

**PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA ESTRUCTURACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y ALFANUMERICA EN
REGLAMENTACIÓN DE CORRIENTES HÍDRICAS**



GABRIELA VARGAS TAMAYO

**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

**PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA ESTRUCTURACIÓN Y
ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y ALFANUMERICA EN
REGLAMENTACIÓN DE CORRIENTES HÍDRICAS**



GABRIELA VARGAS TAMAYO

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

AGRADECIMIENTOS

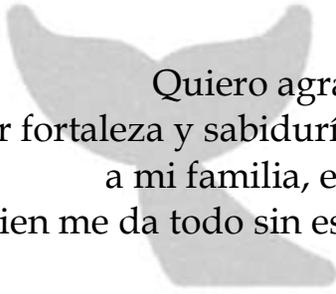
El Autor expresa sus agradecimientos a:

FUNDISPROS (Fundación desarrollo de las Ingenierías y Ciencias de la Salud para la proyección social) por permitir el desarrollo de este trabajo de grado dentro de la ejecución del estudio de consultoría suscrito entre la CAM y FUNDISPROS en el año 2017

Miguel Germán Cifuentes (QPD), Ingeniero Agrícola; Esp. En Irrigación; Director de proyectos de FUNDISPROS (Fundación Desarrollo de Las Ingenierías y Ciencias de la Salud para la Proyección Social); por sus aportes en el manejo de proyectos encaminados al uso eficiente y racional del agua.

Carlos Alberto Vargas Muñoz, Ingeniero Agrícola; Esp. en Ingeniería y Gestión Ambiental; Profesional Regulación y Calidad Ambiental de la Corporación Autónoma Regional Del Alto Magdalena – CAM; por sus aportes a mi aprendizaje de todos los temas concernientes a la administración del recurso hídrico, especialmente la reglamentación de corrientes agua y asignación de concesiones.

A todas las personas que de alguna u otra forma apoyaron el desarrollo del presente proyecto, muchas gracias.



Quiero agradecer a Dios
por ser ser fortaleza y sabiduría en mi vida,
a mi familia, especialmente
a mi mamá quien me da todo sin esperar nada a
cambio

PENSAMIENTOS = SUEÑOS = COSAS

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	17
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. JUSTIFICACIÓN	21
4. MARCO TEÓRICO	23
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL PROCESO DE REGLAMENTACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA	23
4.1.1. Los procesos de reglamentación de corrientes hídricas en Colombia – Aspectos políticos y legales	24
4.1.2. La reglamentación del Recurso Hídrico en el marco del decreto 1541 de 1978	29
4.2. LOS GIS Y LAS BASES DE DATOS	32
4.2.1. Bases de datos (sistemas gestores de bases de datos)	32
4.2.2. Sistemas gestores de Bases de datos espaciales (SDBMS), y los Sistemas de información Geográfica (GIS)	35
4.2.2.1. Despliegue de Información GIS	37
4.2.2.2. Las bases de datos espaciales de ArcGis (GEODATABASES)	38
<input type="checkbox"/> Clases de geodatabase	41
<input type="checkbox"/> Microsoft Acces y las personal geodatabases	42
<input type="checkbox"/> Microsoft Acces	42
<input type="checkbox"/> Personal Geodatabase	43
<input type="checkbox"/> Utilización de archivos Acces en ArcGis	44
4.3. ANTECEDENTES	45
4.3.1. Panorama general	45
4.3.1.1. Otros Antecedentes	47
4.3.2. Antecedentes Regionales	49
5. METODOLOGÍA	52
5.1. TIPO DE TRABAJO	52
5.2. PROCEDIMIENTOS	52
5.2.1. Recursos Humanos	52
5.2.2. Software	52
5.2.3. Hardware	53
5.2.4. Información	53
5.3. METODOLOGIA	55
5.3.1. Fase I - Adquisición y preparación	56
5.3.1.1. Programación de la logística y recurso humano	62
5.3.1.2. Tratamiento de información secundaria	63
5.3.2. Fase II – recolección de información en campo	64
5.3.2.1. Capacitación de personal	64
5.3.2.2. Recorridos en campo con GPS para recolección de información primaria	65
5.3.2.3. Registro fotográfico	66
5.3.2.4. Validación en campo de información secundaria	66
6. RESULTADOS	67
6.1. Fase III – Elaboración de productos	67
6.1.1. Diseño, estructuración y alimentación de la base de datos geográfica (GDB) y alfanumérica (BD)	67
6.1.1.1. Diseño, estructuración y alimentación de BD externa de atributos (Software Acces)	67

□	Documentación y descripción de componentes de la base de datos alfanumérica (accdb)	71
□	TABLAS	71
□	CONSULTAS	74
□	FORMULARIOS	76
□	Alimentación de la base de datos alfanumérica (accdb)	78
6.1.1.2.	Diseño y estructuración de la base de datos geográfica - GDB	79
□	Asignación de llaves primarias a entidades de la base de datos geográfica	82
6.1.1.3.	Integración de la información BD – GDB	83
6.1.1.4.	Relaciones entre entidades geográficas y elementos tabulares	84
6.1.1.5.	Creación de campo de atributos tipo “Raster”	87
6.1.1.6.	Topología de información geográfica	88
6.1.1.7.	Modelo de datos	90
6.1.1.8.	Modelos Cartográficos	91
6.1.1.9.	Unidad mínima de mapeo	92
6.1.1.10.	Elaboración de planos cartográficos	92
6.1.1.11.	Metadatos de Información Geográfica	94
6.1.1.12.	Estructuración de directorios	94
7.	DISCUSION DE RESULTADOS	98
8.	CONCLUSIONES	101
9.	RECOMENDACIONES	103
10.	BIBLIOGRAFÍA	105

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Gestores de bases de datos Microsoft Acces y Excel	34
Figura 2. Esquema metodológico de trabajo	56
Figura 3. Tipo de información solicitada	57
Figura 4. Creación de relaciones entre tablas	68
Figura 5. Esquema relacional de la base de datos externa BD (accdb)	70
Figura 6. Tabla MUNICIPIO	71
Figura 7. Tabla VEREDA	71
Figura 8. Tabla 1_PREDIOS_CONCESIONES	72
Figura 9. Tabla 2_PROPIETARIO	72
Figura 10. Tabla 3_INFORMACION_DEL_AGUA	73
Figura 11. Tabla 4_USOS	73
Figura 12. Tabla 5_PRODUCCION_PECUARIA	74
Figura 13. Tabla 6_CULTIVOS	74
Figura 14. Consultas realizadas dentro de la BD para analisis de datos en la elaboración de informes	75
Figura 15. Ingreso de datos en BD Acces en forma de cascada	78
Figura 16. Estructura de la base de datos geográfica	80
Figura 17. Campos creados para la relación de tablas entre la BD y GDB	82
Figura 18. Protocolo Jet 4.0 para conexión desde ArcCatalog a la base de datos externa	83
Figura 19. Visualizacion desde la ventana de ArcCatalog de la base de datos externa y la base de datos geografica	84
Figura 20. Cardinalidad entre elementos	85
Figura 21. Visualizacion del campo “raster” desde ArcMap con información fotografica del punto, Feature Class “Obras Hidraulicas evaluadas”	88
Figura 22. Model Maker para la creación de un TIN	92
Figura 23. Ilustración del proceso de creación de un libro de mapas	93
Figura 24. Esquema general de la estructuración de directorios de almacenameinto de la información	95

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relaciones creadas entre feature class de la base de datos geográfica .	86
Tabla 2. Relaciones creadas entre los componentes tabulares.....	87
Tabla 3. Relaciones entre clases – feature class de la base de datos geográfica y las tablas externas	87

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Corrientes hídricas reglamentadas en el departamento del Huila.....	28
Cuadro 2. Corrientes hídricas con estudio para reglamentación en el departamento del Huila.....	29
Cuadro 3. Características de la geodatabase personal	43
Cuadro 4. Tipo de almacenamiento de la información de los proyectos de reglamentación en la CAM jurisdicción del departamento del Huila	51
Cuadro 5. Equipos usados para la captura, edición y reproducción de información del proyecto	53
Cuadro 6. Relación de información cartográfica utilizada para el desarrollo del proyecto	58
Cuadro 7. Relación de planchas IGAC 1:25.000 utilizadas para el desarrollo del proyecto	61
Cuadro 8. Parametros para creación de relaciones.....	85
Cuadro 9. Reglas topológicas implementadas en la GDB	89
Cuadro 10. Lista de planos elaborados	93

LISTA DE IMAGENES

	Pág.
Imagen 1. Localización general del proyecto	19
Imagen 2. Flujograma de actividades proceso de Reglamentación de usos del agua conforme el Decreto 1541 de 1978 – Act Ley 99/93	30
Imagen 3. Localización de planchas 1:25.000 con influencia en la cuenca quebrada Majo y Jagualito	54
Imagen 4. Formulario – Interfaz creada para la visualización de datos	77

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1. Documentación completa de la base de datos externa Acces
- ANEXO 2. Documentación tablas
- ANEXO 3. Documentación consultas
- ANEXO 4. Documentación de formularios
- ANEXO 5. Resumen topológico
- ANEXO 6. Model Marker
- ANEXO 7. Modelo de datos
- ANEXO 8. Metadatos

GLOSARIO

AAC: Autoridades Ambientales Competentes

CAM: Corporation Autônoma Regional del Alto Magdalena

GDB: (Base de datos geográfica) Es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica, ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros o en una colección de tablas en un Sistema Gestor de Base de Datos (Microsoft Access, Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2 e Informix).

BD: (Base De Datos) Una base de datos es un “depósito de datos” que permite almacenar grandes cantidades de información de forma organizada para luego ser encontrada y utilizada fácilmente.

SDBMS: Sistemas de Manejo de Base de Datos.

Cartografía Base: Son mapas que proveen el contorno de un lugar, ya sea un municipio, una ciudad, un país o un continente. Representan las características físicas más importantes de los lugares. Para el caso colombiano, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC- es el encargado de levantar la información geológica y topográfica para elaborar la cartografía básica de Colombia. El contorno de los lugares cambia con el paso del tiempo, por lo que los mapas deben ser actualizados constantemente

Cartografía Temática: o de propósito particular es aquel cuyo objetivo es localizar características o fenómenos particulares. El contenido puede abarcar diversos aspectos: desde información histórica, política o económica, hasta fenómenos naturales como el clima, la vegetación o la geología.

Coordenadas: Hace referencia a un punto con valores X, y Y en el espacio que marcar la ubicación exacta de ese punto, sobre un plano cartesiano. La coordenada es un elemento muy importante, ya que se utiliza para ubicar espacialmente un lugar. Existen coordenadas planas (Norte, Este) y geográficas (Latitud y Longitud)

PORH: Plan de Ordenamiento Del Recurso Hídrico

SIRH (Sistema de Información del Recurso Hídrico): Conjunto de elementos que integra y estandariza el acopio, registro, manejo y consulta de datos, bases de datos, estadísticas, sistemas, modelos, información documental y bibliográfica, reglamentos y protocolos que facilitan la gestión integral del recurso hídrico.

SILARH: Sistema Local De Administración Del Recurso Hídrico

RESUMEN

Este trabajo describe un procedimiento metodológico para el almacenamiento de información geográfica y alfanumérica producto de los procesos de reglamentación de corrientes hídricas, con el fin de estandarizar los procesos de captura, edición, estructuración, almacenamiento y reproducción de datos.

Se utilizó el motor de base de datos Microsoft Acces 2013 para el diseño de la base de datos relacional en donde se almacena y gestiona la información procedente de las encuestas del censo de usuarios y agropecuario, este gestor almacena datos en forma de tablas sin referencia espacial, pero con un código o llave primaria que lo relaciona con un determinado elemento geográfico contenido en la geodatabase creada mediante el uso del software ArcGis versión 10.3 y que contiene las entidades espaciales agrupadas por temáticas para el desarrollo del proyecto; posteriormente se procede a realizar los vínculos relacionales entre la GDB (formato mdb) y la BD (formato accdb) . Este puente integrador se crea por medio de una “Conexión ODBC” entre Access y ArcCatalog que se puede visualizar desde ArcMap usando las herramientas “Add Database Connection” y posteriormente el protocolo de conexión *Connection OLE DB (Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider)*

Esta metodología de trabajo favorece la estandarización de los procesos, la administración sencilla y eficiente de toda la información, la fácil elaboración de productos y su reproducción, pero sobre todo propicia y facilita la integración de la información con otros proyectos que manejen el mismo protocolo, lo que permitirá la realización de análisis confiables y pertinentes para la toma de decisiones en pro del recurso hídrico.

PALABRAS CLAVES: Acces, Bases de datos, Reglamentación, concesiones de agua, recurso hídrico, ArcGis

ABSTRACT

This paper describes a methodological procedure for the storage of geographic and alphanumeric information product of the processes of regulation of water currents, in order to standardize the processes of capture, edition, structuring, storage and reproduction of data.

The Microsoft Access 2013 database engine was used for the design of the relational database where the information from the user and agricultural census surveys is stored and managed, this manager stores data in the form of tables without spatial reference , but with a primary code or key that relates it to a certain geographic element contained in the geodatabase created by using the software ArcGis version 10.3 and that contains the spatial entities grouped by themes for the development of the project; Afterwards, the relational links between the GDB (mdb format) and the BD (accdb format) are carried out. This integrator bridge is created by means of an "ODBC Connection" between Access and ArcCatalog that can be viewed from ArcMap using the "Add Database Connection" tools and later the connection protocol OLE DB (Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider)

This work methodology favors the standardization of the processes, the simple and efficient administration of all the information, the easy elaboration of products and their reproduction, but above all propitiates and facilitates the integration of the information with other projects that handle the same protocol, This will allow the realization of reliable and relevant analysis for decision making in favor of water resources.

KEY WORDS: Access, Databases, Regulation, water concessions, water resources, ArcGis

INTRODUCCIÓN

Las variaciones de la disponibilidad del agua, son generadas principalmente por cambios en los regímenes hídricos naturales asociadas fundamentalmente con sistemas de producción no sostenibles y con deficiencias en la administración técnica del agua; entre otras causas se puede mencionar la concentración y crecimiento de la demanda en zonas con oferta hídrica limitada, el deterioro de la calidad del agua por sedimentos y contaminación, migración poblacional de las zonas urbanas a las rurales lo que genera mayor presión sobre las fuentes de agua, entre otros, estos antecedentes generan tasas de extracción de agua superiores a las socialmente deseables y naturalmente sostenibles.

Existe un amplio marco regulatorio en el país desarrollado con el fin de lograr una administración eficiente del recurso hídrico, en el que se incluya el equilibrio entre oferta y demanda, decisiones sobre asignación de caudales, control de contaminación para evitar conflictos entre usuarios y diferentes afectaciones; este marco regulatorio es implementado por las AAC quienes reportan en la actualidad un significativo retraso en temas de reglamentación del recurso hídrico debido principalmente a debilidades institucionales tanto técnicas como financieras, en consecuencia existe en la región un muy bajo porcentaje de corrientes reglamentadas y un insistente agotamiento del recurso hídrico .

Aunque sea poco el número de fuentes hídricas ya reglamentadas o que se encuentren en desarrollo de este proceso en el departamento del Huila, se evidencia un notorio esfuerzo por parte de la AAC por implementar exitosamente este sistema de administración del agua, pero que en su implementación presenta dificultades que retardan y dificultan los procesos, una muestra de esto es el hecho que gran parte de la información ambiental sea aun manejada en formato análogo, con técnicas manuales que dificultan su consulta, demoran la utilización oportuna de la información, no permiten cruces ni desagregaciones, ocupan recurso humano y espacio con altos costos económicos y mantienen un porcentaje muy alto de datos obsoletos, incompletos o equivocados.

Los sistemas de Información geográfica son hoy en día implementados por múltiples entidades dedicadas a la gestión ambiental y la experiencia les ha demostrado que facilita enormemente la ejecución de operaciones y análisis entre capas de información, permite observar la distribución espacial de los resultados y ha sido especialmente útil a la hora de visualizar y generar cartografía que muestre de forma clara los resultados obtenidos, por lo que vale la pena aumentar los esfuerzos orientados a mejorar y robustecer esta herramienta de trabajo con el fin de obtener su máximo uso y aprovechamiento, por esta razón el establecimiento de un flujo de trabajo o un protocolo de entrega de información geográfica y alfanumérica para potencializar el uso de los SIG en la CAM como instrumento clave en la gestión y planificación del recurso hídrico, se perfila como un elemento óptimo

para orientar y estandarizar la captura, edición, estructuración, producción y almacenamiento de información, procedente de estudios enfocados a la gestión del agua en el departamento del Huila.

La información manejada en un proceso de revisión o actualización de una reglamentación puede estar asociada a un componente espacial, es decir, es georreferenciable, por tanto puede ser analizada por medio de un sistema de información geográfica asociada a un sistema gestor de bases de datos. La CAM aunque cuenta dentro de su estructura organizacional con un departamento de planeación encargado de administrar información espacial y reconoce la importancia de los Sistemas de Información Geográfica como herramienta para la planificación, ejecución y toma de decisiones en los proyectos, no maneja un protocolo o modelo de trabajo para el tratamiento de datos geográficos y alfanuméricos derivados de una reglamentación, por lo que es muy común encontrar en la información actual redundancia de datos, imprecisión, incompatibilidad, alto índice de inconsistencias y una notoria dificultad para su empalme con otras bases de datos que permitan la realización de análisis espaciales para la toma de decisiones.

