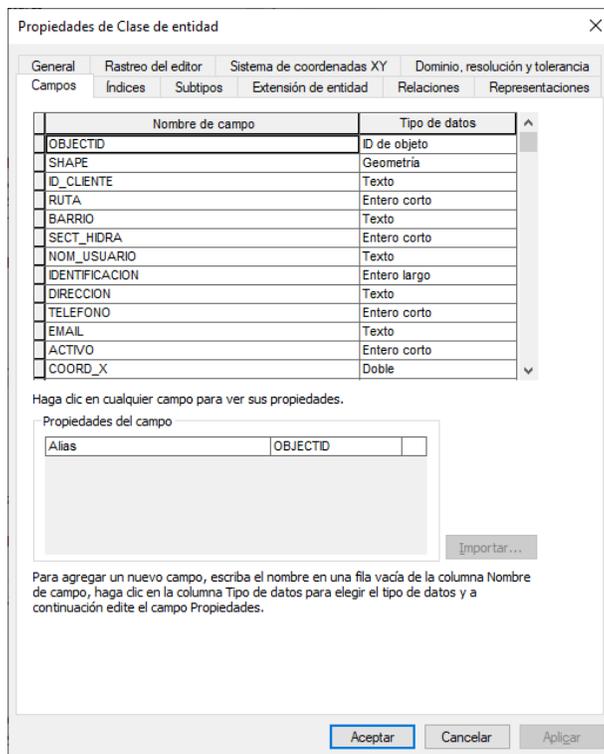
Tabla 1. Campos que componen la cobertura de usuarios.

NOMBRE DEL CAMPO	TIPO	DESCRIPCION
ID_CLIENTE	TEXTO, 20	IDENTIFICACION DEL USUARIO CLIENTE
RUTA	ENTERO CORTO	RUTA COMERCIAL (LECTURA Y/O REPARTO)
BARRIO	TEXTO, 50	BARRIO DONDE SE UBICA EL USUARIO
SECT_HIDRA	ENTERO CORTO	SECTOR HIDRAULICO AL CUAL PERTENECE EL USUARIO
NOM_USUARIO	TEXTO, 100	NOMBRE DEL USUARIO
IDENTIFICACION	ENTERO LARGO	NUMERO DE IDENTIFICACION DEL USUARIO
DIRECCION	TEXTO, 100	DIRECCION DE DONDE ESTA EL USUARIO
TELEFONO	ENTERO CORTO	NUMERO DE CONTACTO DEL USUARIO
EMAIL	TEXTO, 100	CORREO ELECTRONICO DEL USUARIO
ACTIVO	ENTERO CORTO	INDICA SI EL USUARIO ESTA ACTIVO O NO
COORD_X	DOUBLE	COORDENADA X DEL USUARIO
COORD_Y	DOUBLE	COORDENADA Y DEL USUARIO

Fuente: Autor, 2021

El diseño que se realizó en la aplicación ArcCATALOG de ARCGIS. La estructura de la cobertura quedó del siguiente modo:

Figura 1. *GDB de usuarios en ARCCATALOG.*

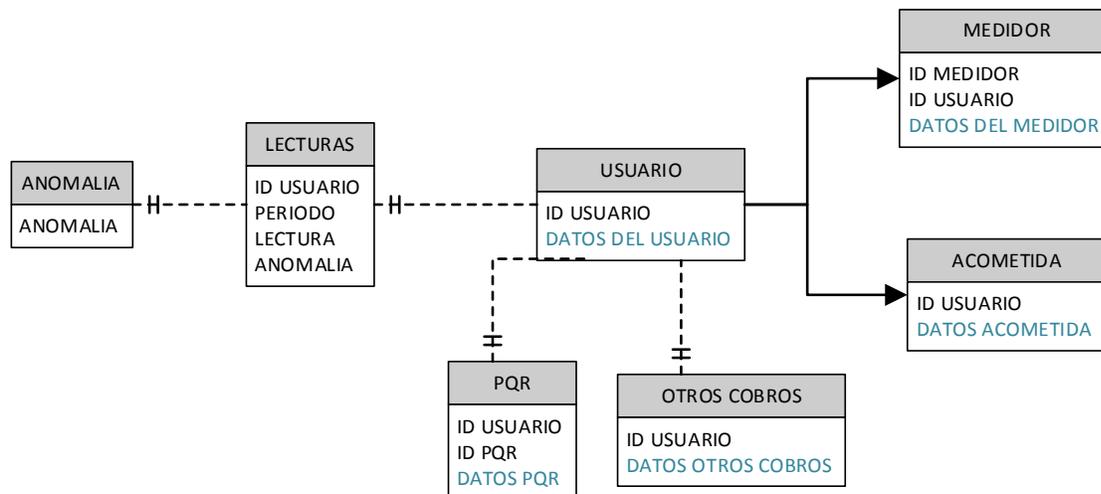


Fuente: Autor, 2021

9.2 Esquema de Integración de la Base de Datos Geográfica de Usuarios con la Base Comercial

Se parte del principio que la ESP cuenta con un sistema comercial debidamente estructurado. El sistema comercial en la parte de usuarios, normalmente cuenta con el siguiente diseño:

Figura 2. Relaciones de usuario en modelo comercial.



Fuente: Autor, 2021

No quiere decir esto que sean las únicas relaciones con las cuales puede contar el usuario en el modelo comercial, puede contar con muchas más. Sin embargo, para la implementación en este documento, con estas son suficientes. Nótese que el usuario tiene un identificador que es ID_USUARIO, el cual es el mismo identificador único que se estableció en el modelo de base de datos. Basado en los principios de conectividad de Bases de Datos, se conectarán estas bases utilizando el campo IU_USUARIO como llave primaria conectora.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la sincronización de estas bases debe contemplar una constante comunicación bidireccional. Para esto se debe programar una conexión mediante un proceso de Extracción Transformación y Carga (ETL, Extract, Transform, Load). Este proceso debe ser realizado por un programador experto en bases de datos, ya que su correcto funcionamiento, depende que el éxito de la gestión del SIG dentro del esquema comercial.