Como caso de aplicación del protocolo de entrega de información geográfica y alfanumérica, se tomó el estudio de actualización de la reglamentación de usos y aprovechamientos del recurso hídrico de la corriente principal Quebrada Majo y Quebrada Jagualito que discurren en jurisdicción del municipio de Garzón en el departamento del Huila, consideradas para su estudio desde cada uno de sus nacimientos hasta su desembocadura en el Embalse Hidroeléctrico El Quimbo del río Magdalena; estos cuerpos de agua fueron declarados en proceso de revisión de la reglamentación mediante Resolución 4429 del 30 de Diciembre de 2016 expedida por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM y la ejecución del estudio ejecutado por la empresa FUNDISPROS (Fundación desarrollo de las Ingenierías y Ciencias de la Salud para la proyección social).

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

El aprovechamiento del recurso hídrico en muchas zonas del país se ve limitado por variaciones temporales y espaciales de los regímenes hídricos que se presentan en forma natural, pero principalmente la problemática está asociada a la inexistencia de un marco elemental de reglas de juego o marco de normas de convivencia frente a la forma como se usa el recurso y la cantidad de agua que se puede sustraer de un cuerpo de agua en una franja determinada, situación que conduce al agotamiento de los recursos.

Con el fin de lograr una administración eficiente de los cuerpos de agua en el que se incluya un balance o conjugación adecuada de la oferta vs la demanda, las AAC ejecutan procesos de reglamentación de corrientes de agua en conflicto, denominando así a aquellos ríos o quebradas que presentan un elevado nivel de agotamiento en términos de cantidad y calidad que desencadena gran número de conflictos sociales por el uso de las aguas.

La reglamentación del recurso hídrico según (MINAMBIENTE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, 2012), es la aplicación de un conjunto de acciones de orden técnico y jurídico, dentro del marco legal vigente, destinadas a obtener una mejor distribución de las aguas teniendo en cuenta las condiciones actuales y futuras de su uso y las características biofísicas, sociales y económicas de su zona de influencia, permite concentrar esfuerzos de control y vigilancia en las captaciones principales de las corrientes de agua y conocer las condiciones actuales y futuras de oferta y demanda del cuerpo de agua; se considera por demás, una herramienta clave para la solución y prevención de conflictos entre usuarios del recurso hídrico y se precisa como el procedimiento que se aplica para obtener una mejor distribución de las aguas de un acuífero o de una corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual de consumos así como, las necesidades de los usuarios y el ecosistema acuático

En Colombia y en el departamento del Huila se presentan notables atrasos en los procesos de implementación y actualización de reglamentaciones debido principalmente a debilidades institucionales tanto técnicas como financieras, en consecuencia existe en la región un muy bajo porcentaje de corrientes reglamentadas que propicia un insistente agotamiento del recurso hídrico por su incorrecta administración.

El ministerio de agricultura a través del establecimiento de un marco legal en pro de ejercer control y vigilancia sobre los cuerpos de agua ,adoptó decreto 1541 del 26 de Julio de 1978 hoy compilado en el decreto 1076 de 2015 en donde se relaciona en forma general los estudios básicos que deben contener los proyectos de reglamentación, en los cuales se incluye: censo de usuarios y aprovechamientos de agua, inventario y georreferenciación de conducciones de caudal y obras

hidráulicas, además del registro, censo y consolidación de toda la información cartográfica del proyecto, información.

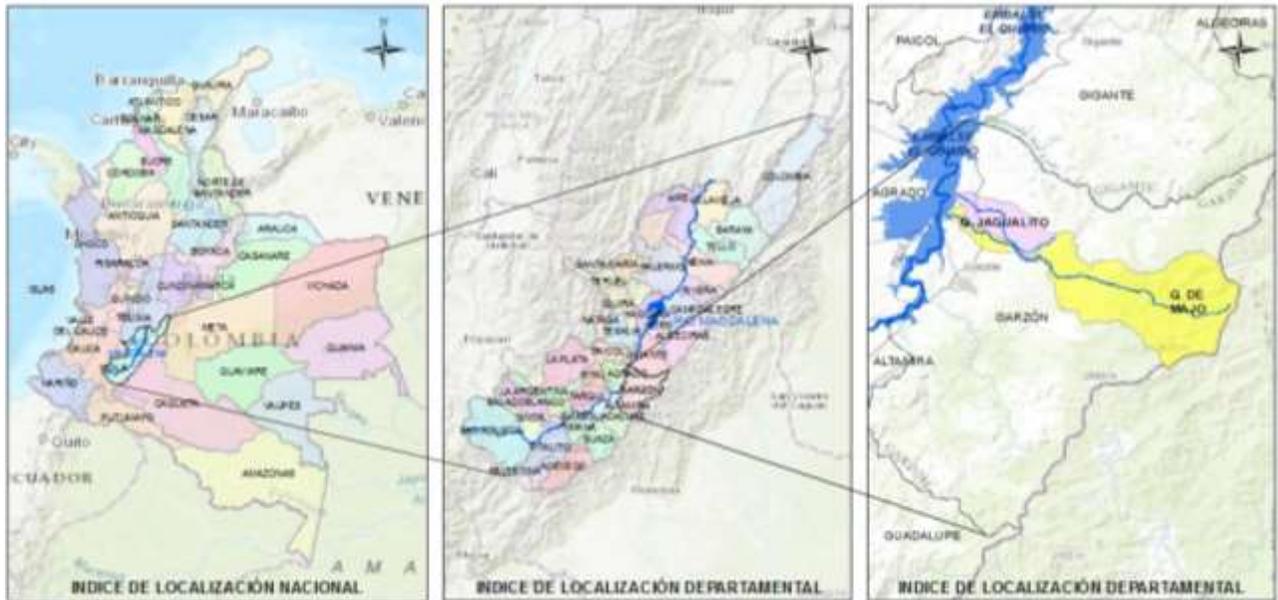
Para el desarrollo de los procesos de legalización de usuarios no existe una guía técnica, modelo de actividades ó una caja de herramientas que describa procedimientos, métodos, tecnologías y conocimientos disponibles para adelantar de manera ágil y expedita el manejo y unificación de todos los datos. Para los estudios que implican el manejo de información espacial no hay descrita ninguna metodología ni protocolo, por lo que es común encontrar que todos los proyectos almacenan datos geográficos y alfanuméricos en formatos que no permiten su interacción, ni la realización de ningún tipo de análisis para la toma de decisiones; al no estar establecido un modelo para la captura, edición, ajuste, almacenamiento y reproducción de información geográfica y alfanumérica en los procesos de reglamentación (específicamente los censos de usuarios), los productos finales que contienen grandes volúmenes de datos son contenidos en hojas de cálculo Excel que no guardan ningún tipo de relación con información espacial, los datos geográficos son almacenados en forma análoga, shapefile, archivos google earth (kml, kmz), CAD, mdb y en general diversos formatos que en muchos casos ni siquiera tienen asociado un sistema de referencia y son generados en múltiples escalas de trabajo, esto ocasiona que sea dispendioso el manejo, almacenamiento y producción de información geográfica y alfanumérica (específicamente para la generación de informes y análisis espaciales y temporales) al no estar establecido un modelo estándar que garantice la interoperabilidad y compatibilidad de todos los datos.

Caso de aplicación: Actualización de la reglamentación de los usos y aprovechamientos la corriente hídrica quebrada Majo que discurre en jurisdicción del municipio de Garzón en el departamento del Huila; este cuerpo de agua fue declarada por la AAC como una fuente hídrica en conflicto y actualmente adelanta la actualización de la reglamentación; para el desarrollo de este proceso aunque ya se cuenta con una reglamentación anteriormente establecida, se evidenció que todos los datos de referencia se encuentran en múltiples formatos; los antecedentes del censo de usuarios adelantado en la anterior reglamentación y otros datos procedentes del SILARH (Sistema Local De Administración Del Recurso Hídrico) con el cual cuenta esta fuente de agua, se encuentran almacenados en hojas de cálculo Excel que no permiten la interacción de la información; los datos de procesos de georreferenciación de predios, obras hidráulicas, canales, estaciones de monitoreo y otros, se encuentran contenidos en su mayoría en formato dwg y otros en forma análoga. Existe una notable redundancia de información en el almacenamiento de datos, alta presencia de inconsistencias que no son fáciles de detectar debido a la diversidad de los formatos de almacenamiento; en general debido a las múltiples metodologías para la entrada y salida de datos, la información no cuenta con ningún tipo de integridad, precisión, compatibilidad, coherencia, actualización, recuperación, respaldo de los datos y mucho menos cuenta con la

posibilidad de interrelacionarlos para la generación de diversos análisis en pro de la solución de conflictos por el uso del recurso.)

La siguiente imagen ilustra el área de influencia del proyecto.

Imagen 1. Localización general del proyecto



Fuente: Tesis de grado Esp. Sistemas de Información Geografica (UMANIZALES , 2018)
"Metodología para la estructuración y almacenamiento de información geográfica y alfanúmerica en reglamentación de corrientes hídricas - Caso de aplicación: corriente hídrica quebrada Majo que discurre en el municipio de Garzón departamento del Huila".

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo o protocolo guía para la captura, edición, almacenamiento y reproducción de información geográfica y alfanumérica usando ArcGis y el motor de base de datos Acces como parte de la estandarización de procesos para el manejo e interoperabilidad de la información en los proyectos de reglamentación de corrientes hídricas como apoyo en la administración, control y vigilancia del recurso hídrico por parte de la autoridad Ambiental CAM en el departamento del Huila.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar en formato Acces un modelo de base de datos para el almacenamiento y gestión de datos alfanuméricos provenientes de solicitudes de concesión de agua en proyectos de reglamentación de cuerpos de agua.
- Diseñar un modelo de base datos geográficos usando ArcGis para el almacenamiento y gestión de datos espaciales provenientes de los procesos de reglamentación de corrientes hídricas.
- Realizar la conexión entre la base de datos geográfica y la base de datos alfanumérica para su manejo e interoperabilidad.
- Estandarizar los procesos para el desarrollo de los GIS en los proyectos de reglamentación de corrientes hídricas.
- Realizar el análisis y aplicación de las metodologías descritas tomando como soporte la corriente de la quebrada Majo.

3. JUSTIFICACIÓN

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM para los procesos de control, vigilancia y administración del recurso hídrico ejecuta procesos de reglamentación de los cuerpos de agua; dichos procesos no cuentan con una estandarización de la producción, manejo y reproducción de información geográfica y alfanumérica, por lo que las herramientas entregadas a la CAM como producto de estos proyectos de reglamentación aunque son importantes para la elaboración de diagnósticos actualizados del uso del agua en términos de oferta vs demanda, son robustos y se encuentran inmersos en diversos formatos tales como, Excel, Word, análogos, shapefile, google earth, CAD, dbf y otros que contienen gran cantidad de datos que no permiten su interoperabilidad con otros elementos, son de dispendioso manejo y tampoco permiten la posibilidad de adjuntarlos a componente geográfico que ofrezcan la posibilidad de realizar análisis espaciales para la toma de decisiones oportunas y efectivas.

La primer aproximación metodológica para la implementación del proceso de reglamentación acorde al decreto 1541 de 1978 fue desarrollada por (ISD, 2007), la propuesta de la guía nunca fue acogida oficialmente por el MAVDT, por lo que hoy en día los proyectos de reglamentación no cuentan con una metodología establecida (salvo la relación de estudios básicos para un proceso de reglamentación que describe el decreto 1541 de 1978) , ni tampoco cuenta con un protocolo de captura , almacenamiento, edición y producción de información de datos geográficos y alfanuméricos, situación dificulta la administración de la información.

La administración de grandes volúmenes de datos y su posterior procesamiento es una parte fundamental, esta actividad solo se puede llevar a cabo mediante la utilización de programas que administren eficientemente la información, para esto existen las bases de datos, las cuales necesitan ser estructuradas y diseñadas para cada fin específico, en el caso del presente proyecto se optó por la utilización del software ArcGis como software GIS para la estructuración de una base de datos geográfica en formato mdb que contenga la información espacial de las entidades agrupadas por temáticas y Microsoft Access 2013 para el diseño de la base de datos relacional con información procedente del censo de usuarios y agropecuario (demanda de agua), esta base de datos en formato Acces almacena la información en forma de tablas sin referencia espacial, pero si con un código o llave primaria que la relaciona con un determinado elemento gráfico contenido en otro archivo.

El propósito del diseño de esta base de datos descriptiva (Acces) consiste en poder integrarla efectivamente con las tablas de atributos internos de las entidades geográficas utilizadas en el Sistema de Información Geográfica (ArcGis), es decir se puede realizar cualquier consulta en la base de datos en Acces que incluya los campos que deseemos (formato numérico o texto), la información no será trabajada

en una gran tabla con muchos campos y columnas si no que se almacenará guardando las relaciones entre ellas pero en tablas pequeñas de fácil administración y generación de consultas. Adicional a esto, mediante llaves primarias se podrá realizar la integración entre la base de datos alfanumérica y la base de datos geográfica, por lo que toda la información alfanumérica estará asociada a un componente geográfico, lo que le permitirá a la Autoridad Ambiental Competente realizar análisis espaciales para la toma oportuna de decisiones.

La creación de estas bases de datos modelo permitirá una administración sencilla y estándar de toda la información procedente de reglamentación de fuentes hídricas; todos los proyectos podrán manejar el mismo lenguaje en temas de tratamiento de información geográfica y alfanumérica lo que solucionará el problema de diversificación e inoperatividad de datos, esto propiciara el mayor provecho de toda la información por parte de cualquier usuario , se disminuirán esfuerzos en la gestión y manejo de datos, por otra parte también representa una disminución del gasto que en muchos casos se debe realizar con el fin de estructurar en un solo lenguaje toda la información, lo que optimiza recursos físicos, de personal y promueve el avance hacia el establecimiento de un modelo eficiente de gestión y manejo integral del recurso hídrico.

El desarrollo de esta metodología será aplicado al proceso de captura, edición procesamiento, almacenamiento y reproducción de información geográfica y alfanumérica del proyecto de reglamentación de la corriente hídrica quebrada Majo que discurre en jurisdicción del municipio de Garzón en el departamento del Huila, esta estructuración propuesta para el manejo de datos permitirá sacar el mejor provecho de toda la información del proyecto.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL PROCESO DE REGLAMENTACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA

Los procesos de reglamentación de cuerpos de agua son hoy en día un pilar fundamental en la gestión y administración eficiente del recurso hídrico, permite obtener un diagnóstico real de la presión que existe sobre los cuerpos de agua y el nivel de equilibrio que existe entre oferta y la demanda.

Según información descrita por Ms. c. Daniel Bustamante en el año 2008,

- La reglamentación del uso del agua es el proceso administrativo por el cual se realiza la ordenación del recurso hídrico. Debe garantizar la distribución equitativa, eficiente y suficiente del agua de acuerdo a la oferta, a las necesidades básicas y productivas de la población y a los requerimientos ambientales para conservar el equilibrio ecológico. En esa dirección, la reglamentación evita conflictos distributivos, productivos, sociales, y favorece el desarrollo económico y social de las comunidades sin producir daños irreversibles en la naturaleza¹.

La Corporación autónoma regional del Valle del Cauca - CVC (CVC, 2018) describe como reglamentación:

- El procedimiento mediante el cual se distribuye el aprovechamiento de las aguas, teniendo en cuenta las características biofísicas, sociales y económicas de su zona de influencia, además de las condiciones actuales y futuras de la oferta y manejo del agua; con los procesos de reglamentación se busca obtener la mejor distribución de caudales salvaguardando su permanencia, tanto en la cantidad como en la calidad apropiada. La reglamentación de una corriente implica el otorgamiento de concesiones de agua para quienes se benefician de las aguas de dicha corriente².

Por otra parte la asignación de concesiones de agua es una de las formas de adquirir de manera individual el derecho al uso del recurso hídrico. Para otorgar la concesión se establece un orden de acuerdo con el uso previsto y se define una duración.

La diferencia entre los dos actos administrativos (concesión y reglamentación) radica en que la reglamentación de corrientes es el ordenamiento de la distribución de las aguas, mientras que la concesión es el derecho que el estado otorga a un

¹ (BUSTAMANTE, 2008, pág. 4)

² (CVC, 2018, págs. pag. web; <https://www.cvc.gov.co/tematicas/recurso-hidrico/agua-superficial/reglamentacion-de-corrientes>)

particular para hacer uso de ellas; las dos buscan prevenir la creación de conflictos entre usuarios del recurso, obtener una mejor distribución de las aguas de una corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual y las necesidades de los predios.

La decisión de reglamentar el uso de aguas en una fuente es competencia de la Corporación Autónoma Regional (AAC) que tenga jurisdicción sobre la cuenca y obedece a un estudio preliminar de priorización de corrientes en conflicto en términos de calidad o cantidad. Según lo dispuesto en el decreto 1541 de 1978 “Para ello se adelantará un estudio preliminar con el fin de determinar la conveniencia de la reglamentación, teniendo en cuenta el reparto actual, necesidades de los predios que las utilizan y las de aquellos que puedan aprovecharlas”. Los principales conflictos generalmente obedecen a diferencias entre usuarios por el uso conjunto del agua, problemas de escasez o relacionados con la ineficiente distribución de las aguas. Otro de los aspectos que pueden influir en la decisión de reglamentar una cuenca tiene que ver con las políticas de ordenación de cuencas hidrográficas que deben ejercer las CAR dentro de su jurisdicción.

4.1.1. Los procesos de reglamentación de corrientes hídricas en Colombia – Aspectos políticos y legales

En Colombia existe un amplio contexto de elementos jurídicos que enmarcan los procesos de reglamentación de cuerpos de agua, que aunque es amplio, en muchos casos carece de unión o comunicación entre una norma y otra, esto se debe a que el desarrollo y adopción de cada aspecto jurídico formulado en el marco de la administración eficiente del recurso hídrico se ha hecho conforme se presentan las necesidades, es decir, ha estado enmarcado bajo diferentes principios que en la mayoría de los casos no están ligados entre sí.

Los procesos de reglamentación de corrientes de agua en Colombia se apoyan básicamente en dos elementos, el elemento técnico y el elemento jurídico, los cuales describe Ms c. Daniel Bustamante en su trabajo de grado denominado “Reglamentación de corrientes superficiales en la parte técnica para la gestión del Recurso Hídrico, 2008”

- El elemento jurídico establece los principios y directrices para el aprovechamiento del recurso hídrico. En Colombia, el elemento jurídico está constituido por la legislación vigente relacionada con el recurso agua, las Políticas Nacionales Ambientales expedidas por el Ministerio del Medio Ambiente y las normas de ordenamiento territorial. El elemento técnico permite diagnosticar el estado del recurso hídrico en una región a partir de la caracterización de la demanda, la oferta y la realización de balances hídricos. La legislación colombiana ordena la revisión de diferentes aspectos para la

reglamentación de corrientes, pero no establece una metodología para la ejecución de los estudios de diagnóstico³.

A continuación se presenta una recopilación general que realiza El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible - Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, en el Modulo 10 “Reglamentación de usos de las aguas” de la guía PORH y reglamentación recurso hídrico⁴ sobre la evolución en Colombia de los conceptos jurídicos que rigen la administración de los recursos naturales, entre ellos los procesos de reglamentación de cuerpos de agua:

La reglamentación y ordenamiento del recurso hídrico es la base para la administración y gestión del mismo, concepto que ha sido desarrollado ampliamente en el país y que se ve reflejado en una tradición normativa, cuyo primer antecedente conocido es el Código Civil de 1887, por medio del cual se dio inicio a la reglamentación para temas como la declaración de propiedad y usos en aguas no marinas o continentales, y se contempló el concepto de “bien de uso público” para todos los ríos y todas las aguas que corren por cauce natural.

El Decreto Ley 2811 de 1974 en su Título VIII de la administración de las aguas y cauces enumera las responsabilidades del gobierno en la administración de las aguas, entre las que se encuentra, autorizar y controlar el aprovechamiento de aguas y la ocupación y explotación de los cauces; coordinar la acción de los organismos oficiales y de las asociaciones de usuarios, en lo relativo al manejo de las aguas; preservar las aguas de una o varias corrientes, o parte de dichas aguas; ejercer control sobre uso de aguas privadas, cuando sea necesario para evitar el deterioro ambiental o por razones de utilidad pública e interés social.

Posteriormente, se expide el Decreto 1541 de 1978 donde por primera vez se establecieron los criterios generales para realizar el proceso de reglamentación del uso de las aguas, asignándole al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, INDERENA la obligación de realizar procesos de reglamentación de usos del agua para obtener una mejor distribución de las aguas de cada corriente o derivación de acuerdo a las necesidades de los predios que la utilizan y de acuerdo al orden prioridad establecido en el artículo 41 del decreto reglamentario. En el marco del proceso de implementación de la reglamentación de los usos del agua el INDERENA expidió la resolución 291 de 1979, donde definió el procedimiento para efectuar las reglamentaciones y revisiones de corrientes o depósitos de agua de uso público, a partir de este procedimiento se desarrollaron procesos de reglamentación en cumplimiento de las funciones de administrador del recurso agua.

³ (BUSTAMANTE, 2008, págs. 2 -1)

⁴ (MINAMBIENTE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, 2012, págs. 6-10)

En el año 1991 en Colombia se expide la Constitución Política Nacional en donde se estableció que le corresponde al estado la responsabilidad de proteger la diversidad e integridad del ambiente así como la planificación para el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. En 1993 mediante la Ley 99 se organiza el Sistema Nacional Ambiental **SINA**, creando el Ministerio del medio Ambiente (Hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial) como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, al mismo tiempo se crearon las Corporaciones Autónomas Regionales como entes encargados de administrar el medio ambiente y los recursos naturales dentro del área de su jurisdicción. A partir de entonces las Corporaciones Autónomas Regionales de Desarrollo Sostenible y Autoridades de Grandes Centros Urbanos acogieron las funciones hasta entonces ejercidas por el INDERENA y se convirtieron en Autoridades Autónomas Regionales, administradoras de los recursos en su área de jurisdicción.

Las reglamentaciones de corrientes de agua se convirtieron en uno de los instrumentos prioritarios que deben realizar las Corporaciones Autónomas Regionales en sus departamentos de Gestión Integral del Recurso Hídrico debido a que presta la función de planificar el acceso al uso del agua por parte de todos los usuarios de una cuenca.

En 1994 el INDERENA expide la Guía Metodológica para el manejo de los recursos hídricos, a través de la cual se realizaba una síntesis de las principales metodologías para la administración del recurso hídrico dirigido a las entidades encargadas de administrar dichos recursos, entre los diferentes temas tratados está el manejo de las aguas superficiales, entre los que incluía la reglamentación de usos de las aguas como instrumento fundamental para ejercer una distribución óptima de las aguas.

En el año 2006 se realizó una propuesta de Guía para ordenamiento del recurso hídrico y reglamentación del recurso Hídrico, proyecto que fue ejecutado a través del instituto para la sostenibilidad del Desarrollo - ISD, con el apoyo técnico de las autoridades ambientales, pero finalmente no fue adoptado.

En Marzo del 2010 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial lanza la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, identificando en el diagnóstico del análisis sobre el uso y aprovechamiento del recurso se la necesidad de circunscribir prioritariamente a la aplicación histórica de los Decretos 1541/78 y demás normatividad vinculada con las concesiones de agua, concluyéndose de su aplicación que existen dificultades para una gestión integrada del uso del recurso hídrico, manifestadas por la concepción o aplicación.

En el diagnóstico en el cual se sustentó la formulación de la Política Hídrica Nacional en el año 2010, se estableció como estratégico que las autoridades ambientales tomaran medidas para disminuir a menos del 50% el porcentaje de usuarios por legalizar el recurso hídrico, en pues se describió que éste porcentaje alcanzaba en Colombia valores cercanos al 80%, situación en la cual hace muy difícil y casi imposible administrar el recurso. Frente a la reglamentación de usos del agua en el diagnóstico se identificó que las autoridades ambientales tan solo habían iniciado 207 procesos de reglamentación de usos del agua en diferentes corrientes del país, es decir una proporción mínima de la que verdaderamente debiera ser abordada de forma inmediata debido al nivel de conflicto por uso del recurso que presenta gran cantidad de corrientes, por lo que para tal fin es conveniente utilizar el instrumento de la reglamentación de los usos del agua como el mecanismo para llevar a la legalización a los usuarios de una cuenca, iniciando por el inventario de usuarios, el otorgamiento de concesiones y permisos de vertimiento, para realizar el registro de los usuarios establecido en el marco del Sistema de Información del Recurso Hídrico-SIRH⁵.

En elocuencia con el marco conceptual del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible descrito anteriormente, Bustamante (2008) describe:

- La reglamentación de corrientes superficiales es una herramienta de planificación aplicada en Colombia desde hace décadas, pero a pesar de esto aún quedan muchos vacíos, sobre todo en su ejecución. Algunas AAC no tienen claro su importancia y sus alcances y ello lleva a que simplemente se haga por obligaciones legales y el instrumento se convierta solo en disposiciones escritas que terminan siendo archivadas, o en el más optimista de los casos llegan a su etapa de ejecución pero finalmente carece de aplicación real, ya que no se establecen políticas de seguimiento y control ni mucho menos de actualización de la información que le dé a ésta herramienta el carácter de proceso dinámico que requiere. La meta final de la reglamentación es disminuir la presión sobre el recurso hídrico, dar un uso eficiente y equitativo del agua estableciendo prioridades de consumo y cuando no se han formulado, el PORH finalmente se convierte en un instrumento de apoyo en el ordenamiento de cuencas hidrográficas⁶.

A pesar de que parezca que es poco lo que se ha adelantado en Colombia respecto a la legalización de usuarios del recurso hídrico, el país aparece como uno de los pioneros en el ordenamiento y manejo de cuencas a nivel Latinoamericano, tarea que se ha impulsado con la liquidación del INDERENA y la creación de las CAR facilitando así una descentralización en los procesos administrativos regulares que antes llevaban a un análisis poco profundo de las condiciones reales de las fuentes de agua generando una distribución poco racional e insostenible de los recursos.

⁵ MINAMBIENTE, Op. cit., p. 6-12

⁶ (BUSTAMANTE, 2008, pág. 11)

Cabe anotar que el bajo porcentaje de cuencas y fuentes reglamentadas se presenta por la gran cantidad de ellas y las complejidades que manejan cada una⁷.

Posteriormente en el año 2014 fue emitida la La Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual contiene los lineamientos básicos con los que las Autoridades Ambientales competentes llegarán a consolidar la propuesta programática y el plan de monitoreo y seguimiento con horizonte mínimo de planeación de diez años, con el que se buscará mejorar la disponibilidad y la calidad del recurso; con esta herramienta se busca también establecer la necesidad de reglamentar o actualizar la reglamentación de cada corriente hídrica objeto de estudio.

A nivel regional la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, suscribió el contrato de consultoría en el año 2012 para la elaboración del estudio de priorización de cuerpos de agua para fines PORH en la jurisdicción de la CAM, en el Marco de la política nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, conforme a lo establecido en el decreto 1076 de 2015 (Capítulo III, Artículo 5 del decreto 3930 de 2010).

Según información suministrada por el proyecto “ERA” (Estudio Regional Del Agua – CAM) el departamento del Huila tiene aproximadamente 542 unidades hidrográficas definidas como nivel subsiguiente (microcuenca) según la estructura hidrográfica para Colombia establecida por el IDEAM, cada una de estas unidades cuenta con un cauce hídrico principal y mínimo 1 afluente que presente conflictos en términos de oferta vs demanda.

A continuación se relaciona las corrientes reglamentadas actualmente en el departamento del Huila y las que se encuentran en estudio.

Cuadro 1. Corrientes hídricas reglamentadas en el departamento del Huila

CORRIENTE	RESOLUCION No.
Quebrada La Rivera – Mpio. Rivera y Campoalegre	0241 de Marzo 9 de 1984
Río Villavieja – Mpio Tello y Villavieja	1251 de Mayo 31 de 2011
Río Las Ceibas - Mpio. Neiva	244 de Abril 12 de 1999
Río Guaroco – Mpio. Baraya	1227 de 30 de mayo de 2011
Quebrada El Chorro – Mpio Rivera	0383 de Abril 20 de 2001
Quebrada El Jagual, Nacimiento Zanja Verde y La Chúquia - Mpio. Rivera	0355 de Abril 22 de 2002
Quebrada La Medina – Mpio. Rivera	0421 de Mayo 9 de 2002
Río Fortalecillas – Mpio. Tello y Neiva	0415 de Marzo 31 de 2005
Río Frio – Mpio. Campoalegre	2993 de Diciembre 28 de 2006
Río Frío – Mpio. Rivera	3012 de Diciembre 29 de 2006

⁷ Ibid., p., 40

CORRIENTE	RESOLUCION No.
Río Neiva – Mpio. Campoalegre	3660 de Diciembre 26 de 2007
Quebrada Majo – Mpio. Garzón	3105 de Diciembre 29 de 2008
Río Aipe - Mpio. Aipe	3408 de Diciembre 28 de 2009
Río Bache – Mpio. Palermo, Neiva y Aipe	3481 de Diciembre 30 de 2009
Río Yaguará – Mpio. Yaguará	2780 de Septiembre 29 de 2010
Quebrada la Honda – Mpio. Gigante	2810 de Septiembre 30 de 2010
Corriente Arenoso, Nacimientos varios	0402 de Febrero 22 de 2013
Corriente Las Vueltas – Mpio. Gigante	0441 de Febrero 27 de 2013
Río Pedernal – Mpio. Teruel y Yaguará	0312 de Abril 26 de 1999
Quebrada La Caraguaja - Mpio. Campoalegre	0479 de Abril 4 de 2005
Quebrada El Hígado – Mpio. Tarqui	3727 de Diciembre 28 de 2007

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM
Fecha de consulta: 05/05/2018. Disponible en: <http://www.cam.gov.co/recurso-hidrico/corrientes-reglamentadas.html>

Cuadro 2. Corrientes hídricas con estudio para reglamentación en el departamento del Huila

CORRIENTE	RESOLUCION No.
Quebrada Barbillas – Mpio. La Plata	1991 de Julio 12 de 2016
Quebrada Garzón – Mpio. Garzón	3989 de Diciembre 9 de 2016
Quebrada Buenavista – Mpio. Agrado	3988 de Diciembre 9 de 2016
Quebrada Yaguilga – Mpio. El Pital y Agrado	3993 de Diciembre 9 de 2016
Quebrada Lagunilla – Mpio. Tarqui y El Pital	3991 de Diciembre 9 de 2016
Quebrada. Otás – Mpio. Campoalegre	2575 de Agosto 29 de 2016
Quebrada San Isidro – Mpio. Campoalegre	3984 de Diciembre 9 de 2016
Quebrada La Sardinata Campoalegre	3992 de Diciembre 9 de 2016
Quebrada El Barro – Argentina	3985 de Diciembre 9 de 2016
Quebrada Garzoncito – Garzón	3990 de Diciembre 9 de 2016

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM
Fecha de consulta: 05/05/2018. Disponible en: <http://www.cam.gov.co/recurso-hidrico/corrientes-reglamentadas.html>

4.1.2. La reglamentación del Recuso Hídrico en el marco del decreto 1541 de 1978

Para hacerle frente a los problemas entre los usuarios suscitados de la distribución de las aguas, se instauró en la legislación Colombiana el decreto 1541 de 1978, con el cual se crea una herramienta de tipo jurídico conocida como “Reglamentación del Uso de las Aguas”, la cual mediante una serie de preceptos normativos complementados por conceptos y análisis técnicos, buscan darle en el corto y el mediano plazo, un manejo sostenible a las fuentes hídricas de Colombia.

El decreto 1541 de 1978 reglamentario del Código Nacional de los Recursos Naturales (Ley 2811 de 1974) se encuentra hoy en día compilado en el decreto 1076 de 2015, constituye actualmente el marco regulatorio en lo relacionado al proceso

de reglamentación de los usos del agua. El capítulo I “Reglamentación del uso de las aguas” se establecen las etapas que se deben seguir para cumplir legalmente con el proceso. Este decreto desarrolla procedimientos y explica la forma en que se debe realizar los procesos de distribución y otorgamientos de permiso de agua, describiendo una manera para poner en práctica la legislación.

Dentro de los aspectos más relevantes de este decreto se tiene el establecimiento y fijación de un orden de prioridad para los usos, concediendo prelación a la utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario sea esté urbano o rural (Artículos 36 y 41 del Decreto 1541 de 1978)⁸.

Aunque la norma describa el orden de prioridad con que se debe asignar las concesiones para los usos y aprovechamientos del recurso hídrico, en el caso de que una fuente hídrica no esté reglamentada o esté en proceso de reglamentar, se suele otorgar concesiones por orden de solicitud sin priorizar usos a que dará lugar, y sin considerar la relevancia de un uso sobre otro; en torno a esta situación (CORRALES MARIN, 2015) describe:

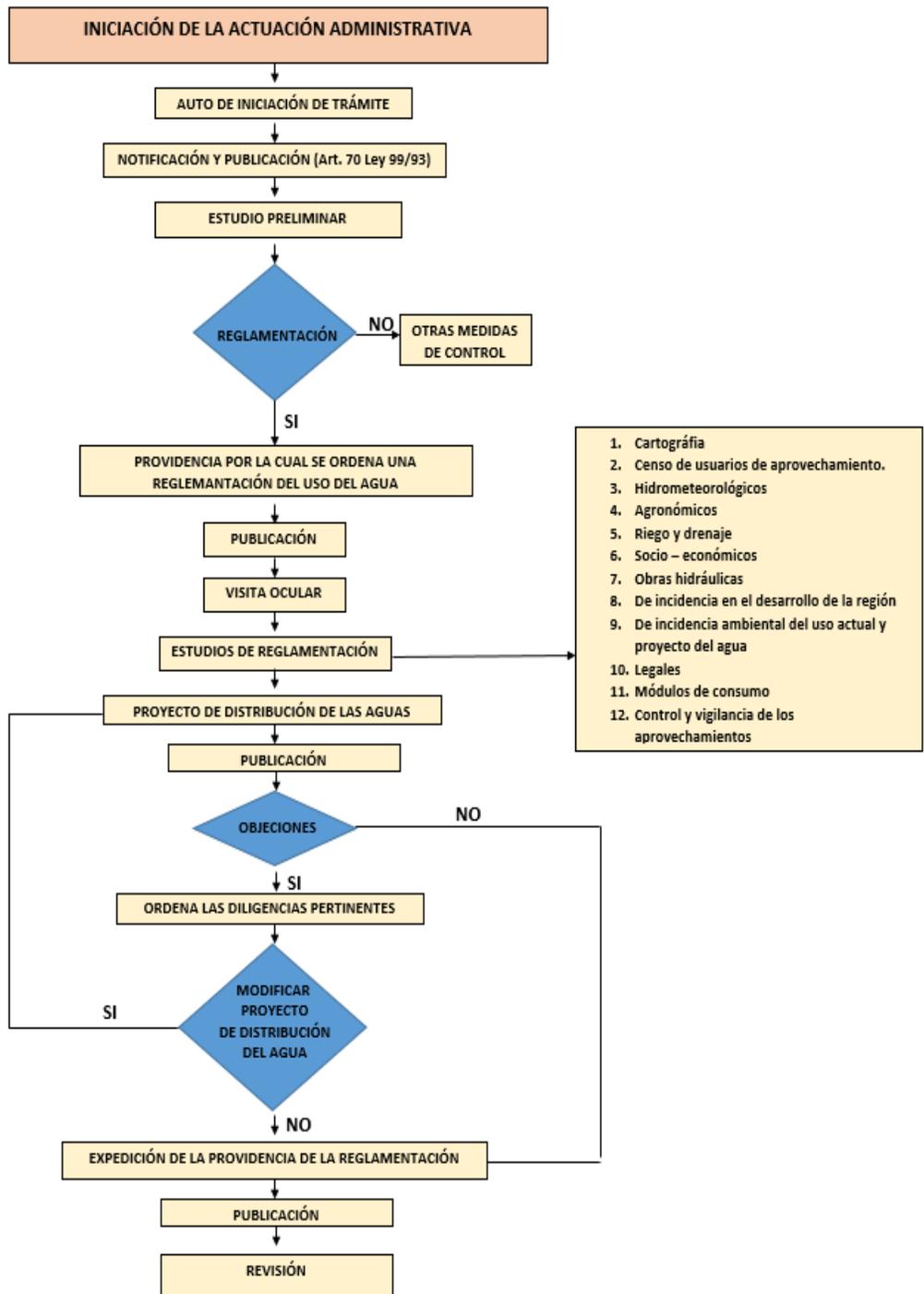
- En la práctica las concesiones se entregan a grandes usuarios del agua que suelen tener el poder económico y político para tener concesiones superiores a sus necesidades y la capacidad técnica para hacerlas valer, y a usuarios pequeños cuyos permisos de agua pueden ser suficientes para sus usos, pero en la práctica no pueden acceder en la cantidad permitida y requerida, debido a que los grandes usuarios usufructúan mayor cantidad de agua de la permitida. Así, se está premiando la eficiencia económica de la asignación de agua, dejando de lado la equidad en la distribución del preciado líquido. La limitada cantidad de agua en las fuentes y el uso privilegiado que dan los grandes usuarios al líquido están generando conflictos sociales⁹.

la Imagen 2 presenta un flujograma que indica el procedimiento de reglamentación de acuerdo con lo estimado en el Decreto 1541 de 1978 y los aspectos y/o estudios mínimos que debe contemplar, dentro de los cuales se encuentra: cartografía, censo de usuarios de aprovechamiento de aguas, hidrometeorológicos, agronómicos, de riego y drenaje, socioeconómicos, de obras hidráulicas, de incidencia en el desarrollo de la región, de incidencia ambiental del uso actual y proyectado del agua, recursos legales y módulos de consumo, control y vigilancia de los aprovechamientos.