En este punto, el proceso comercial ya cuenta con el apoyo del SIG para su gestión, lo que antes veía como densas listas de información, ya puede ser visualizado con soluciones cartográficas interactivas que permiten una mejor experiencia al interactuar con la información.

Las operaciones convencionales geográficas se encuentran a disposición para las actividades comerciales, conteos de elementos, áreas de incidencia de eventos, verificación geográficas de sectores y agrupaciones de usuarios, calculadoras geográficas, en fin, todo el catálogo de operaciones geográficas que usualmente se hacen sobre coberturas de este tipo.

Ahora bien, un diseño más complejo de la GDB, e incorporando la información de redes con un correcto diseño de conectividad y parámetros de calidad, brinda la posibilidad de utilizar herramientas de apoyo de ESRI como Utility Network, la cual permite hacer cálculos operativos sobre los usuarios, como por ejemplo identificar los usuarios que se vean afectados por un cierre

determinado, o calcular la cantidad de agua drenada para disminución de caudal mínimo para reparación de daños, o funciones optimizadas sobre la GDB como informarle oportunamente a los usuarios los cortes de agua programados o imprevistos para disminuir números de reclamos a las diferentes líneas de atención que tenga la dispuesta la ESP, mejorando considerablemente los indicadores comerciales, en fin una serie de soluciones y apoyos a la actividad que sólo los limitan la capacidad de ingenio del grupo SIG con que cuente la organización. Depende de la organización tomar la implementación de un SIG.

9.3 Creacion de Formulario para Lectura

Desde la perspectiva del conocimiento de causa, apoyar la actividad de lectura de medidores en campo (micromedición), con las funcionalidades de un SIG, resulta ser el producto más atractivo referido en el presente documento. Aunque el proceso comercial se ilustra como una actividad circular, es la lectura de los medidores de los usuarios donde inicia el ciclo. Es el argumento más sólido de los debates entre comerciales y operativos, dado que con esta actividad es donde nace el ingreso económico a la ESP. En el ejercicio de la implementación del SIG, se identifican dos factores esenciales del proceso, que logran ser optimizados: la oportunidad de la información y control sobre la actividad de campo.

Las ESP que cuentan con cierto grado de sistematización, llegan a contar con dispositivos de lectura tipo TPL² con los cuales se realiza la actividad. Sin embargo, la relación que se genera con estos dispositivos resulta desfavorable para la organización. El esquema de lectura se somete completamente a las características y limitaciones que el tanto el equipo como el software presentan. Usualmente, los desarrollos con que se apoyan los equipos son soluciones planas que se limitan únicamente a hacer la lectura. Es tal el nivel de dependencia, que cuando la organización hace el análisis de la migración a otros equipos, generalmente resulta ser un proyecto no viable dado que las posibilidades del mercado ofrecen solo un cambio de marca, pero no existe una mejora sustancial en las limitaciones. Por esta razón, las ESP se acostumbraron a ejecutar la actividad de micromedición con las condiciones convencionales como se ha descrito.

Ahora bien, cuando el esquema de micromedición se soporta en un SIG, las posibilidades de mejora del proceso son numerosas, sin embargo, se destacarán algunas, las cuales serán demostradas con la implementación del formulario.

❖ **CONECTIVIDAD.** El diseño de las soluciones de base en tecnología WEB. La comunicación física entre equipos desaparece completamente. Se generan relaciones bidireccionales en las cuales se envía a una estación móvil de trabajo las rutas de lectura. En tiempo real, se retroalimenta el producto, logrando oportunidad de la información y seguimiento y control sobre la actividad.

❖ **EQUIPOS.** El esquema se desarrolla de modo cliente-servidor. Es decir, se le quita relevancia al dispositivo de captura dado que los procesos robustos son centralizados y ejecutados en un servidor. El sistema ofrece la posibilidad a la organización de realizar la actividad con cualquier equipo móvil que tenga un sistema operativo y conectividad a internet. La esencia de la

² Referidos anteriormente en el presente documento.

Fuente: Autor, 2021

Con esta aplicación descargada en el celular, se podrá acceder a cualquier formulario que se desarrolle sobre Survey123. Para la optima funcionalidad de la aplicación, se recomienda dar permisos para interactuar con el GPS, cámara y micrófono.

Para el ejercicio práctico, se podrá acceder a la aplicación en la opción que dice “Continuar sin iniciar sesión”(Imagen 5).

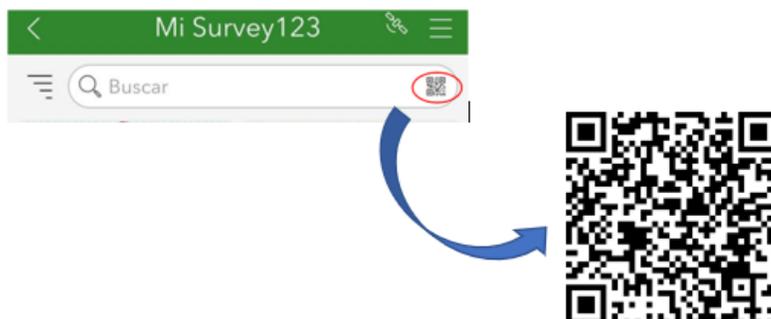
Imagen 5. Aplicación Survey123. Inicio de sesión.



Fuente: Autor, 2021

Una vez dentro de la aplicación, se debe ubicar en la parte superior la barra de búsqueda. Al costado derecho de esta barra se encontrará un ícono con los logos de QR, que se debe oprimir y permitirle a la aplicación acceder a la cámara. Apuntando al código QR que se muestra a continuación:

Imagen 6. Acceso al formulario desde dispositivo móvil.