Imagen 2. Flujograma de actividades proceso de Reglamentación de usos del agua conforme el Decreto 1541 de 1978 – Act Ley 99/93

⁸ (MADR, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1978) Dec.1541 de 1978; Artículos 36 y 41

⁹ (CORRALES MARIN, 2015, pág. 1)



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico- (MINAMBIENTE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, 2012) – Modulo 10 – Reglamentación de los usos del agua

Para los temas relacionados con la representación cartográfica de los proyectos de reglamentación, la norma es muy ligera y en forma general expresa en el decreto 1541 de 1978:

- **ARTICULO 264.** El Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", IGAC, con la colaboración del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente -INDERENA-, del Instituto de Investigaciones Geológico-Mineras, INGEOMINAS, y del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT, levantará la representación cartográfica del recurso hídrico.

- **ARTICULO 277.** Para efectos de coordinar la actividad de las entidades gubernamentales que directa o indirectamente adelanten programas relacionados con el recurso hídrico, se tendrá en cuenta lo siguiente:

La representación cartográfica corresponde al Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, de acuerdo con los datos que le suministre el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente -INDERENA-, el Instituto de Meteorología, Hidrología y Adecuación de Tierras, el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" y las Corporaciones Regionales¹⁰.

Para los temas relacionados con el censo de usuarios el ministerio de Ambiente Vivienda y desarrollo territorial estableció el decreto 1324 de 2007 “Por el cual se crea el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones”, este decreto tiene como objeto establecer el inventario de las personas naturales y jurídicas que usan y aprovechan el recurso hídrico en las cuencas priorizadas de conformidad con el Decreto 1729 de 2002 o la norma que lo modifique o sustituya, que constituye un elemento del sistema de información del recurso hídrico – SIRH, el cual a su vez es un componente del Sistema de Información Ambiental tiene como objetivo crear un registro de usuarios del recurso hídrico y otras disposiciones. Este decreto en su artículo 3, pone en claro que las autoridades ambientales competentes deberán realizar el registro de usuarios del recurso hídrico de manera gradual en las cuencas hidrográficas priorizadas en su jurisdicción.

4.2. LOS GIS Y LAS BASES DE DATOS

4.2.1. Bases de datos (sistemas gestores de bases de datos)

Una base de datos es un depósito para almacenar grandes cantidades de datos; pueden almacenar casi cualquier tipo de dato, organizan el almacenamiento de información en formato no muy diferente al de una tabla; puede tener varios tipos de tabla, cada una de las cuales almacena datos de cierto tipo. Además, cuentan con un número de funciones útiles (CALDERON OBANDO, 2017)

¹⁰ (MADR, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1978)

- Puede ser usada por varios usuarios al mismo tiempo (permite el uso simultáneo).
- Ofrece un número de técnicas para almacenar datos y permite el uso del más eficiente y con mayor facilidad.
- Permite la imposición de reglas sobre los datos almacenados; reglas que serán automáticamente verificadas después de cada actualización de los datos.
- Ofrece un fácil uso de lenguaje de manipulación de los datos, el cual permite la ejecución de toda clase de extracción y actualización de datos.
- Trata de ejecutar cada consulta en el lenguaje de manipulación de los datos de la manera más eficiente¹¹.

Según información descrita en la página web del Museo informático de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV, 2018)¹² se puede decir que una base de datos es un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada o estructurada.

Desde el punto de vista informático, una **base de datos** es un sistema formado por un conjunto de datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas (gestores de bases de datos) que manipulen ese conjunto de datos. Por su parte, un **sistema de Gestión de Bases de datos** es un tipo de software muy específico dedicado a servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones que la utilizan; o lo que es lo mismo, una agrupación de programas que sirven para definir, construir y manipular una base de datos, permitiendo así almacenar y posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada.

Un **sistema gestor de bases de datos** (SGBD) conforme a lo descrito por (SILBERSCHATZ, 2002) es:

- Una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos. La colección de datos, normalmente denominada **base de datos**, contiene información relevante para una empresa. El objetivo principal de un SGBD es proporcionar una forma de almacenar y recuperar la información de una base de datos de manera que sea tanto *práctica* como *eficiente*. Los sistemas de bases de datos se diseñan para gestionar grandes cantidades de información.

La gestión de los datos implica tanto la definición de estructuras para almacenar la información como la provisión de mecanismos para la manipulación de la información. Además, los sistemas de bases de datos deben proporcionar la fiabilidad de la información almacenada, a pesar de las caídas del sistema o los intentos de acceso sin autorización. Si los datos van a ser compartidos entre diversos usuarios, el sistema debe evitar posibles resultados anómalos¹³.

¹¹ (CALDERON OBANDO, 2017, págs. 16 - 17)

¹² (UPV, 2018, págs. <http://histinf.blogs.upv.es/2011/01/04/historia-de-las-bases-de-datos/>)

¹³ (SILBERSCHATZ, 2002, pág. 17)

El uso de las bases de datos y sus mejoras se desarrollaron a partir de las necesidades de almacenar cantidades mayores de datos y a través de gestores que permitieran la mejor administración de la información grandes cantidades de información. En la época de los sesenta se dio inicio a las primeras generaciones de bases de datos de red y las bases de datos jerárquicas, en las que era posible guardar estructuras de datos en listas y árboles. Posteriormente a mediados de la década de los 70 se definió el modelo relacional, lo que dio paso al nacimiento de la segunda generación de los sistemas gestores de bases de datos.

En la década de 1990 la investigación en bases de datos giró en torno a las bases de datos orientadas a objetos, las cuales han tenido bastante éxito a la hora de gestionar datos complejos en los campos donde las bases de datos relacionales no han podido desarrollarse de forma eficiente; Así se desarrollaron herramientas como Excel y Access (*) del paquete de Microsoft Office que marcan el inicio de las bases de datos orientadas a objetos. Así se creó la tercera generación de sistemas gestores de bases de datos.

Figura 1. Gestores de bases de datos Microsoft Access y Excel



Fuente: Universidad Politécnica de Valencia (UPV, 2018); Museo Informática - UPV.
Fecha de consulta: 25/04/2018. Disponible en: <http://histinf.blogs.upv.es/2011/01/04/historia-de-las-bases-de-datos/>

Según (LARCHER, 2017) en su forma más simple, una base de datos es una colección de datos relacionados a un tema particular, una lista de datos. Cuando se efectúa una lista de direcciones, nombres, productos, se está generando una base de datos. De hecho, no es necesario usar un programa de bases de datos para

* Access es un programa utilizado en los sistemas operativos Microsoft Windows, para la gestión de bases de datos creado y modificado por Microsoft y orientado a ser usado en entornos personales o en pequeñas organizaciones. Es un componente de la Suite **Microsoft Office**. Permite crear ficheros de bases de datos relacionales que puedan ser fácilmente gestionadas por una interfaz gráfica sencilla. Además, estas bases de datos pueden ser consultadas por otros programas. Dentro de un sistema de información, entraría dentro de la categoría de gestión, y no en la ofimática, como podría pensarse. Este programa permite manipular los datos en forma de tablas (formadas por filas y columnas), crear relaciones entre tablas, consultas, formularios para introducir datos e informes para presentar la información.

crear una: se podría estar haciendo una lista como la que acabamos de mencionar usando Excel, Word o (incluso) el Bloc de notas.

Sin embargo, un programa de administración de bases de datos, es mucho más potente que la lista realizada en un documento de Word, pues permite:

- **Almacenar datos:** una base de datos almacena datos relacionados con un asunto o propósito particular (por ejemplo, una lista de recetas o los clientes de una empresa); también facilita las tareas de agregar, actualizar, organizar y eliminar datos.
- **Buscar datos:** puede ubicarse un dato fácil y rápidamente. Por ejemplo, buscar los clientes de apellido "Gómez" que residan en la localidad cuyo código postal es 1200.
- **Analizar e imprimir información:** se pueden realizar cálculos con los datos almacenados en la base de datos; por ejemplo, calcular qué porcentaje de las ventas totales fue realizado en la provincia de Chubut.
- **Manejar datos:** una base de datos permite manejar con relativa facilidad grandes volúmenes de datos, por ejemplo cambiar el encargado de ventas de todos los clientes de una zona.
- **Compartir datos:** la mayoría de los programas de bases de datos permiten que más de un usuario acceda simultáneamente a los mismos datos; los denominaremos bases de datos multi-usuario¹⁴.

Los datos se ingresan una sola vez, de una forma determinada y luego pueden manipularse para extraer la información ordenada y seleccionada por múltiples criterios.

4.2.2. Sistemas gestores de Bases de datos espaciales (SDBMS), y los Sistemas de información Geográfica (GIS)

En general existen muchas definiciones para las bases de datos espaciales, la mayoría de conceptos tratan de describir de una manera sencilla su fondo y aplicabilidad; a continuación se describe en forma textual la definición planteada por (CALDERON OBANDO, 2017).

- Las bases de datos espaciales (geodatabases) son un tipo específico de base de datos, se centran en las siguientes funciones: la concurrencia, el almacenamiento, la integridad y la consulta. Además de los datos administrativos tradicionales, estas pueden almacenar representaciones de fenómenos geográficos del mundo real para usar en un SIG). Estas bases de datos son especiales porque usan diferentes técnicas adicionales diferentes de las tablas para almacenar las representaciones espaciales. Una base de datos espacial es usada bajo la suposición que el fenómeno espacial ocurre en dos o tres dimensiones, representado por coordenadas x , y ó x , y , z respectivamente, su representación en la base de datos espacial puede ser de

¹⁴ (LARCHER, 2017, pág. 1)

tipo punto, línea, polígono o imagen y existen diferentes técnicas de almacenamiento para cada uno de estos¹⁵.

De acuerdo con lo descrito con (VITTURINI CASTRO, 2018) **Los Sistemas de Información Geográfica (GIS)** son sistemas usados para recolectar, analizar y presentar información que describe algunas de las propiedades físicas y lógicas del mundo de la geografía. En un sentido amplio, se denomina GIS a cualquier conjunto de procedimientos, sean manuales o asistidos por computadora, usado para manejar datos que tengan referencia geográfica. Un dato con referencia geográfica es un dato espacial que tiene asociada una locación en la superficie terrestre. Hace unas décadas atrás el manejo de la información geográfica estaba limitado a procesos manuales no interactivos. Con el desarrollo de nuevas tecnologías para la recolección y digitalización de datos geográficos, surgió la demanda de manejo y análisis interactivo de los datos. Esto dio lugar a las que hoy se conocen como aplicaciones GIS. Un GIS es más que una herramienta cartográfica para producir mapas, es un tipo de software de aplicación que incluye, entre otras, capacidades:

- Almacenar datos geográficos.
- Recuperar y combinar datos para crear nuevas representaciones de espacios geográficos.
- Proveer herramientas para análisis espacial.
- Ofrecer mecanismos de visualización e interacción que permitan a los usuarios expertos analizar la información.

Un SIG integra las operaciones fundamentales de las bases de datos, tales como las consultas y análisis estadísticos, con los beneficios de visualización y análisis geográficos propios de los mapas, definiendo la topología o relaciones espaciales entre los elementos representados.

En una aplicación GIS típica se pueden identificar cuatro unidades funcionales ingreso de datos, modelo de datos, capacidades de manipulación de datos y facilidades para presentar los resultados. Un modelo de dato conceptual es un tipo de abstracción de dato que oculta detalles sobre la forma en que se almacenan los datos. La manipulación de datos geográficos incluye operaciones de búsqueda espaciales, operaciones geométricas (área, límite, intersección), operaciones topológicas (desconexión) y operaciones métricas (distancia).

Algunos de los servicios que necesita un sistema GIS para funcionar se pueden rescatar de las funcionalidades ofrecidas por los **Sistemas de Manejo de Base de Datos Espaciales** como son: proveer un modelo de dato conceptual con capacidades para representar datos geométricos, incluir un lenguaje de consulta con operadores de consultas sobre datos geométricos, proveer un modo de

¹⁵ (CALDERON OBANDO, 2017, pág. 96)

representación física eficiente de datos espaciales y permitir acceso eficiente a los datos espaciales almacenados.

A pesar de las interdependencias que existen entre las tecnologías GIS y SDBMS, sus visiones son diferentes. Un GIS considera al DBMS como una herramienta que proveer facilidades para almacenar y recuperar datos, que serán procesadas por otras herramientas. Desde el punto de vista del DBMS, un GIS es una aplicación importante pero no la única para ofrecer la habilidad de manejar datos espaciales.

En otras definiciones como las realizadas por (GUTIERREZ GARCIA, 2011) sobre los GIS y las bases de datos geográficas se describe que:

- La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Esta es, una colección de datos acerca de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración. La eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras. El vínculo entre las diferentes estructuras se obtiene mediante el campo clave que contiene el número identificador de los elementos. Tal número identificador aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos. Los atributos no gráficos son guardados en tablas y manipulados por medio de un sistema manejador de bases de datos. Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema SIG. Los objetos geográficos son organizados por temas de información, o capas de información, llamadas también niveles o coberturas. Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos”¹⁶

4.2.2.1. Despliegue de Información GIS

En un SIG, la forma en que se decida desplegar y analizar la información depende del modelo geográfico que se emplea para representar el mundo real. Se conocen tres generaciones de modelos geográficos ((NEGRETE LÓPEZ, 2004) citado por (GARCIA RUIZ, 2009):

Modelo CAD: en los años sesentas y setentas los mapas eran creados con el software CAD (Computer Aid Design). El modelo geográfico CAD almacenaba los datos geográficos en archivos de formato binario con representaciones para puntos, líneas y áreas. La información de los atributos era guardada en estos archivos. En las capas de los mapas, las etiquetas de las anotaciones era la forma primaria de representación de los atributos.

Modelo Coverage: en 1981, ESRI2 introdujo el primer software SIG comercial, ArcInfo, el cual implementa una segunda generación de modelado de datos geográfico, el modelo de datos Coverage, también conocido como modelo de

¹⁶ (GUTIERREZ GARCIA, 2011, págs. <https://sites.google.com/site/sigarcgis/bd-geografica>)

datos geo-relacional. Este modelo presenta dos facetas claves: los datos espaciales son combinados con atributos y las relaciones topológicas entre componentes vectoriales pueden ser almacenadas.

Modelo Geodatabase: ArcInfo introduce un nuevo modelo de datos orientado a objetos llamado Geodatabase Data Model. Este modelo provee un modelo físico de los datos más cercano al modelo de datos lógico, permite implementar la mayoría de los comportamientos normales de los componentes, sin tener que escribir un código. La mayoría de estos comportamientos, están implementados a través de dominios, reglas de validación y otro tipo de funciones provistas por ArcInfo¹⁷.

4.2.2.2. Las bases de datos espaciales de ArcGis (GEODATABASES)

(LAW, 2007) citado por (GARCIA RUIZ, 2009) presenta la siguiente definición de geodatabase "La geodatabase, es la estructura nativa de almacenamiento de datos para ArcGIS que se almacenan en un sistema de archivos de carpeta, una base de datos Microsoft Access o una base de datos de sistema de gestión relacional multiusuario (DBMS), como IBM DB2, IBM Informix, Microsoft SQL Server, Oracle" ¹⁸

Una geodatabase es algo más que una colección de datasets; el término geodatabase tiene diversos significados en ArcGIS, tal y como se describe a continuación:

– La geodatabase es la estructura de datos nativa para ArcGIS y es el formato de datos principal que se utiliza para la edición y administración de datos. Mientras ArcGIS trabaja con información geográfica en numerosos formatos de archivo del sistema de información geográfica (SIG), está diseñado para trabajar con las capacidades de la geodatabase y sacarles provecho.

– Es el almacenamiento físico de la información geográfica, que principalmente utiliza un sistema de administración de bases de datos (DBMS) o un sistema de archivos. Puede acceder y trabajar con esta instancia física del conjunto de datasets a través de ArcGIS o mediante un sistema de administración de bases de datos utilizando SQL.

– Las geodatabases cuentan con un modelo de información integral para representar y administrar información geográfica. Este modelo de información integral se implementa como una serie de tablas que almacenan clases de entidad, datasets ráster y atributos. Además, los objetos de datos SIG avanzados agregan comportamiento SIG, reglas para administrar la integridad espacial y herramientas para trabajar con diversas relaciones espaciales de las entidades, los rásteres y los atributos principales.

– La lógica del software de geodatabases proporciona la lógica de aplicación común que se utiliza en ArcGIS para acceder y trabajar con todos los datos geográficos en una variedad de archivos y formatos. Esto permite trabajar con la geodatabase, e incluye el trabajo con shapefiles, archivos de dibujo asistido

¹⁷ (GARCIA RUIZ, 2009, págs. 19 - 20)

¹⁸ Ibid., p. 22

por ordenador (CAD), redes irregulares de triángulos (TIN), cuadrículas, datos CAD, imágenes, archivos de lenguaje de marcado geográfico (GML) y numerosas otras fuentes de datos SIG.

–Las geodatabases poseen un modelo de transacción para administrar flujos de trabajo de datos SIG¹⁹.

Los componentes principales de una geodatabase según (ZEILER, 1999) citado por (GARCIA RUIZ, 2009) son: el Feature Class, feature Dataset, Raster Dataset, Object class y las relaciones entre clases

Feature class: es una colección de características con el mismo tipo de geometría: punto, línea o polígono.

Feature dataset: es una colección de feature class que comparten un sistema de coordenadas común.

Raster dataset: Es el formato utilizado en una geodatabase, para almacenar archivos “ráster” que son del mismo tipo y poseen igual resolución y número de bandas.

Raster catalog: Es el formato utilizado en una geodatabase, para almacenar archivos “ráster” que son de diversos tipos o poseen distintos números de bandas o resolución.

TIN dataset: contiene un conjunto de triángulos que abarcan exactamente un área con un valor z para cada nodo que representa algún tipo de superficie.

Object class: es una tabla que tiene un comportamiento. Las filas de la matriz representan objetos y las columnas atributos. Tiene información descriptiva acerca de los objetos que se relacionan con características geográficas pero que no están en el mapa.

Relationship class: es una tabla que almacena relaciones entre características u objetos en dos feature class o tablas²⁰.

Según notas de clase (VEGA PANTA, 2016)²¹ y otros apuntes, las bases de datos geográficas además de ser un sistema de almacenamiento de información geográfica que nos va permitir la administración de los elementos mencionados anteriormente, también permite la asignación de comportamientos, tales como:

Subtipos: forma de clasificación interna a nivel de un *feature class*. Los subtipos pueden tener un comportamiento diferente en su interior. En ellos los elementos se agrupan en clases, las cuales son un conjunto homogéneo de elementos básicamente del mismo tipo pero pueden contener variaciones considerables. Por ejemplo: una parcela puede ser rural, urbana o suburbana; los edificios pueden clasificarse en residenciales, comerciales o industriales.

¹⁹ (ESRI, 2018, págs. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>)

²⁰ (GARCIA RUIZ, 2009, págs. 22, 23)

²¹Notas de clase (VEGA PANTA, 2016, pág. 3)

Dominios: forma de limitar las entradas (datos) de un campo. Deben cumplir unas reglas. Pueden ser: un rango de valores o lista de valores. A través de los dominios, un atributo puede tomar un valor de un conjunto de valores predefinidos, con lo que se evita el ingreso de datos erróneos en la base de datos, se asegura una mayor compatibilidad y corrección en los datos y se permite un valor por defecto, inclusive para cada subtipo.

Topología: en la geodatabase administra las relaciones y asegura la integridad espacial del conjunto de datos. Se abstrae la realidad y se deben conservar las relaciones de existencia y ubicación espacial. Existen relaciones espaciales de adyacencia, proximidad y conectividad entre características geográficas.

Una Geodatabase para usuarios avanzados puede contener otros tipos de comportamientos:

Estructura de Parcelas: la estructura de la parcela almacena una superficie continua de parcelas conectadas o red de parcelas. Las parcelas están hechas de entidades poligonales, entidades de línea y entidades de puntos. Los polígonos de parcela se definen mediante líneas que almacenan las dimensiones COGO. Las dimensiones COGO deberían coincidir de forma ideal o final con las dimensiones registradas del registro de topografía o plan. Cada parcela tiene su propio conjunto de líneas, lo que significa que hay dos líneas para definir el límite común entre parcelas adyacentes.

Datasets de Red: Los datasets de red son apropiados para modelar redes de transporte. Se crean a partir de entidades de origen, que pueden incluir entidades simples (líneas y puntos) y giros, y almacenar la conectividad de las entidades de origen. Al realizar un análisis mediante la Extensión ArcGIS Network Analyst, el análisis siempre se realiza en un dataset de red.

Redes Geométricas: Las redes geométricas proporcionan una manera de modelar redes e infraestructuras habituales del mundo real. La distribución de agua, las líneas eléctricas, la conducción de gas, los servicios telefónicos y el flujo del agua de un río son ejemplos de flujos de recursos que se pueden planear y analizar mediante una red geométrica.

(GARCIA RUIZ, 2009) describe que “La geodatabase ha evolucionado como el resultado de años de investigación y desarrollo espacial en el almacenamiento de datos de ESRI. Combina las ventajas de los anteriores formatos de datos ESRI, tales como coberturas y *shapefiles*, junto con otras funcionalidades de gestión de datos. La geodatabase no solamente define cómo se almacenan los datos, el acceso y la administración, sino también permite a los usuarios mantener una

coherente y precisa base de datos geoespaciales y la aplicación de una lógica compleja del negocio”²².

❖ Clases de geodatabase

La geodatabase ofrece tres niveles escalables: “corporativa, para grupos de trabajo y personales. El tamaño de la capacidad y el número de usuarios simultáneos varían en función de cada nivel y proporcionan a los usuarios un amplio y extensible marco de trabajo para la construcción de un sistema SIG. La selección del tipo más adecuado de geodatabase depende de las necesidades específicas de los sistemas de información geográfica del proyecto y/o aplicación”²³.

A continuación se describe las clases de geodatabases según notas de clase (VEGA PANTA, 2016)²⁴:

Una **Personal Geodatabase**, es una base de datos de Microsoft Access que puede almacenar, consultar y administrar tanto datos espaciales como datos no espaciales. Dado que se almacenan en bases de datos de Access, las personal geodatabases tienen un tamaño máximo de 2 GB. Además, solo una persona puede editar a la vez los datos de una personal geodatabase.

Una **File Geodatabase**, es una colección de archivos en una carpeta en disco que puede almacenar, consultar y administrar datos espaciales y datos no espaciales. Varios usuarios pueden utilizar simultáneamente una file geodatabase, pero solo un usuario puede editar los mismos datos en un momento dado. Por consiguiente, puede haber varios editores accediendo a una file geodatabase, pero deben estar editando datos diferentes. El tamaño máximo predeterminado de datasets en file geodatabases es 1 TB. El tamaño máximo se puede aumentar a 256 TB para datasets grandes (normalmente ráster).

ArcSDE geodatabase es útil cuando se necesita una geodatabase multiusuario grande para que muchos usuarios puedan editar y utilizar simultáneamente; Agrega la posibilidad de administrar una geodatabase multiusuario compartida, así como también de admitir una cantidad de flujos de trabajo SIG. La posibilidad de aprovechar las bases de datos relacionales corporativas de su organización es una ventaja clave de las ArcSDE geodatabases.

Las ArcSDE geodatabases trabajan con una variedad de Sistemas Gestores de Base de Datos DBMS, tales como: IBM DB2, Informix, Oracle, Postgre SQL y SQL Server.

²² (GARCIA RUIZ, pág. 24)

²³ Ibid., p.24

²⁴ Notas de clase (VEGA PANTA, 2016, págs. 4 - 5)

❖ Microsoft Acces y las personal geodatabases

– Microsoft Acces

Las bases de datos Acces pueden contener seis tipos diferentes de objetos. Algunos se utilizarán siempre (como las tablas), otros rara vez (como los módulos).

Tablas: Las tablas almacenan los datos de la base de datos en filas (registros) y columnas (campos). Toda base de datos debe contener por lo menos una tabla donde almacenar información; todos los demás tipos de objeto son opcionales.

Consultas: Las consultas son solicitudes de determinados datos, como si fueran preguntas que se van formulado a la base de datos.

Formularios: Tal como los formularios en papel, donde existen lugares preparados para cada dato, un formulario es una pantalla que permite ver los resultados de una consulta o ingresar los datos con que se trabajará.

Informes: Permiten imprimir los datos de una base de datos o los resultados de una consulta

Macros: Las macros ayudan a realizar tareas rutinarias, automatizándolas en un solo comando.

Módulos: Como las macros, los módulos permiten automatizar tareas, pero usando un lenguaje de programación denominado Visual Basic. Los módulos son más potentes y complejos que las macros²⁵

Según foro Web ²⁶ una base de datos formato Acces tiene las siguientes características:

- Una tabla puede contener un máximo de 255 campos.
- Una tabla puede contener un máximo de 32 Índices.
- Un índice de campos múltiples puede tener hasta 10 columnas.
- Un registro de una tabla, excluyendo los campos Memo y objetos OLE, no puede tener una capacidad superior a 2 kilobytes (2000 caracteres) aproximadamente.
- Un campo Memo puede almacenar hasta 65535 caracteres, aunque si los datos se introducen mediante código, el tamaño puede llegar a ser de 1 gigabyte.
- Un objeto OLE puede ser de hasta 1 gigabyte de tamaño.
- No existe un límite sobre el número de registros de una tabla, pero un archivo de base de datos de Microsoft Access no puede ser mayor de 2 gigabytes.
- El número máximo de relaciones establecidas por tabla es de 32 menos el número de índices que posee la tabla para los campos o combinaciones de campos que no forman parte de relaciones.

²⁵ (LARCHER, 2017, pág. 1)

²⁶ <https://yoreparo.com/programacion/preguntas/58611/limites-de-las-bases-de-datos-y-tablas-en-access>

- El número máximo de caracteres en una celda de la cuadrícula de diseño de consulta es de 1024.
- El número máximo de objetos que puede poseer una base de datos es de 32768.
- El número máximo de caracteres para el nombre de un objeto, o para un nombre de campo es de 64.

– Personal Geodatabase

Una geodatabase personal es una base de datos de Microsoft Access que puede almacenar, consultar y administrar tanto datos espaciales como datos no espaciales. Dado que se almacenan en bases de datos de Access, las geodatabases personales tienen un tamaño máximo de 2 GB. Además, solo una persona puede editar a la vez los datos de una geodatabase personal (ESRI, ArcGis Desktop, 2018)²⁷

Cuadro 3. Características de la geodatabase personal

CARACTERISTICAS PPALES	DESCRIPCION
Descripción	Formato de datos original para geodatabases de ArcGIS almacenadas y administradas en archivos de datos de Microsoft Access. (Limitado en tamaño y vinculado al sistema operativo de Windows).
Cantidad de usuarios	Un único usuario y grupos de trabajo pequeños con datasets más pequeños; algunos lectores y un escritor. El uso concurrente finalmente se degrada para gran cantidad de lectores.
Formato de almacenamiento	Todo el contenido de cada geodatabase personal se aloja en un único archivo de Microsoft Access (.mdb).
Límites de tamaño	Dos GB por base de datos Access. Comúnmente, el límite efectivo antes de que el rendimiento se degrade es entre 250 y 500 MB por archivo de base de datos Access.
Compatibilidad de versionado	Sólo se admite como una geodatabase para clientes que publican actualizaciones con checkout y check-in y como un cliente al que se le pueden enviar actualizaciones con la replicación unidireccional.
Plataformas	Solo Windows
Seguridad y permisos	Seguridad del sistema de archivos de Windows.
Herramientas de administración de BD	Administración del sistema de archivos de Windows.
Notas	Frecuentemente utilizado como administrador de tabla de atributos (a través de Microsoft Access). Los usuarios prefieren el manejo de cadenas de caracteres para los atributos de texto.

Fuente: ArcGis Resources – Esri (Environmental Systems Research Institute). Fecha de consulta: 03/05/2018. Disponible en:

<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/types-of-geodatabases.htm>
Según (ESRI, ArcGis Desktop, 2018) Las geodatabases personales han sido utilizadas en ArcGIS desde la primera versión 8.0 y han utilizado la estructura de

²⁷ (ESRI, ArcGis Desktop, 2018, págs. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/types-of-geodatabases.htm>)

archivo de datos de Microsoft Access (el archivo .mdb) Admiten geodatabases que se limitan a un tamaño de 2 GB o menos. Sin embargo, el tamaño efectivo de la base de datos es menor, entre 250 y 500 MB, antes de que el rendimiento de la base de datos comience a bajar. Las geodatabases personales sólo son admitidas en el sistema operativo de Microsoft Windows. Los usuarios prefieren las operaciones de tabla que pueden realizar con Microsoft Access en las geodatabases personales. Muchos usuarios realmente prefieren las capacidades de manejo de texto en Microsoft Access para trabajar con valores de atributo.

ArcGIS continuará admitiendo geodatabases personales para varios propósitos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, Esri recomienda utilizar geodatabases de archivos por su escalabilidad en tamaño, su rendimiento significativamente más rápido y la posibilidad de uso multiplataforma.

– Utilización de archivos Acces en ArcGis

Microsoft Office 2007 introdujo un nuevo formato de base de datos de Microsoft Access, accdb, que es el nuevo formato predeterminado en Access 2007 para guardar o crear una base de datos. Se debe usar una conexión en ArcGIS para poder leer y escribir directamente en el nuevo formato de Microsoft Access.

Estas concesiones establecidas mediante el protocolo jet 4.0 son un estándar para compartir datos entre aplicaciones, lo que permite ver la base de datos de Access en ArcMap. Para mantener la integridad de los datos, se debe modificar una base de datos de Access en Access, el mismo modo, solo debería editar una geodatabase personal en ArcGIS. Aunque una geodatabase personal se almacena como un archivo .mdb de Access, no se deberían abrir ni modificar las tablas de una geodatabase personal en Microsoft Access. Se podría dañar la geodatabase y producirse una pérdida de datos. Las conexiones mediante el protocolo jet 4.0 en ArcGIS se utilizan para hacer solamente conexiones a las fuentes de datos tabulares.

La limitación de Microsoft Access como aplicación para editar geodatabases personales es que Access no se diseñó para utilizar ni entender la funcionalidad de ESRI más allá del formato de geodatabase personal. Por ejemplo:

- El formato de base de datos de Access no admite entidades geográficas.
- Las geodatabases personales contienen varias tablas subyacentes que proporcionan información para una única clase de entidad. Al editar una clase de entidad en ArcGIS, ArcGIS realiza el seguimiento de los cambios en todas

las tablas subyacentes. La edición de la geodatabase en Access puede hacer que esas tablas queden desincronizadas y se dañe la geodatabase²⁸.

4.3. ANTECEDENTES

4.3.1. Panorama general

A nivel mundial, en los países más desarrollados, los SIG cuentan con más de treinta años de tradición. Estos son utilizados exitosamente por profesionales, científicos, planificadores, tomadores de decisiones y políticos, en todas las áreas de la actividad humana, en las cuales cabe destacar: el manejo de los recursos naturales, los estudios de impacto ambiental, el pronóstico de cosechas, la zonificación de riesgos naturales, el manejo integral de microcuencas, el ordenamiento territorial, los planes de desarrollo rural y urbano, el diseño de vías y redes de servicios públicos, la administración del catastro, la comercialización de productos, etc.

La presencia de los SIG en Colombia es relativamente nueva. En la actualidad existen varios montajes de estos sistemas, de los cuales, sólo una mínima parte puede mostrar resultados productivos, en su mayoría se crean para dar cumplimiento a la elaboración de productos, pero por lo general no vuelven a ser consultados como elementos básicos en la planificación (*) y mucho menos actualizados. Como afirma (GARCIA RUIZ, 2009) "La razón fundamental es que el uso de los SIG en las empresas se ha reducido a la adquisición y manejo de un computador y sus programas y no al aprovechamiento de una "Nueva Tecnología de la Información", que precisa de una transferencia adecuada y de algunos cambios importantes en la manera de pensar de los usuarios, en la estructura de la organización y en la operación de la empresa".

En cuanto a los medios de difusión de Cartografía en el país, es urgente un cambio en los procedimientos y reglas para no obstaculizar la correcta utilización y máxima explotación de los insumos cartográficos, ya que es muy frecuente notar que existe una alta restricción para su acceso y reproducción, tal como menciona (MOLINA, 2005).