Fuente: Autor, 2021

Sin embargo, para temas prácticos, la encuesta puede también abrirse desde el siguiente link:

<https://survey123.arcgis.com/share/050f003f19874ab58f3e0e987ff9d4fa>

Se realizará una descripción detallada del formulario, tomando como referencia las imágenes del mismo. Sin embargo, si es posible es mejor interactuar directamente con la herramienta y experimentar de manera práctica lo que se está describiendo.

Imagen 7. Descripción de formulario. Parte 1

<p>FECHA Y HORA DE LA LECTURA Registre la fecha y hora en que se realizó la lectura del micromedidor.</p>	1
<p>UBICACION DEL USUARIO*</p> 	2
<p>CODIGO CLIENTE* Usualmente, este parametro está dado por la ruta de lectura. Para efectos del ejercicio se dejó abierto.</p> <input type="text"/>	3
<p>NOMBRES</p> <input type="text"/> <p>DIRECCION</p> <input type="text"/> <p>ESTRATO</p> <input type="text"/>	4
<p>USO* Seleccione el tipo de uso del predio. Ejemplo actividades entre como Catastro Multiproposito.</p> <p> <input type="radio"/> Residencial <input type="radio"/> Comercial <input type="radio"/> Industrial <input type="radio"/> Oficial </p>	5

Fuente: Autor, 2021

1. **HORA Y FECHA DE LA LECTURA.** En este campo se registra de manera automática la hora y fecha de la lectura. El funcionario no cuenta con la capacidad de modificar este dato, lo cual resulta conveniente para hacer seguimiento del correcto desarrollo de la actividad en campo.
2. **UBICACIÓN DE USUARIO.** Este es el mapa de referencia geográfica para la ubicación del usuario. El mapa interactúa con el GPS del dispositivo, permitiendo mejorar la ubicación de manera manual, lo cual se puede hacer oprimiendo sobre el mapa y ubicando la banderilla azul en el sitio donde se desea que se registre la posición. Teniendo en cuenta que es una herramienta cartográfica se cuenta en el mapa con el loteo de la ruta que se debe visitar por la asignación. De igual manera, a medida que se ingrese información en el formulario, aparecerá reflejada de manera inmediata en el mapa. En el momento de abrir la aplicación en un dispositivo móvil, el mapa se ubicará en el sitio donde se encuentre el dispositivo, para lograr interactuar con la información particular del mapa diseñada para la actividad, el usuario debe hacer Zoom Out hasta que logre una escala adecuada que le permita ubicar el área de estudio.
3. **CODIGO CLIENTE.** Se refiere al dato de identificación única del cliente o usuarios del sistema de acueducto. Es la llave primaria de las bases de datos que interactúan en el sistema. Es una lista desplegable de auto-llenado, de tal manera que el usuario pueda seleccionar una opción de la lista a medida que vaya digitando el código.
4. **NOMBRES, DIRECCION Y ESTRATO.** Es aquí donde se evidencia que el formulario está sincronizando su información con la base de datos comercial de la ESP. Con el código de cliente, el formulario cargará automáticamente los datos de NOMBRES, DIRECCIÓN Y ESTRATO que corresponden a esta cuenta, sin que tenga la posibilidad de modificarlos.
5. **USO.** Uno de los parámetros de relevantes de la base comercial de usuarios, es el tipo de uso del predio. Generalmente este dato se actualiza mediante jornadas masivas de visitas de campo para actualización, o métodos directos de captura de información que resultan no ser tan prácticos para las ESP, como si lo es para el formulario. En caso que se requiera actualizar la información, el administrador del sistema podrá programar el formulario de manera práctica para que el funcionario, cuando esté en campo, verifique la información, sin generar mayor desgaste dentro de la actividad de lectura. Del mismo modo, el formulario puede adaptarse para que, en marco de la actividad de lectura de campo, se capturen otros datos del entorno. Desde otra perspectiva, se puede lograr atender los requerimientos de captura de campo de los catastros multipropósitos.

Imagen 8. Descripción de formulario. Parte 2



SE REALIZA LECTURA?

SI NO

6

Fuente: Autor, 2021

6. **SE REALIZA LECTURA?**. Es una pregunta condicional, es decir, dependiendo de la respuesta continua el formulario. Nótese entonces que el formulario no es un formulario plano. Es un formulario que de acuerdo a las respuesta se va modificando de tal modo se apoya al funcionario en hacer más precisas sus respuestas.

Imagen 9. Descripción de formulario. Parte 3

The image shows a screenshot of a web form with three distinct sections, each enclosed in a red rectangular box and labeled with a red number on the right side:

- Section 7:** Titled "MOTIVO NO LECTURA*" with a red asterisk. Below the title is the instruction "Indique el motivo por el cual no se realizó la lectura. Respuestas indexadas". There is a white dropdown menu with a downward arrow.
- Section 8:** Titled "SOPORTE NOVEDAD". Below the title is the instruction "Registre con una fotografía el motivo de la no lectura". It features a dashed blue rectangular box containing the text "Seleccionar el archivo image" and a small camera icon to its right.
- Section 9:** A solid blue rectangular button with the white text "REGISTRAR LECTURA".

Fuente: Autor, 2021

7. **MOTIVO NO LECTURA.** En caso que no se pueda realizar la lectura, usualmente las ESP cuentan con una serie de novedades parametrizadas las cuales conoce el funcionario. El formulario le permite ingresar la novedad bien sea por código o por palabra clave, dado que el listado de posibles respuestas, están parametrizadas.