Cada vez es mayor el territorio colombiano cubierto por cartografía digitalizada por diferentes instituciones estatales y privadas que han venido adoptando la tecnología SIG como herramienta de trabajo; sin embargo, en esta misma medida es restringido su uso por otras instituciones, llegando incluso a que la cartografía digitalizada por una entidad estatal raramente sea compartida con

²⁸ Ibid., p. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/types-of-geodatabases.htm>

* La planificación es un proceso reiterativo de minimizar las diferencias entre las condiciones deseadas y las condiciones actuales

otra entidad del Estado, con el argumento de que es información "estratégica" para la institución. Habría que preguntarse qué tan estratégica en realidad puede ser la información que se restringe y qué tanto se protege la organización con esto; en el caso de que en efecto se quisiera utilizar en su contra, se consideraría seguramente el costo de volver a digitalizar la información frente a los "beneficios" esperados.²⁹

En cuanto a datos que involucren aspectos ambientales mucha de la información ambiental se maneja con métodos manuales dispersos que dificultan la consulta, demoran la utilización oportuna de la información, no permiten cruces ni desagregaciones, ocupan personal y espacio muy costosos y mantienen un porcentaje muy alto de información obsoleta, incompleta o equivocada; aunque todavía es muy recurrente encontrar todas las situaciones descritas anteriormente, la tendencia de las instituciones ha sido disminuir las inconsistencias de los datos por errores en los procesos de entrada, reproducir la información entre usuarios con estándares de seguridad para prevenir accesos no autorizados y mantener la integridad y calidad de los datos haciendo uso de la infraestructura de datos espaciales y el reforzamiento los estándares corporativos. (MOLINA, 2005)

En la mayoría de las instituciones en Colombia no existe un trabajo articulado entre entes públicos y privados para los procesos de recopilación, generación y producción de Cartografía, por lo que se genera un gran volumen de datos con enormes diferencias en los métodos de recopilación y múltiples repeticiones, (distintas entidades que generan una misma información, con un resultado final disímil por las diferentes metodologías utilizadas.

A pesar de los inconvenientes descritos anteriormente se han realizado avances significativos en los procesos de gestión de los recursos naturales, tal es el caso del SIRH - Sistema De Información Del Recurso Hídrico que hace parte integrada del Sistema de Información Ambiental de Colombia –SIAC; El SIRH es un conjunto de elementos que integra y estandariza el acopio, registro, manejo y consulta de datos, bases de datos, estadísticas, sistemas, modelos, información documental y bibliográfica, reglamentos y protocolos que facilita la gestión integral del recurso hídrico. (MINAMBIENTE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, 2018)³⁰.

Dentro los mecanismos para conformar y operar el Sistema de Información Ambiental en lo referente al recurso hídrico, el IDEAM coordina el Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH. En el cual se pretende integrar información

²⁹ (MOLINA, 2005, págs. 21 - 31)

³⁰ (MINAMBIENTE, SIRH, 2018),

<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1958-sistema-de-informacion-del-recurso-hidrico-sirh#links-de-inter%C3%A9s>

en cuanto a componentes de oferta, demanda, calidad y riesgos asociados al recurso hídrico. Para organizar la información se han desarrollado varias plantillas en formato Excel para el manejo de datos de aguas superficiales que sirven como preparación de la información para posteriormente ser ingresadas en ambiente web a las bases de datos nacionales, las dos plantillas consideradas por este proyecto como de mayor utilidad para los procesos de reglamentaciones cuerpos de agua son:

Plantilla para el Registro de fuentes hídricas, y calidad: es un archivo Excel para la consolidación de la información de las fuentes, identificando sus respectivos tramos, longitud, descripción general, usos, tipo de flujo, georreferenciación inicial y final y los calores de los parámetros en los cuales se tiene asociados objetivos de calidad y metas de reducción.

RURH (Registro de Usuarios del Recurso Hídrico): Es una herramienta web que facilita a las AAC la documentación de información de personas naturales y jurídicas que hacen uso del recurso hídrico y la información de tipo administrativa y técnica relacionada con el agua. La herramienta funciona a través de una serie de formularios que recopila información técnica que busca documentar y respaldar las decisiones definidas en el acto administrativo, tales como, las características de construcción de captaciones y vertimiento, oferta hídrica y caracterización del vertimiento ³¹

El IDEAM actualmente cuenta con un Modelo de datos y un diccionario de datos, desarrollado “con el fin de usar términos comunes y listas controladas para la caracterización de la información”, correspondiente al recurso.

El ANLA cuenta con un plantilla institucional de metadatos para la aplicación de modelo de datos de la geodatabase, el cual es de gran utilidad y altamente utilizado en proyectos ambientales.

4.3.1.1. Otros Antecedentes

A continuación se describen algunos trabajos que involucran Sistemas de Información geográfica y bases de datos en general para el apoyo de los procesos de reglamentación de corrientes hídricas.

En el año 2007 MINAMBIENTE y El ISD describieron en la “Guía preliminar para Ordenamiento y Reglamentación del Recurso Hídrico - Fuentes Superficiales” que en un proceso de reglamentación de fuentes hídricas se debe construir y alimentar una base de datos de concesiones, la cual debe contener como mínimos, los campos de: nombre del usuario, identificación, caudal concesionado, fecha de la resolución, tiempo de concesión y uso, georreferenciación y seguimiento a obras hidráulicas, resaltando así la necesidad de manejar bases de datos en los procesos

³¹ <http://www.ideam.gov.co/web/agua/manuales-sirh>

de reglamentación dejando a un lado los formatos análogos y el manejo de archivos en hojas de cálculo que no están concebidas como motores de bases de datos.

(ARENAS QUIÑONES, 2017) Presentaron un proyecto de grado para desarrollar aplicaciones en ambiente web usando Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la gestión del agua superficial en el Departamento del Valle del Cauca. *ArcGis Collector* y *Web App Wilder* for ArcGis son las herramientas principales usadas para el desarrollo de las aplicaciones *Collector Usuarios del Agua* y *Módulo Concesiones*. Dichas aplicaciones permiten coleccionar en campo fuera de línea datos relevantes asociados al flujo de trabajo para el otorgamiento de una concesión de agua superficial y hacer gestión, seguimiento y control al recurso hídrico superficial. Se estructuró una base de datos espacial en formato file geodatabase (GDB) para la temática de concesiones de agua superficial la cual se integró a la base de datos corporativa de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. Se configuró una (1) aplicación usando *ArcGis Collector* para la captura en campo de puntos que representan captaciones de agua superficial y predios y recolección de datos para el flujo de trabajo de otorgamiento de concesiones de agua superficial. Se desarrolló una aplicación en ambiente web denominada *Modulo Concesiones* que permite actualizar, editar, almacenar, automatizar, generar reportes y consultar la Base de Datos. Este trabajo contribuye a la gestión oportuna, eficiente y eficaz del recurso hídrico superficial en el Departamento del Valle del Cauca, a partir del uso de herramientas SIG en ambiente WEB

(GARCIA SERNA, 2009) Menciona en su proyecto denominado “Acciones Administrativas Para La Reglamentación De Corrientes De Agua En El Departamento De Risaralda - Estudio De Caso: Rio Cestilla” que para el proceso de identificación de usuarios del agua dentro de un procesos de reglamentación de usos y aprovechamientos del agua , lo primero que debe hacer la AAC es recopilar los expedientes relacionados con las concesiones de agua (incluyendo los incompletos y vencidos) para posteriormente complementar la información con visitas de campo, en las cuales también se debe realizar un reconocimiento de la red hídrica principal, verificar los tributarios de la cuenca principal, identificar e incluir los usuarios que no tienen legalizados sus captaciones; en cuanto al almacenamiento de la información mencionan que se debe georreferenciar las bocatomas para poder alimentar el SIG de la entidad y que al tener identificados todos los usuarios legales y no legalizados que tienen captaciones, esta información se deben introducir en una base de datos, la cual debe incluir información sobre si el usuario tiene expediente en la entidad, su información de contacto, y el tipo de actividad económica y nivel de actividad.

Para el registro de los datos procedentes del censo de usuarios no se describe el uso de ninguna base de datos, pero destacan la exigencia del decreto 1324 de 2004 expedido por el MINMABIENTE el cual tiene como objetivo principal lograr que las AAC en forma progresiva creen un Registro de Usuarios del Recurso Hídrico; para

este proyecto se describen como necesario el uso de las plantillas de Excel dispuestas por el IDEAM como parte del SIRH para la consignación de la información procedente del censo de usuarios.

Para la realización y actualización del Registro de Usuarios, la autoridad ambiental competente, utilizará el protocolo que deberá incluir al menos la siguiente información:

- Nombre y apellidos del tenedor, poseedor o propietario del predio, documento de identidad, domicilio y nacionalidad. Si se trata de una persona jurídica, pública o privada, se indicará su razón social, domicilio y nombre del representante legal.
- Nombre de la fuente donde se está realizando la captación.
- La georreferenciación de la captación.
- Cantidad de agua que se está utilizando en litros por segundo.
- Información sobre la destinación que se le está dando al recurso.
- Nombre del predio o predios, municipios o comunidades que se están beneficiando.
- Información sobre los sistemas adoptados para la captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje.

4.3.2. Antecedentes Regionales

Dentro de la revisión de información sobre el manejo de datos geográficos y alfanuméricos provenientes de los proyectos de reglamentación de corrientes hídricas en las bases de datos de La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM , se encontró el “*protocolo de entrega y manejo información cartográfica y SIG (I-CAM-017 del 29 de Oct de 2009)* “ en donde la oficina de planeación de la Corporación define algunos parámetros para la entrega de la información cartográfica para su correspondiente ingreso al SIG; En este protocolo se muestra en forma muy general cada uno de los componentes que se debe tener en cuenta para la elaboración del SIG en los proyectos ambientales, pero no se hace ningún tipo de especificaciones para proyectos de reglamentación, ni tampoco se realiza ningún tipo de profundización aplicada de la metodología, por lo que muchos aspectos quedan sujetos a la apreciación de los contratistas el cual es particular en cada proyecto.

El protocolo de entrega de información geográfica y SIG entró en vigencia a partir del año 2009, por lo que los proyectos de reglamentación entregados a la AAC posterior a este año, han usado el modelo de personal geodatabase de ArcGis para el almacenamiento de información geográfica y han tratado de seguir los lineamientos allí descritos, en forma muy general y obviando algunos requerimientos. La información geográfica producto de los procesos de reglamentación entregada antes del 2009 se encuentra almacenada en formatos

diversos tales como DWG , algunos shapefile y tablas de Excel con descripción de coordenadas , lo que exige su transformación a formatos GIS para poder realizar acciones de interoperabilidad y análisis.

En lo que respecta al almacenamiento de información alfanumérica, es decir, todos los datos procedentes del censo de usuarios y agropecuario, lo cual es la base para la estimación de la demanda(*), se observó que no existe ningún tipo de estandarización para el manejo de datos, al igual que con la información cartográfica a partir de la implementación del protocolo de entrega de información en el año 2009, se dio inicio al uso del gestor de bases de datos Acces para el almacenamiento de extensas cantidades de datos. En cuanto al uso de este **SDBMS** se evidenció que aunque operan en forma similar (creación de tablas y consultas) los modelos entidad – relación varían en cada uno de los proyectos, tampoco existe ningún estándar para su creación y cada BD fue establecida conforme el criterio del contratista, adicional a esto, se evidenció que existe redundancia de información, es decir, la misma información se encuentra repetida en varias tablas, no está establecida en forma clara cuál es la entidad principal (ID) que permitirá la realización de conexión con la base geográfica, otras tienen excesos de tablas que no permiten la administración eficiente de la información y dificulta la creación de consultas para el desarrollo de informes.

Para la realización del enlace entre las bases de datos (alfanumérica y la geográfica) se usó la creación de una consulta con una gran cantidad de datos que posteriormente se ingresa a la personal geodatabase para la realización de uniones por medio de la herramienta *Join Data* (**)de la caja de herramientas de ArcToolbox por medio de un identificativo común (ID) entre la consulta exportada de Acces y un feature class de la personal geodatabase de ArcGIS, lo cual impide conservar la relación de cardinalidad entre los elementos tabulares y además esta debe ser creada nuevamente cada vez que se ingrese datos a la BD; Datos anteriores al año 2009 fueron almacenados en tablas de Excel

El siguiente cuadro describe el formato de almacenamiento de cada uno de los proyectos de reglamentación que hacen parte de los archivos de la AAC.

* Para la estimación de la demanda hídrica en la zona de estudio, se usa como insumo base la información consignada por los usuarios en el formulario de solicitud de concesión de aguas (censo de usuarios y agropecuario), en el que se recopila información básica del propietario, del predio y principalmente del uso del agua en el terreno (tipo de cultivo y hectáreas, uso pecuario, unidades domésticas, ha de espejo de agua destinadas a producción piscícola, tipo de riego, frecuencia, etc).

** Un Join permite unir dos tablas por medio de un identificativo común (ID), los datos de ambas tablas se anexan por el ID, dando la posibilidad de representar espacialmente datos externos, los datos a vincular provienen de un componente tabular con un shapefile en ArcMap.

Cuadro 4. Tipo de almacenamiento de la información de los proyectos de reglamentación en la CAM jurisdicción del departamento del Huila

CORRIENTE	FORMATO DE ENTREGA DE LA INFORMACION
Quebrada La Rivera – Mpio. Rivera y Campoalegre (1984)	DWG, shp - excel
Río Villavieja – Mpio Tello y Villavieja (2011)	Personal GDB + Acces
Río Las Ceibas - Mpio. Neiva (1999)	Sin Información geográfica – Excel de usuario
Río Guaroco – Mpio. Baraya (2011)	Personal GDB + Acces
Quebrada El Chorro – Mpio Rivera (2001)	Shp - excel
Quebrada El Jagual, Nacimiento Zanja Verde y La Chúquia - Mpio. Rivera (2002)	Shp - excel
Quebrada La Medina – Mpio. Rivera (2005)	Sin Información geográfica – Excel de usuarios
Río Fortalecillas – Mpio. Tello y Neiva (2005)	
Río Frio – Mpio. Campoalegre (2006)	Sin Información geográfica – Excel de usuario
Río Frío – Mpio. Rivera (2006)	DWG - Excel
Río Neiva – Mpio. Campoalegre (2007)	Personal GDB + Acces
Quebrada Majo – Mpio. Garzón (2008)	DWG - Excel
Río Aipe - Mpio. Aipe (2009)	Personal GDB + Acces
Río Bache – Mpio. Palermo, Neiva y Aipe (2009)	Personal GDB + Acces
Río Yaguará – Mpio. Yaguará (2010)	Personal GDB + Acces
Quebrada la Honda – Mpio. Gigante (2010)	Personal GDB + Acces
Corriente Arenoso, Nacimientos varios (2013)	Personal GDB + Acces
Corriente Las Vueltas – Mpio. Gigante (2013)	Personal GDB + Acces
Río Pedernal – Mpio. Teruel y Yaguará (1999)	Sin Información
Quebrada La Caraguaja - Mpio. Campoalegre (2005)	Sin Información
Quebrada El Hígado – Mpio. Tarqui (2007)	Personal GDB + Acces

Fuente: El autor, 2018³²

³² Vargas, T; G (2018). "Metodología para la estructuración y almacenamiento de información geográfica y alfanúmerica en reglamentación de corrientes hídricas - Caso de aplicación: corriente hídrica quebrada Majo que discurre en el municipio de Garzón departamento del Huila". (UMANIZALES)

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE TRABAJO

Este trabajo corresponde a una aplicación práctica de las herramientas que nos brinda las bases de datos y los sistemas de información geográfica para la optimización del manejo de datos asociados a la administración del recurso hídrico.

5.2. PROCEDIMIENTOS

5.2.1. Recursos Humanos

Para el desarrollo del producto SIG de este proyecto, se contó con la participación de profesionales en ingeniería Agrícola y Ambiental quienes se encargaron del proceso de recolección y edición de información geográfica y alfanumérica bajo la supervisión del coordinador del convenio entre FUNDISPROS y LA CAM, además de la asesoría del grupo SIG de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, que además de suministrar información secundaria evaluó la consistencia, exactitud y veracidad de toda la información cartográfica producto de este proyecto.

5.2.2. Software

Para los procesos de, organización, administración, análisis, estructuración, ajuste y edición de información geográfica y alfanumérica, se utilizó el software ArcGis versión 10.3 que también me permite compartir y distribuir la información geográfica.

Google earth para la visualización de múltiple cartografía en un globo virtual con base en fotografías satelitales. Para el caso de la cuenca quebrada Majo y Jagualito estas fotografías tienen variación temporal de los años, 2016, 2015 y 2013.

AutoCAD para la visualización y migración a formato GIS de gran parte de información geográfica que comúnmente era almacenada en formatos CAD, especialmente a la información de los EOT y POT municipales.

Para la captura espacial de información, se utilizó el GPS GARMIN GPSMAP 64S con precisión de 1 a 3 metros; para la captura de coordenadas se utilizó el sistema de referencia WGS 84 y posteriormente los datos almacenados se proyectaron al Datum Magna oficial para Colombia, utilizando para ello el sistema de coordenadas planas conforme de Gauss y en elocuencia con el protocolo de entrega de información cartográfica y SIG de la CAM. (CAM, 1999)

5.2.3. Hardware

Relación de equipos usados

Cuadro 5. Equipos usados para la captura, edición y reproducción de información del proyecto

HARDWARE	DESCRIPCION	CANTIDAD
Computador	Procesador: Intel (R) Core I7 Memoria instalada RAM): 16.0 GB Tipo de sistema : 64 Bits, procesador x64	4
Plotter	Impresión	1
Escaner	Escaneo	1
GPS(*)	Equipamiento de campo	4
Camara Digital	Equipamiento de campo	4
Distanciómetro	Equipamiento de campo	4

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS³³

5.2.4. Información

Para los procesos de planeación y apoyo se usó como insumo base la siguiente información auxiliar.