8. **SOPORTE NOVEDAD.** Usualmente, cuando existen novedades, las ESP deben recurrir a un nuevo recurso para que con las herramientas adecuadas (cámaras fotográficas) valide el motivo de no lectura. En este formulario, las NO Lecturas contemplan la posibilidad que el funcionario soporte mediante evidencia física, la novedad. De esta manera, ya se esta optimizando el recurso y se está evitando casi que todo un proceso dentro de la organización, teniendo en cuenta los costos que esto implica. Además, debe tenerse en cuenta el costo de oportunidad que se genera, debido a que se tiene la evidencia física para atender una posible reclamación por parte del usuario y/o anexar a la factura la evidencia con el fin de minimizar al máximo la posibilidad de reclamo.

9. **REGISTRAR LECTURA.** Se envía la factura de inmediato a la base de datos del SIG para la oportuna gestión de la información en la oficina.

Imagen 10. Descripción de formulario. Parte 4

The image shows a digital form with four distinct sections, each enclosed in a red border and numbered in red text on the right side. Section 10, titled 'LECTURA ANTERIOR', features a dropdown menu with the value '5048'. Section 11, titled 'LECTURA*', includes the instruction 'Registre la lectura del medidor' and a text input field containing '6123'. Section 12, titled 'CHEQUEO*', includes the instruction 'Ingrese nuevamente el valor de la lectura' and a text input field containing '6123'. Section 13, titled 'FACTURA', includes the instruction 'Este es el valor de la factura del periodo' and a text input field containing '136160'. Section 14 is a blue button with the text 'REGISTRAR LECTURA'.

Fuente: Autor, 2021

10. LECTURA ANTERIOR. Este es un dato que no debería aparecer en el proceso de lectura normal, dado que podría sesgar el dato y/o afectar negativamente el trabajo del funcionario. Sin embargo, para el ejemplo práctico quedó registrado para que el lector se haga una idea de cuanto debería registrar en el caso de la lectura actual.

11. LECTURA. Todo el preámbulo del formulario para la captura de este dato. Es el dato principal de la actividad. Se refiere al registro de información que reporta el medidor de usuario cliente. Para el formulario esta parametrizado que el dato debe ser entre 1000 y 9999 y esto con fines netamente académico para mejorar la experiencia del lector en cuanto se le ocurra diligenciar información fuera de este rango. Por otra parte, el formulario realiza un análisis de los consumos anteriores para definir los parámetros de mínimo y máximo consumo esperado, el cual está definido por 3 desviaciones estándar de acuerdo al histórico. Es un dato particular para cada lectura y en caso que la dato registrado está por fuera de este rango, el formulario le solicitará que registre nuevamente el dato con el fin de validarlo. Este es el modo que utilizan los entes de control para regular las variaciones de consumo del usuario. Sin embargo, dado que el formulario está conectado con una Base de Datos Geográfica integrada a un SIG, es posible hacer un análisis más amplio de los consumos, teniendo en cuenta los mismo periodos de años anteriores, con el fin de validar si la variación es constante desde esta perspectiva. De este modo, la organización minimizaría el recurso de “crítica de campo” optimizando sus recursos.

12. CHEQUEO. Cuando la lectura está por fuera de los parámetros esperados por el sistema, el formulario le solicita al funcionario que diligencie nuevamente el dato, con el fin de minimizar errores humanos por digitación. El dato de CHEQUEO debe ser idéntico al dato de

LECTURA para que el formulario permita avanzar, de lo contrario, solicitara al funcionario que revise los datos registrados y los reitere correctamente.

13. FACTURA. El formulario realiza los cálculos de acuerdo a los datos incorporador y genera el valor de la factura a pagar por el usuario. La relevancia de este dato es soportar la idea que durante el proceso de lectura, se puede generar inmediatamente la factura. Esto podría considerarse como el ahorro más grande para la ESP, dado que el los procesos de lectura y reparto, los integra en un ismo proceso. El lector podrá estimar el costo que implique para una organización, simplificar todo un proceso, de acuerdo a su magnitud.

14. REGISTRAR LECTURA. Se envía la factura de inmediato a la base de datos del SIG para la oportuna gestión de la información en la oficina.

De esta manera se espera haber plantado al lector una semilla respecto a la potencialidad que tiene la implementación de este formulario en las actividades de lectura de campo de micromedición. Las posibilidades de programación son infinitas, y proponen siempre mejoras y optimización de los procesos.

Para finalizar, hay una serie de aspectos que se deben resaltar del formulario:

- ❖ Cuenta con la posibilidad de funcionar sin conexión a la red. En este escenario, la información queda almacenada en el dispositivo hasta que nuevamente tenga accesos a la red y sincronice la información.
- ❖ El formulario puede configurarse para que se controle el acceso mediante la implementación de usuario y contraseña.
- ❖ Los datos que se capturen en el formulario cuentan con la posibilidad de realizar la infinidad de cálculos matemáticos sobre los mismos, sin que se fatigue el sistema.
- ❖ El aplicativo cuenta con la posibilidad de integrarse con dispositivos adicionales para atender tareas: impresoras, GPS, lectores laser, etc.
- ❖ El formulario puede integrarse con otros tipos de registros tales como, registrar audios y/o videos, integrar archivos, registrar firmas, registrar esquemas a mano alzada, leer códigos de barras, capturar geometrías como líneas y polígonos, notificar reportes vía email y/o SMS, entre otros.

Para ampliar la explicación de utilización del formulario, puede consultar el siguiente video: <https://youtu.be/ghl3ocWAEE>.



9.4 Creacion de Tablero de Control de Seguimiento a Actividades de Lectura

Una vez claro como es el modo de la captura de la información, se analizará la oportuna disposición de la información, la posibilidad de hacer gestión inmediata sobre la misma. Para este ejercicio utilizaré la herramienta DASHBOARD de ESRI, dado la robustes que ofrece la

multinacional para el manejo de la información. Además, que es una herramienta sin competencia para la presentación y análisis de información geográfica.

Toda la información que se registra por medio de los formularios de campo, puede ser analizada, procesada y dispuesta en esta herramienta, ofreciendo a los funcionarios que la consulten, la posibilidad de interactuar oportunamente con la información. La herramienta puede ser programada por el equipo SIG de la organización, de tal modo que se atiendan las expectativas de los funcionarios.

El tablero de control diseñado para la gestión de la información reportada por los funcionarios que realizan la lectura en campo, puede consultarse en el siguiente acceso público. Se recomienda consultarlo desde dispositivos de gran formato (laptop, desktop. Tablets, Smart tv, etc) para poder interactuar de la mejor manera con las herramientas programadas en el tablero. <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/68e0523b5ec043778c1604714e7d7927>



Téngase en cuenta que los valores dados en el tablero, aunque reflejan los datos de los formularios, pueden no reflejar la realidad del área de estudio, dado que es un ejercicio académico.

Imagen 11. Descripción de formulario. Parte 4



Fuente: Autor, 2021

1. Es un mapa interactivo que permite tener percepción geográfica de la información a gestionar. El mapa muestra de color rojo los usuarios a los cuales no se les pudo hacer lectura y de color verde a los que si. Tiene referencia cartográfica del loteo del área de estudio. Tiene

herramientas de navegación como desplazamiento dentro del mapa, acercar, alejar y rotar. Cuenta con en la parte superior derecha cuenta con herramientas que permiten prender y/o apagar coberturas, cambiar el mapa base y/o consultar la leyenda. En la parte superior izquierda cuenta con una herramienta de selección que permite hacer interacción con los datos, y graficas del resto del tablero.

2. El selector de efectividad, permite filtrar las coberturas y la información general del tablero, respecto a las lecturas que fueron efectivas y las que no.
3. El selector de uso filtra toda la información del tablero teniendo en cuenta el o los usos seleccionados.
4. El selector de estrato realiza filtros en todo el tablero, teniendo en cuenta el estrato registrado en el formulario para cada usuario registrado.
5. El selector de rango de costos, filtra y/o agrupa la información de del tablero dependiendo el rango de valores de factura que se seleccione.
6. El conteo de lecturas le permite al lector saber la actividad de encuestas producto de los filtros aplicados al en el tablero, en caso de no tener filtros aplicados, el contador presentará la totalidad de las lecturas hechas. Indica también el total de encuestas proyectadas en la ruta, con el fin de brindar un dato de avance de la actividad.
7. Muestra el valor de la facturación registrada por la actividad de lectura. El valor se filtra de acuerdo a las consultas hechas en el tablero. En este punto es relevante resaltar la oportunidad que tiene el lector de conocer esta información d manera tan oportuna, dado que usualmente es un dato que en la ESP no se obtiene de manera rápida.
8. Muestra la proporción de encuestas efectivas y no efectivas realizadas en el proceso de lectura.
9. Indica la proporción de cuentas por estrato, teniendo en cuenta la información que se encuentra registrada en la base de datos.
10. Indica la participación de los datos de lectura respecto al uso que se haya registrado en el formulario.

Cabe recordar que el tablero de control es una herramienta web interactiva que cuenta con una serie de funciones que se activan al realizar consultas sobre la información.

Para ilustrar un poco mas el uso del tablero, puede consultar el siguiente video:
<https://youtu.be/-yKE5iKthmE>.



9.5 Planteamiento de Arquitectura de Transmision de Informacion de Macromedidores

Los vértices en los cuales coinciden las actividades Operativas y las actividades Comerciales en las Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios, son múltiples. Uno de los más frecuentes se refiere a la medición de la cantidad de agua que para por un punto determinados. Como se explicó en la definición de Transmisión, un sector hidráulico debe tener una regulación de presión y un control medido de la cantidad de agua que ingrese al sector. El equipo que se encarga de medir el volumen del agua que ingresa al sector se llama un MACROMEDIDOR. Existen diversos modos de medir el agua que pasan por el medidor, lo cual define el tipo del medidor: volumétrico, electromagnético, velocidad, entre otros. Sin importar el modo, todos concluyen en medir la cantidad de agua que pasa por punto donde se encuentren ubicados, en metros cúbicos. Obviamente, estos dispositivos tienen que estar conectados a la red, bien sea de manera directa o mediante sensores que registran la información y la entregan al dispositivo que se encuentra muy cercano.

Hasta hace poco tiempo, para obtener la información registrada por estos dispositivos, se debía contar con una comisión específica de campo, que de manera periódica fueran la sitio donde se encontraba el Macromedidor y extrajeran la información, bien sea conectando un computador portátil por un puerto físico o extrayendo una unidad de almacenamiento la cual era sustituida inmediatamente. La información se llevaba hasta una oficina donde se procesaba y se disponía para la correspondiente gestión. Esta operación obligaba a las ESP a adaptarse a los periodos de información, y configurar toda la operación de la empresa a la disposición de estos tiempos.

Hoy en día, con la información actual, se puede contar con la información de los macromedidores en tiempo real. El método más sencillo resulta instalando los macromedidores que cuenten con la tecnología que permita transmitir sus datos en tiempo real, sin embargo, esto configura una gran inversión por parte de las ESP, lo cual se configura en un obstáculo para lograr contar con la información. Una segunda alternativa es incorporar a los equipos de macromedición, módulos de telemetría que registren oportunamente la información de volumen en tiempo real.

El siguiente tema a abordar es el tratamiento que se le debe hacer a la información una vez se cuente con ella en tiempo real. Dado que la estructura funcional de las ESP depende de contar con esta información de manera periódica, el nuevo contexto de contar con la información en tiempo real presenta un nuevo reto corporativo, proponiendo una mejora en la operación dada la oportunidad de al información. Pero la información aislada carece de valor, es necesario proporcionar les herramienta necesarias para poder presentar la información de tal modo que se evidencie el uso funcional de la herramienta de gestión. Aquí es cuando aparece en escena la información geográfica, una GDB resulta ser una excelente alternativa para gestionar la información.