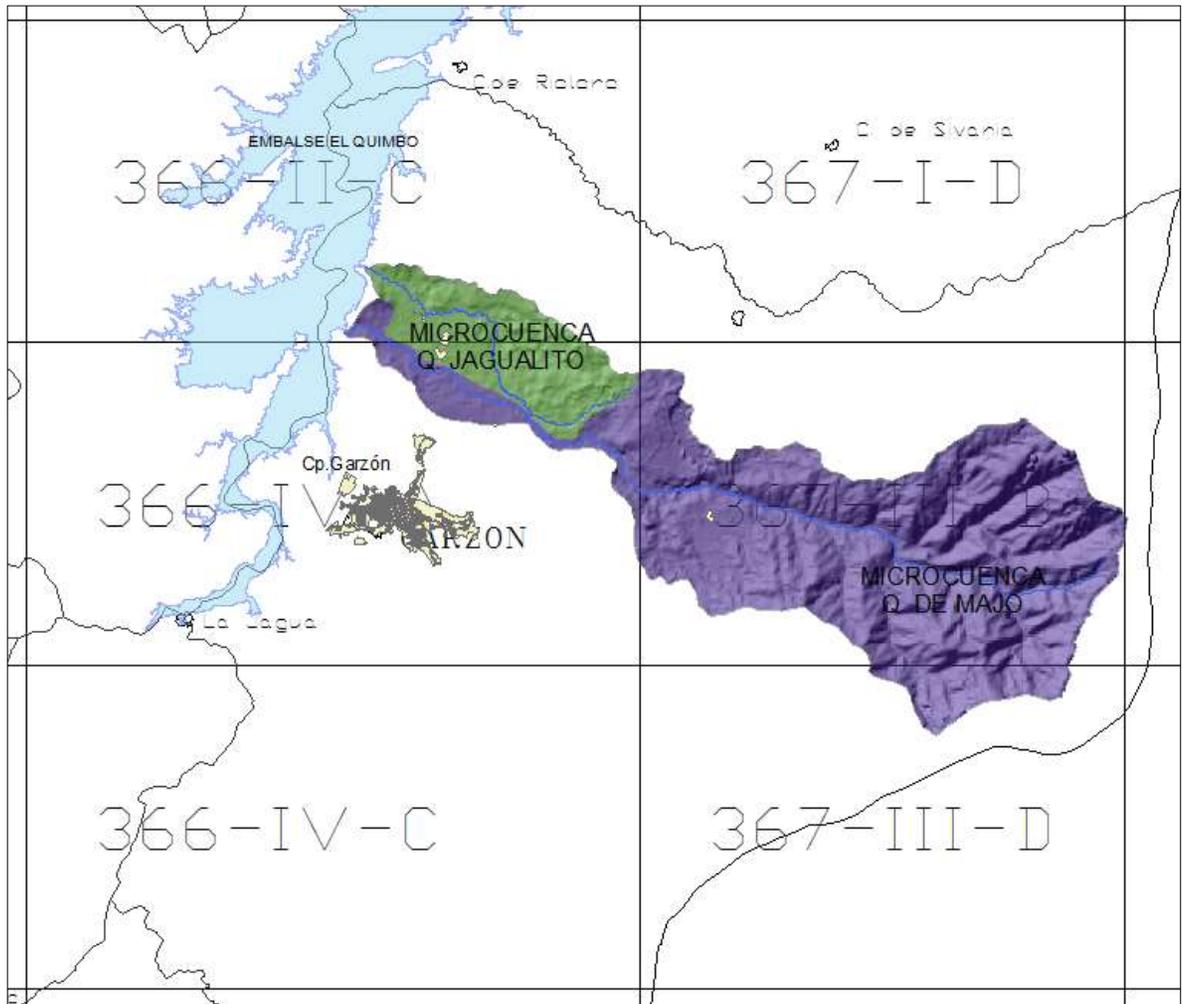
- Cartografía básica del IGAC, escala 1:25. 000 en formato DWG, de la cual se extrajeron, ajustaron, y agruparon por temáticas las planchas. Planchas: 366-II-C, 367-I-D, 366I-IV-A, 367-III-B,367-III-D que corresponden y contienen información cartográfica del municipio de la cuenca hidrográfica de la quebrada Majo y Jagualito en el municipio de Garzón (ver Figura 2).

La siguiente imagen ilustra la distribución espacial de las planchas cartográficas IGAC 25000 de las cuales se extrajo la cartografía básica implementada en el desarrollo de este proyecto.

* Para la captura espacial de información, se utilizó el GPS GARMIN GPSMAP 64S con precisión de 1 a 3 metros; para la captura de coordenadas se utilizó el sistema de referencia WGS 84 y posteriormente los datos almacenados se proyectaron al Datum Magna oficial para Colombia, utilizando para ello el sistema de coordenadas planas conforme de gauss y en elocuencia con el protocolo de entrega de información cartográfica y SIG de la CAM. (CAM, 2009).

³³ FUNDISPROS (Fundación Desarrollo de Las Ingenierías y Ciencias de la Salud para la Proyección Social)

Imagen 3. Localización de planchas 1:25.000 con influencia en la cuenca quebrada Majo y Jagualito



Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

- Cartografía temática de PBOT del municipio de Garzón escala 1:5.000, año 2008; formato DWG
- Modelo digital de elevación ASTER GDEM; Curvas de nivel del área de la cuenca, extraídas cada 50 m de la imagen Aster Gdem ASTGTM_N02W076_dem. Formato Raster.
- Información catastral correspondiente a la zona rural y urbana del municipio de Garzón, extraída del Sistema de Información Geográfica para el Ordenamiento Territorial-SIGOT.

- Información cartográfica del PORH de la quebrada Majo (agrupada por temáticas) contiene áreas protegidas, canales y predios, cobertura del suelo, información hidroclimatológica, suelos, vertimientos, cartografía básica. Formato PDF; Fuente: ISD y CAM, 2007
- SILARH – Sistema Local de Administración del Recurso Hídrico en la cuenca hidrográfica de la Quebrada Majo, Municipio de Garzón. Contiene localización de captaciones, obras hidráulicas, predial con usuarios del recurso hídrico, de referencia y cartografía básica. Formato dwg; Fuente: Universidad Surcolombiana , CAM y Alcaldía de Garzón, 2005
- Ubicación espacial de los usuarios actuales y potenciales del recurso hídrico que ha sido recolectada a través de la realización de visitas técnicas realizadas por la autoridad ambiental. Formato shapefile
- Planos análogos topográficos de límites de predios
- Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas – IDEAM , 2013
- Datos y mapas temáticos obtenidos de las CAM, IDEAM y otros institutos del Sistema Nacional Ambiental, el Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del IDEAM, y del IGAC (2002).
- Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico. Paso a paso para el ordenamiento del Recurso Hídrico. 2015
- Protocolo entrega de información cartográfica – I-CAM-017, Corporación Autónoma Regional del alto Magdalena CAM, 2009.

5.3. METODOLOGIA

El esquema metodológico usado para la recolección, procesamiento, almacenamiento y reproducción de la información geográfica considera 3 etapas.

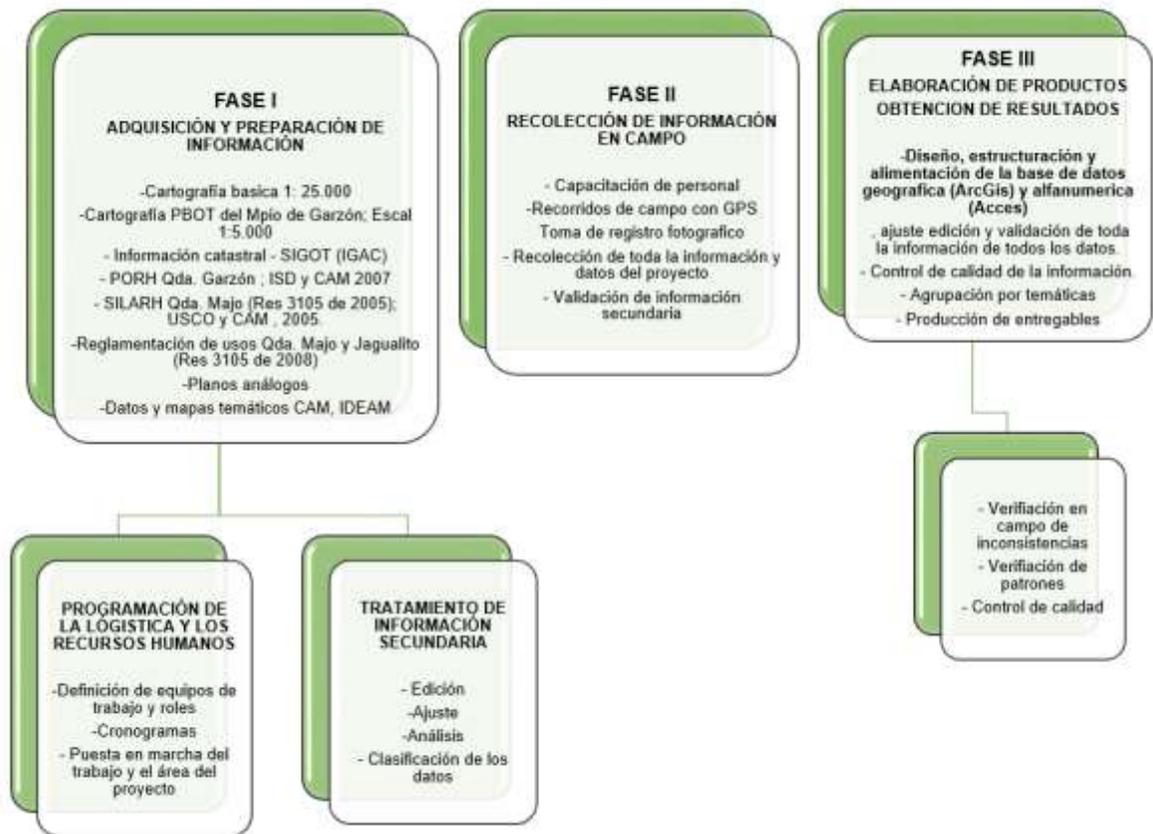
La fase I **ADQUISICIÓN Y PREPARACION**: contempla toda la recolección, validación, análisis y clasificación de la información secundaria en cualquier tipo de escala de trabajo generada, es decir toda aquella información producto de otros estudios y que es especialmente útil para el desarrollo del proceso de actualización de la reglamentación. En esta fase se adaptó la metodología de trabajo, programó la logística y los recursos humanos.

La fase II **RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN CAMPO**: consiste en la recolección en campo de toda la información primaria, es decir, todos aquellos datos actualizados tomados directamente de la zona de estudio. En esta fase se capacita al personal, se inician los trabajos de campo y valida gran parte de la información

secundaria; se interpreta, analiza y recolecta todos los datos de la realidad requeridos para el proyecto.

La fase III ELABORACIÓN DE PRODUCTOS: se realiza la estructuración, edición, ajuste y validación de toda la información geográfica y alfanumérica primaria y secundaria). Se realiza control de calidad de todos los datos, se agrupan por temáticas y se ejecutan los entregables.

Figura 2. Esquema metodológico de trabajo



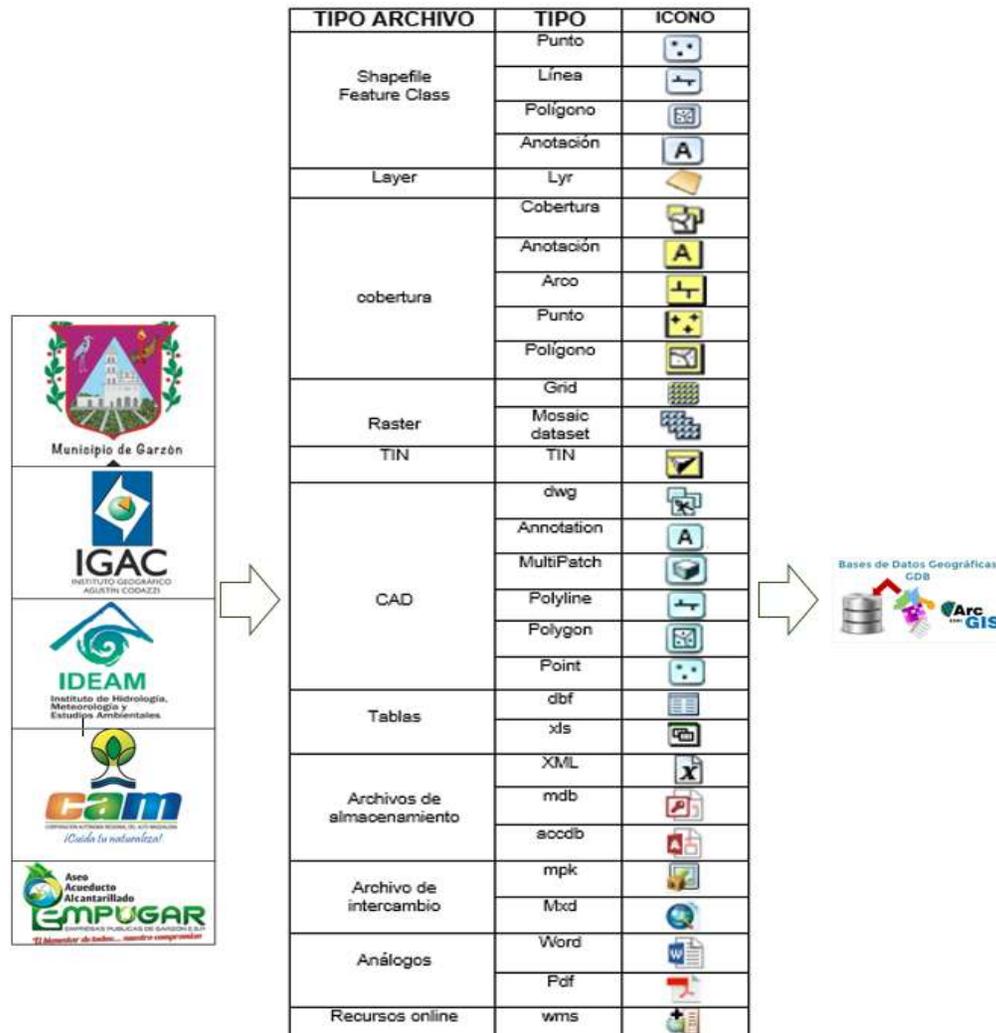
Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

5.3.1. Fase I - Adquisición y preparación

Para llevar a cabo el acopio de información secundaria básica (Información de referencia y/o antecedentes de la cuenca) se solicitó a entidades y organizaciones con jurisdicción en la zona suministrar archivos que contengan información relacionada con temas de: estudios de suelos, climatología, hidrología, calidad de aguas, usos del suelo, geología, cartografía básica, área de influencia, lista de usuarios de la reglamentación anteriormente establecida con sus respectivas

concesiones (Res 3105 de 2009), inventario de vertimientos, planos de sistemas de alcantarillados, puntos estratégicos, etc.

Figura 3. Tipo de información solicitada



Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

De esta forma se accedió y analizó la información de referencia del municipio de Garzón que merece especial atención y que es pertinente analizar para el desarrollo del proyecto. Toda la información se considera valida, además ratifica y complementa el desarrollo de este informe.

La siguiente tabla describe en forma general la información de mayor relevancia consultada.

Cuadro 6. Relación de información cartográfica utilizada para el desarrollo del proyecto

CARTOGRÁFIA	ESCALA	ESTADO			CUMPLE		MEDIO		OBSERVACION
		BUENO	REGULAR	MALO	SI	NO	MAG	FIS	
Predial rural del Mpio de Garzón	1:25.000	x			x		shp		
Predial Urbano del Mpio de Garzón	1:500	x			x		shp		
Localización de estaciones Hidrometeorológicas de Colombia - IDEAM	1:100.000	x			x		shp		
Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas de Colombia	1:100.000	x			x		shp		
Cartografía básica del IGAC	1:25.000		x		x		DWG		
Cartografía básica Estudio Regional del agua - CAM	1:25.000				x		shp		
Archivo alfanumérico con coordenadas de localización contravenciones			x				Excel		Años 2014,2016 y 2016
Planos del PBOT del municipio de Garzón, 2007									
Base cartográfica rural	1:50.000	x			x		DWG		
Geología rural	1:50.000	x					DWG		
Geomorfología	1:50.000	x					DWG		
Cobertura y uso del suelo	1:50.000	x					DWG		
Aptitud de tierras	1:50.000	x					DWG		
Capacidad de uso	1:50.000	x					DWG		
Conflictos finales	1:50.000	x					DWG		
Hidrología	1:50.000	x					DWG		
Clima	1:50.000	x					DWG		
Suelos	1:50.000	x					DWG		
Zonificación Ambiental	1:50.000	x					DWG		
Sistema Local de Administración del recurso Hídrico – SILARH - USCO de la cuenca hidrográfica quebrada Majo 2005 – Revisión de la reglamentación del 1999									
Usos del agua	1:50.000	x					DWG		
Red de distribución de canales, minidistrito y acueductos de la quebrada Majo y Jagualito	1:7500	x					DWG		
Canal Cruce de Cirilo	1:7500	x					DWG		
Puntos De muestreo y tipo de suelos	1:50.000	x					DWG		

CARTOGRÁFIA	ESCALA	ESTADO			CUMPLE		MEDIO		OBSERVACION
		BUENO	REGULAR	MALO	SI	NO	MAG	FIS	
Plan de Ordenamiento Recurso Hídrico - Quebrada Majo, 2007									
Áreas protegidas	1.50.000	x						Pdf	
Básico Majo	1.50.000	x						Pdf	
Áreas Protegidas	1.50.000	x						Pdf	
Canales Majo 1- 7	1:5.000	x						Pdf	
Subcuencas	1.50.000							Pdf	
Vertimientos	1.50.000							Pdf	
Suelos	1.50.000							Pdf	
Modelo digital de elevación ASTER GDEM; ASTGTM_N02W076_dem.	1:100.000	x			x			Raster	

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

Generalidades de la información proveniente del PBOT:

La información proveniente del PBOT presenta datos alfanuméricos estructurados en cuadros y gráficos, además de información espacial dispuesta en forma de cartografía generada a nivel rural y urbano que tiene un alto nivel de participación ciudadana, con el que se planifica técnica y políticamente el futuro del municipio para que satisfaga las necesidades y demandas del desarrollo local, por lo que esta es la principal fuente de información para el desarrollo del proyecto, además de la evidente necesidad de articular todos los proyectos a nivel regional con los PBOT municipales.