Aunque esta información es insumo para muchas actividades de la ESP, se detallará la oportunidad de la información en el proceso seguimiento de indicadores de calidad corporativos de regulación externa. El procesamiento de la información combinada con la información geográfica de consumos de los usuarios es una de las funcionalidades que puede ofrecer el correcto diseño de SIG de actividades comerciales de la ESP. Pese a que no es una tarea fácil,

depende de las virtudes del equipo SIG poder lograr esta integración y disponer oportunamente la información para soportar la toma de decisiones.

Así, las ESP cuentan con una herramienta que les permite tomar decisiones de manera oportuna, y no esperar largos periodos de tiempo para tener la información: desde el punto de vista económico, se minimiza la posibilidad que la ESP sea sancionada por las entidades de control, además del costo que tiene el poder corregir de manera más oportuna las posible fallas que se evidencian en el sistema. En el siguiente capítulo se detallará el producto de la integración de la información de los macromedidores combinada con la información de la micromedición.

9.6 Creacion de Tablero de Control de Indicadores de Gestion

En este punto, se cuenta con la información necesaria para generar un tablero de reportes en tiempo real: por una parte, se cuenta con la información de la micromedición, por otra, se cuenta con la información de Macromedición. La información concluye en una base de datos geográfica para su respectiva gestión(

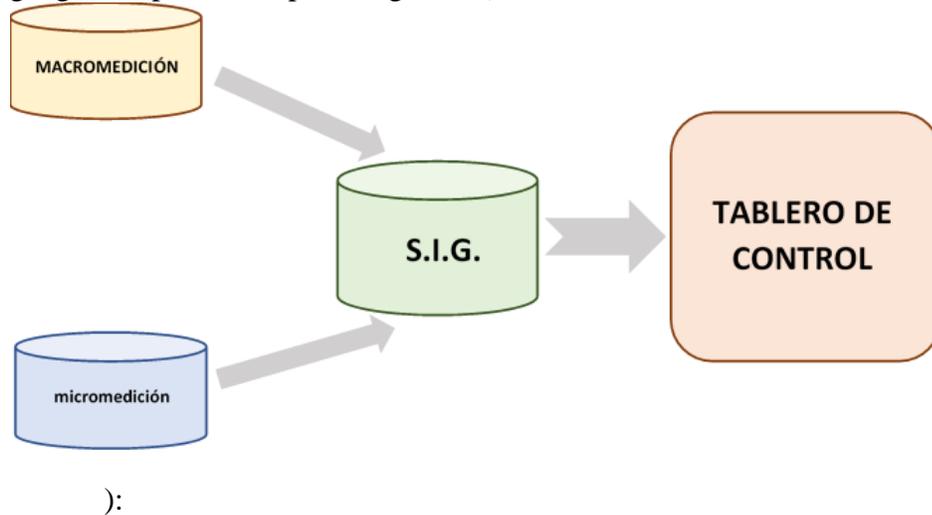
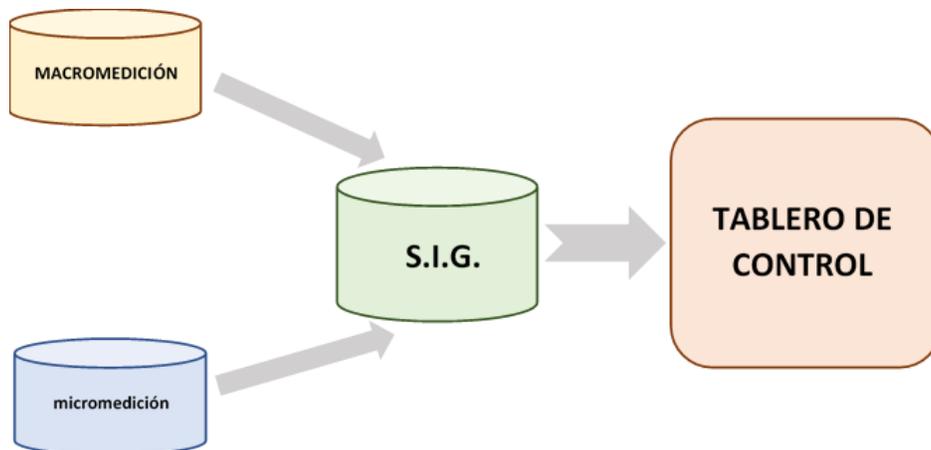


Imagen 12. Esquema funcional para tablero de control.

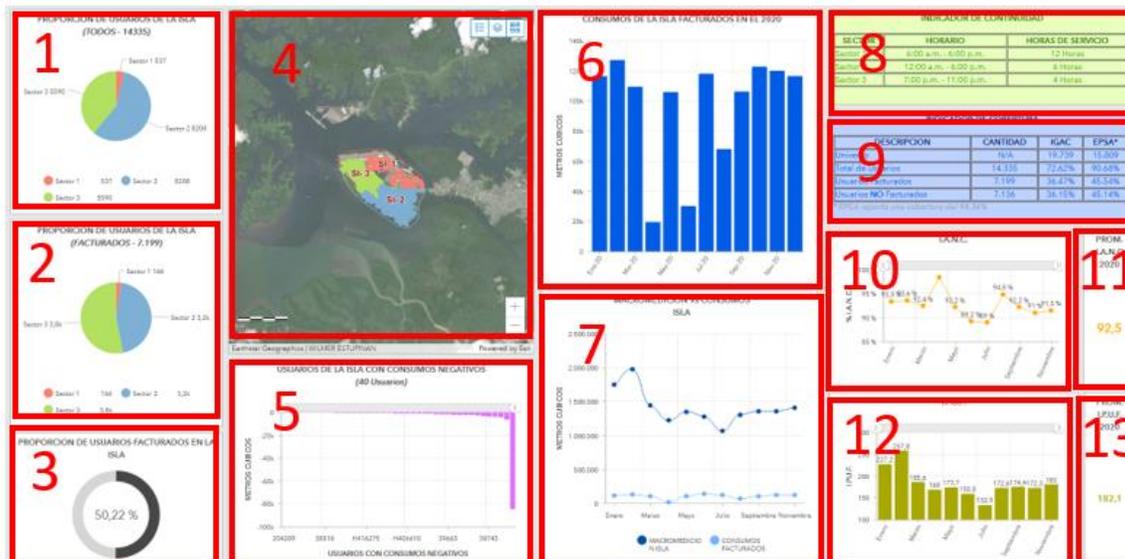


Fuente: Autor, 2021

El tablero de control se realiza sobre la plataforma DASHBOARD de AGOL, dada la funcionalidad y versatilidad que ofrece esta plataforma, apoyados en el soporte estructural que se cuenta al utilizar las herramientas web de ESRI. En el tablero de control puede evidenciarse información relevante de la operación, procesada y presentada para una interpretación inmediata por el lector. (Ver imagen 14)

El tablero cuenta con tres cajas de información, las cuales se enumeran a continuación para su posterior ilustración.:-

Imagen 13. Tablero de control.



Fuente: Autor, 2021

1. **PROPORCIÓN DE USUARIOS DE LA ISLA (TODOS – 14.335).** Indica la proporción de usuarios de los sectores analizados, teniendo en cuenta el sector en donde se ubiquen los usuarios.

2. **PROPORCIÓN DE USUARIOS DE LA ISLA (FACTURADOS – 7.199).** Representa la proporción de usuarios que están facturando actualmente, es decir, que se encuentran activos en la base de datos comercial.

3. **PROPORCIÓN DE USUARIOS ACTIVOS.** Indica la proporción de usuarios activos teniendo en cuenta la totalidad de usuarios registrados.

4. MAPA. Representa la espacialización de las consultas hechas por los diferentes módulos del tablero. El color de representación de los usuarios es de acuerdo al sector hidráulico en donde se encuentren ubicados, lo cual es consistente con los colores de las gráficas 1 y 2, teniendo en cuenta que la información de estas graficas corresponde también a sectores hidráulicos.

5. USUARIOS CON CONSUMOS NEGATIVOS. Se identifica una anomalía en el proceso de micromedición (lectura de los medidores de los usuarios). Se registran lecturas negativas, es decir, que el dato que registra el micromedidor en el momento de la lectura, es un dato inferior al registrado en el periodo inmediatamente anterior.

6. CONSUMOS FACTURADOS EN EL 2020. Representa la cantidad de metros cúbicos que se facturaron durante el año 2020, de acuerdo a los datos proporcionados la por la base de micromedición.

7. MACROMEDICIÓN Vs CONSUMOS. Se relaciona la cantidad de metros cúbicos producidos e ingresados a los sectores de estudio y los compara directamente con la cantidad de agua que se facturó (agua vendida) en los sectores. Un estado ideal es que estas cantidades sean muy cercanas. En este caso, la diferencia de las cantidades es alarmante, indicando que hay una gran cantidad de agua que se por alguna circunstancia, no se está facturando.

8. INDICADOR DE CONTINUIDAD. Indica los horarios de continuidad de servicio por cada uno de los sectores. En pocas ciudades del país se goza de una continuidad de servicio de las 24 horas del día, los 7 día de la semana. Aquí una evidencia.

9. INDICADOR DE COBERTURA. Evalúa los índices de cobertura que tiene la ESP comparando con los datos prediales del IGAC y con los registros de la ESP de energía.

10. I.A.N.C. Índice de Agua No Contabilizada. El primero de los indicadores requeridos por los entes de control. Refleja la proporción de agua que no se esta facturando, respecto a la cantidad de agua producida.

11. PROM I.A.N.C. Promedio del Índice de Agua No Contabilizada para el periodo consultado.

12. I.P.U.F. Índice de Perdidas por Usuarios Facturado. Es el segundo de los indicadores de control para las ESP. De acuerdo al agua que no se contabiliza, se procede a estimar cuanto es la afectación por cada uno de los usuarios que están vinculados al sistema comercial de la ESP.

13. PROM. I.P.U.F. Promedia el Índice de Perdidas por Usuario Facturado en el periodo consultados.

De este modo es que se presenta ala ESP una excelente alternativa de disposición de información en tiempo real respecto a los indicadores que la rigen. Algunos lectores cuestionarán el desarrollo aritmético de los indicadores. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el ejercicio aritmético esta siendo programado en una Base de Datos, y que sea cual sea la conformación de la formula que se desee aplicar, lo realmente importante es contar con la información necesaria y

de manera oportuna. El resto, resulta ser arandelas mínimas para el sistema. El tablero de control está dispuesto en el siguiente vínculo:

<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/4fffa42363f54cedae9a78645fcca941>



Dado que el tablero es una herramienta interactiva, en el siguiente video se explicará el funcionamiento del tablero.

Para ampliar el uso del tablero y sus funcionalidades, puede consultar el siguiente video:
<https://youtu.be/F9GK5jWSdDo>



10. Conclusiones

- La creación de una base de datos geográfica para alojar y gestionar la información comercial de lectura y balance hídrico, provee a la ESP un gestor de información debidamente estructurado, que, apoyado con un proceso continuo y oportuno de actualización, se configura en uno de los ejes principales para apoyar y soportar la toma de decisiones.
- El uso de herramientas como Survey 123, proporciona a la actividad de lectura de consumo en campo, una oportunidad invaluable para mejorar los niveles de control de la actividad y precisión del dato:
 - El proceso de lectura, soportado con tecnología GPS, brindará a la ESP la oportunidad mejorar el control de la actividad realizada por los lectores en campo.
 - La configuración de formularios inteligentes para la actividad de campo, minimiza la probabilidad de error en el desarrollo de la actividad, y optimiza proceso dentro de la organización aprovechando al máximo la visita del lector al predio, abriendo la posibilidad de capturar información extra a la lectura del medidor.
 - El seguimiento de la actividad en tiempo real por medio de tableros de control, se convierte en la mejor herramienta con que puede contar la organización para la toma de decisiones.
- Hasta la fecha, en las ESP se consideraba que contar con información concerniente a las actividades comerciales en tiempo real, sería muy complejo. Sin embargo, se ha demostrado que, con la correcta estructuración del flujo de la información, acompañada de un correcto desarrollo e implementación de un Sistema de Información Geográfica, la organización podrá contar con herramientas de reporte de información de manera precisa y oportuna, de tal manera que la toma de decisiones tendrá los suficientes argumentos

tangibles para adoptar directrices con un alto nivel de efectividad claramente evidenciables.

11. Recomendaciones

El diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica, resulta ser una herramienta de gran utilidad para la gestión en cualquier organización. Sin embargo, el éxito depende de la idoneidad del equipo profesional que ejecute el proyecto. Debe garantizarse que el equipo cuente con la experiencia necesaria y conocimientos adecuados de tal modo que se cumplan con las expectativas.

De manera simultánea, las organizaciones deben categorizar a la información como uno de sus principales recursos, y velar por su respectivo tratamiento, mantenimiento y actualización. En este caso puntual, las organizaciones deben contar con los recursos necesarios (físicos y humanos) que les permitan contar oportunamente con la información para su correspondiente gestión. Es por eso que se debe contar con el apoyo de los especialistas SIG en los diseños de estructuras corporativas.

En cuanto al software a utilizar, es decisión de la organización la herramienta a utilizar. Existen diferentes alternativas de soluciones, las cuales pueden ser elevadas; sin embargo, es necesario resaltar que el hecho de implementar software libre, no necesariamente disminuye los costos a mediano y largo plazo: la inversión de curva de aprendizaje y mantenimiento debe ser evaluada en el momento de la toma de la decisión.

12. Anexos

TITULO	PÁGINA	URL	QR
Acceso al formulario desde dispositivo móvil.	24	https://survey123.arcgis.com/share/050f003f19874ab58f3e0e987ff9d4fa	
Explicación de uso del formulario digital para lectura de medidores de acueducto	28	https://youtu.be/ghl3ocWAAEE .	
Tablero de control	29	https://www.arcgis.com/apps/dashboards/68e0523b5ec043778c1604714e7d7927	
Explicación del uso del tablero para seguimiento de actividades de lectura de medidores de acueducto	30	https://youtu.be/-yKE5iKthmE .	
Tablero de control	34	https://www.arcgis.com/apps/dashboards/4fffa42363f54cedae9a78645fcca941	
Explicación del uso del tablero y sus funcionalidades de seguioimiento permanente de Macromedición Vs. micromedición.	35	https://youtu.be/F9GK5jWSdDo	

13. Referencias Bibliográficas

- Acueducto agua y alcantarillado de Bogotá. (2006). *PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (Documento Técnico Soporte)* (p. 17).
<https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/empresa/DocumentotecnicoDTS.pdf>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2014).
Resolucion_CRA_688_de_2014.
https://cra.gov.co/documents/Resolucion_CRA_688_de_2014_Firmada.pdf
- Dávila Martínez, F. J., & camacho arranz, E. (2012). *Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de Archivos y Cartotecas*. [Instituto Geográfico Nacional].
<https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CTC-Ibercarto-V-Georreferenciacion.pdf#:~:text=La georreferenciación o rectificación es,origen y el sistema destino.>
- Lopez Sanchez, J. (n.d.). *Sistema Operativo. Software de Aplicación*.
<https://proyectocirculos.files.wordpress.com/2013/11/software.pdf>
- Matias Camargo, S. R. (2013). La Teoría del Servicio Público y las Telecomunicaciones.
Diálogos de Saberes, 38, 43–62. <https://doi.org/10.18041/0124-0021/dialogos.38.2013.1828>
- Miguel, R. (2020). *Los beneficios de implementar una solución GIS en mi empresa*.
<https://www.northalpha.com/blog/gis/los-beneficios-de-implementar-una-solucion-gis-en-mi-empresa/>
- Molina Huaquisto, N. R. (n.d.). *El Hardware. Evolución y Características* [Universidad Nacional Del Nordeste]. <http://ing.unne.edu.ar/pub/informatica/U2.pdf>
- Niño Florez, Y. C., Rodriguez Monroy, L. P., & Unibio Salcedo, L. (2018). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN COMERCIAL EN LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS EMPODUITAMA S.A. E.S.P.*
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2533/1/TGT-1117.pdf>
- Ratings, F. (2020). *Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. (EAAB)*.
https://www.acueducto.com.co/wps/wcm/connect/EAB2/4a3ac022-dee2-4074-a354-afb0c50a43c4/Informe+Febrero+2020.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18_K862HG82NOTF70QEKDBLFL3000-4a3ac022-dee2-4074-a354-afb0c50a43c4-n6v8Hal
- Salazar, G. (2021). *Compilación Jurídica de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios*.
https://normograma.info/ssppdd/docs/pdf/concepto_superservicios_0000386_2004.pdf
- Sarría, F. (n.d.). *Sistemas de Información Geográfica*.
<https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Sarria, F. A. (n.d.). *Sistemas de Información Geográfica*.

<https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

Ufoegbune, G., Atanley, P., Eruola, A., Makinde, A., & Ojekunle, Z. (2017). Geographical information system (GIS) application for planning and improvement of public water supply in Ota, Ogun State, Nigeria. *Journal of Applied Science & Environmental Managemen*, 20, 1105. <https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/150933>