Para el desarrollo del PBOT del municipio de Garzón (2007) el cual se elaboró con cartografía IGAC, los problemas de faltantes se solucionaron con mapas topográficos tomados del modelo de elevación digital de terrenos del USGS (United States Geological Service, Servicio Geológico Norteamericano), resolución espacial de 90 mts que permiten trabajar a escalas máximo 1:25.000, disponibles en línea en el año 2004. La parte oriental del municipio, tenía ausencia total de cartografía, la cual fue suplida en algunos mapas presentados por una “cartografía social”; todos estos datos posteriormente se empalmaron para la generación de mapas.

La cartografía del Municipio de Garzón, en general cuenta con buen aporte de datos en el área de influencia del proyecto a diferencia del resto del municipio , pero su principal inconveniente es la desactualización, debido a que se elaboró en el año 2007 específicamente con información del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

El plano No. 18 Zonificación Ambiental, presenta amplia desactualización con respecto a las condiciones actuales del uso del suelo en la región, más aun si se tiene en cuenta la alta incidencia de la zona de inundación del embalse El Quimbo;

esta información no ajustada a las condiciones actuales del área del proyecto sigue siendo adoptada por los entes gubernamentales como información oficial. Dentro de este plano existe un segmento de información rural que se determina sin información, su área y las áreas de reserva para conservación y protección del medio ambiente se encuentran identificadas sin especificar el área que la conforma.

Los planos se encuentran desactualizados y la forma como están graficados no son muy exactos, no hay planimetría de los centros poblados; algunos nuevos caseríos no son representados espacialmente aunque tengan una población significativa; los centros poblados existentes son representados en forma desactualizada.

Existe una propuesta de PBOT realizado por EMGESA como compensación por la construcción de la hidroeléctrica El Quimbo, el cual aún está en proceso de evaluación para su posterior adopción, en el que se refleja la condición actual de todos los sectores del área del proyecto, pero por ser un documento no adoptado aun, solo se usó como referente y elemento de consulta, mas no para la toma de decisiones dentro de la Reglamentación.

Por último los planos no cuentan con convenciones unificadas y actualmente generan confusión, algunos achurados no coinciden con la convención.

En general según (Garzón) El Municipio de Garzón, tiene cobertura cartográfica del IGAC de aproximadamente 29 veredas con el 30,85%, hecho que ha dificultado la interpretación cartográfica del Municipio; por lo que al elaborar los planos del PBOT de 1999, el área de aproximadamente 65 veredas (69,15 %) se definió con información que demarcó una Cartografía social.

Generalidades de la información proveniente del IGAC:

La información geográfica del IGAC, corresponde a la restitución fotográfica realizada con tomas aéreas de los años 1989, 1990 y 1991; por ser una información no real de las circunstancias actuales a nivel espacial y por los requerimientos específicos para el desarrollo del proyecto, los cuales exigen la precisa ubicación geográfica actualizada de los puntos de bocatoma, canales y ubicación de predios que a través de los años han sido afectados por las variaciones hidrológicas del cauce del río, fue necesario realizar labores de actualización, digitalización y edición a la cartografía. De acuerdo a la localización de planchas en que se encuentra dividido el territorio nacional según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el Municipio de Garzón se encuentra ubicado en el cuadrángulo E – 8 correspondiente a las planchas que cubren la cuenca de la quebrada Majo y Jagualito 366-II-C, 367-I-D, 366-IV-A y 367-III-B, 367-III-D.

La información consignada en las planchas del IGAC con incidencia en este proyecto, no contiene las entidades geográficas de la totalidad del cuadrante, es decir, se cuenta con información parcial de algunas capas, pero esto no generó inconvenientes ni faltantes de información, debido a que la zona de influencia de las cuencas objeto de estudio cuenta con el total de información, por esto, los datos se escondieron confiables y sin necesidad de realizar interpolaciones para datos faltante.

La siguiente tabla relaciona la información por temáticas que se encuentra en las planchas del IGAC usadas en el estudio.

Cuadro 7. Relación de planchas IGAC 1:25.000 utilizadas para el desarrollo del proyecto

PLANCHA	PUNTO	COORDENADA	CURVAS	HIDROGRAFIA	VIAS	TOPONIMIA
366-II-C	Si	Si	Si	Si	Si	Si
367-I-D	Si	Si	Parcial	Si	Si	Si
366-IV-A	Si	Si	Si	Si	Si	Si
367-II-B	Si	Si	No	Si	Si	Si
367-III-D	Si	Si	No	Si	Si	Si

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

Sistema Local de Administración del recurso Hídrico – SILARH - USCO de la cuenca hidrográfica quebrada Majo 2005

La información geográfica del SILARH , 2005 se obtuvo como producto del convenio interadministrativo N° 204 del 30 de diciembre del 2003 entre la CAM, la USCO y la Alcaldía de Garzón, que se realizó con el objetivo de diseñar y describir un sistema local de administración del recurso hídrico en la Cuenca Hidrográfica Quebrada Majo, municipio de Garzón, con participación comunitaria y realizar la revisión de la reglamentación de esta misma quebrada realizada en el año 1999 para proponer su actualización.

La información cartográfica producto de este proyecto es útil para revisión de antecedentes de la cuenca, para conocer la dinámica en la localización de estructuras hidráulicas de captación de y derivación de caudal, conducciones y predios. Aunque el inventario de usuarios se realizó usando dispositivos GPS los planos finales no presentan mayor nivel de detalle, especialmente las etiquetas.

Plan de Ordenamiento Recurso Hídrico - Quebrada Majo, 2007

La información geográfica y alfanumérica proveniente del PORH realizado a través del convenio 118 de 2007, suscrito con el instituto para la sostenibilidad del desarrollo – ISD. Y la CAM, solamente ofrece para consulta información en formato Pdf, lo que dificulta notoriamente la extracción de cualquier tipo de datos

geográficos; no fue posible el acceso a los archivos en formato de almacenamiento de información geográfica (feature class, shapefile, mapas dinámicos, gdb, raster y otros) por lo que se trabajó con la información de los mapas en Pdf que en su mayoría describen la fuente usada para su elaboración, lo que nos permite remitirnos a los archivos base.

Otra información fue vectorizada, pero se notó un aumento considerable del error espacial puesto que los mapas se realizaron a escala de trabajo 1:25.000 con impresiones a 1:35.000.

No existe un informe específico del área de SIG que nos permita conocer a detalle los métodos para captura, edición y producción de información geográfica, pero en el cuerpo del informe final del PORH se relacionan las coordenadas de puntos de monitoreo, puntos de interés, algunas obras hidráulicas y estructuras de captación, regulación y administración de caudal que fueron ingresadas, realizando la posterior proyección y empalme con toda la información geográfica secundaria del proyecto.

Generalidades

Se contó también con el apoyo de información disponible online de forma gratuita como imágenes del sensor remoto google earth que tiene imágenes del área del proyecto del año 2016; también con imágenes ASTER GDEM para la extracción de curvas de nivel entre otra información útil para el desarrollo del proyecto.

5.3.1.1. Programación de la logística y recurso humano

- Definición de equipos de trabajo

En esta primera fase de trabajo se definen quienes serán los encargados de otras áreas del proyecto y por tanto quienes suministrarán la información por temáticas cuando se requiera para la implementación de las bases de datos y participaran activamente en el proyecto.

Coordinador del área de agrología

Coordinador área hidrología y climatología

Coordinador del área de calidad de aguas

Coordinador del área de cartografía y SIG

Dos frentes de trabajo compuestos por 1 ingeniero de apoyo (ingeniero agrícola y/o ambiental), en conjunto con un guía local con pleno conocimiento de la zona quien informará la localización de los puntos de interés y realizará el acompañamiento a los recorridos.

Cronogramas

Se construyó un cronograma de visitas donde se estimó la duración del trabajo de campo, el rendimiento en los procesos de identificación y localización de toda la información geográfica, el cual estuvo en elocuencia con los términos contractuales y la programación de entregables y/o productos del proyecto. Los índices de rendimiento dependen de las características de la zona de estudio y de los medios para realizar este ejercicio.

El cronograma de trabajo se elaboró para un tiempo de ejecución de 8 meses en los que se incluyen todas las fases del proyecto.

- Puesta en marcha del trabajo

Se realiza el recorrido previa programación y coordinación; se inicia el recorrido por el cauce ppal del río, sus afluentes, atendiendo los puntos de interés, usuarios actuales y potenciales del agua, obras hidráulicas, conducciones, prediales, entre otros. Simultáneamente se inician las actividades programadas para ser realizadas en oficina donde se realiza revisión, ajuste, edición y estructuración de información geográfica y alfanumérica.

5.3.1.2. Tratamiento de información secundaria

- Debido a que se utilizaron distintas fuentes de información, fue necesario llevar a cabo actividades de edición, ajuste y estructuración de toda información, algunas de las actividades realizadas fueron:
- Todas las entidades que hacen parte de la base de datos GDB se proyectaron y ajustaron al sistema de referencia exigido por el protocolo de entrega y manejo de la información geográfica de la CAM código I-CAM-017, Datum Magna.
- Descarga de información geográfica de servicios web (WMS) y del geoportal del IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
<http://geoportal.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=23>
- Procesos de vectorización para planos análogos aportados por los usuarios, para los cuales se realizaron tareas de escaneo, georreferenciación y digitalización de la información.
- Migración de información en formato DWG (AutoCAD) a formato DXF (archivo de intercambio), para posteriormente utilizando ArcGis 10.3 exportarlo a formato SHP (Shapefile).
- Para información en formato shapefile y feature class, se verificaron aspectos de consistencia lógica de los atributos, exactitud temática y topológica.

- Extracción de curvas de nivel del Modelo Digital de Elevación procedente de la imagen de satélite ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) para la zona de influencia del proyecto. Este mapa topográfico digital fue creado con imágenes estéreo recogidas por el radiómetro japonés llamado ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) y ofrecen resolución espacial de 30 metros. Se realiza relleno de información faltante con métodos de interpolación, se suavizan ángulos.
- Suavizado de polilíneas y polígonos; labor realizada para los puntos obtenidos con GPS del cauce principal de la quebrada, conducciones primarias y secundarias (usos y vertimientos) y curvas de nivel obtenidas de la imagen ASTER-GDEM. Esta actividad se realiza con el fin de suavizar ángulos cerrados para mejorar la calidad estética o cartográfica de las entidades.
- Georreferenciación de planos análogos
- Revisión de convergencia de todas las entidades de tipo línea
- Revisión de dirección del flujo para las entidades tipo polilíneas que representen cuerpos de agua.
- Digitalización y vectorización en formato shapefile de planchas catastrales rurales suministradas por el IGAC de la zona de influencia del proyecto.

5.3.2. Fase II – recolección de información en campo

5.3.2.1. Capacitación de personal

Una vez definida la cantidad y el perfil del personal que se encargará del levantamiento de información en campo y procesamiento de esta, se prepara una jornada de capacitación donde se explica el objetivo y las diferentes actividades que se requieren para adelantar el levantamiento de información primaria y los estándares establecidos y las metodologías.

A cada uno de los ingenieros de apoyo el cual coordina los recorridos por cada uno de los canales, se les entregó la información cartográfica, listado de usuarios de la zona que le corresponda, identificaciones (carné, o distintivos) y equipos de campo (GPS, cámara fotográfica, cinta métrica).

Los temas en las captaciones incluyen:

- Manejo de navegadores GPS
- Descarga de datos
- Proyección de datos
- Almacenamiento de información en formatos GIS
- Edición y estructuración de información geográfica en software ArcGis
- Creación de salidas graficas Mxd
- Manejo de bases de datos Acces
- Elaboración de informes

5.3.2.2. Recorridos en campo con GPS para recolección de información primaria

Los recorridos en campo para procesos de georreferenciación hacen parte de la denominada información primaria obtenida directamente de la zona de estudio, que también que también incluyen las inspección oculares, el diligenciamiento de encuestas, georreferenciación de puntos, aforos puntuales, muestras de suelos, archivo fotográfico, etc

Para los procesos de georreferenciación se utilizó el GPS GARMIN GPSMAP 64S con precisión de 1 a 3 metros; para la captura de coordenadas se utilizó el sistema de referencia WGS 84 y posteriormente los datos almacenados se proyectaron al Datum Magna oficial para Colombia, utilizando para ello el sistema de coordenadas planas conforme de gauss y en elocuencia con el protocolo de entrega de información cartográfica y SIG de la CAM. (CAM, 1999)

Para la recolección de información geografica se localizarón y georeferenciaron los siguientes elementos:

- Cauce principal del rio
- Desembocadura de los afluentes
- Toponimia
- Conducciones de caudal
- Estructuras hidraulicas de administracion de caudal sobre el cauce ppal y las derivaciones
- Obras de ocupación de cauce
- Comprobación y actualización de areas de terreno y areas cultivadas
- Red de monitoreo de cantidad y calidad
- Calicatas
- Localización de lugares que presenten intervención antrópica y que generen un impacto ambiental en el área de estudio.
- Vertimientos
- Conducciones de vertimientos

Para la recolección de informacion alfanumerica se realizaron los siguientes procesos:

- Se allegó a los usuarios del recurso hídrico un formato de encuesta denominado “censo de usuarios y agropecuario”, en el cual cada uno de los propietarios describe la información del uso del agua en su predio y otras características principales de la solicitud de concesión.
- Se recibió las encuestas de usuarios y agropecuario y se organizó el archivo analógico.
- Se digitalizó toda la información en bases de datos en formato acces.

5.3.2.3. Registro fotográfico

Cada punto de interés se acompaña con un archivo fotográfico que ilustra las características del punto de interés. Es un archivo fotográfico claro, dicente, que permite respaldar con mayor claridad las apreciaciones y características cualitativas del punto geográfico referenciado y que posteriormente se usa para alimentar el campo raster de la base de datos geográfica.

Todas las fotografías tomadas durante el recorrido de campo, fueron marcadas de acuerdo con la codificación que se le asignó a las obras y guardadas en una carpeta, con el fin de facilitar su consulta.

5.3.2.4. Validación en campo de información secundaria

A partir de los recorridos efectuados, la identificación de usuarios actuales y potenciales y la verificación del trazado de la red de canales realizada a partir de los recorridos de campo, se hacen los ajustes al área de influencia de la corriente a reglamentar, si es del caso se corrigen y ajustan límites de predios tomando como insumo toda la información jurídica aportada por los propietarios, además de la consulta de portales geográficos con información catastral y se delimita el área de cobertura de los acueductos identificados. Todos estos datos son contrarrestados con información de antecedentes y demás registros que se tengan como insumos dentro del proyecto con el fin de seleccionar datos confiables y que sean reflejo fiel de la realidad de las condiciones de canales, estructuras hidráulicas, cauces hídricos y otras entidades geográficas usadas en el proyecto. En algunos casos esta validación y comparación con registros anteriores permite realizar análisis de trazabilidad de la información, lo cual es especialmente útil para la toma de decisiones.

Una vez validada toda la información, se procesa y almacena en la base de datos del proyecto.

6. RESULTADOS

6.1. Fase III – Elaboración de productos

6.1.1. Diseño, estructuración y alimentación de la base de datos geográfica (GDB) y alfanumérica (BD)

La recopilación de la información del proyecto y su posterior procesamiento es una parte fundamental, esta actividad solo se pudo llevar a cabo mediante la utilización de programas que administren eficientemente la información, para esto existen las bases de datos, las cuales necesitan ser estructuradas y diseñadas para cada fin específico, en el caso del presente proyecto se optó por la utilización del software ArcGis para la estructuración de la base de datos geográfica en formato “mdb”, la cual contiene la información geográfica y alfanumérica de las entidades espaciales agrupadas por temáticas para el desarrollo del proyecto y Microsoft Access 2013 formato “accdb” para el diseño de la base de datos relacional con información procedente de las encuestas agropecuarias, la cual almacena la información en forma de tablas sin referencia espacial, pero si con un código o llave primaria que la relaciona con un determinado elemento gráfico contenido en otro archivo.

El propósito del diseño de esta base de datos descriptiva consiste en poder integrarla efectivamente con las tablas de atributos internos de las entidades geográficas utilizadas en el Sistema de Información Geográfica. En cualquier caso, las tablas obtenidas en la base de datos alfanumérica y la base de datos geográfica no se diferencian en absoluto, ni tienen ninguna otra característica especial, salvo que todos los datos de la base de datos geográfica tienen una referencia espacial o territorial.

Para el desarrollo de este proyecto se crearon 2 bases de datos, 1 estructura de base de datos geográfica a la que se denominó “GDB_PROYEC_REGLAMENT_HIDRICA_QDA_MAJO” y una base de datos descriptiva en formato Acces a la que se denominó “BD_R_CENSO DE USUARIOS_QDA_MAJO” que se enlazarán por medio de la creación de una llave (Primary key).

6.1.1.1. Diseño, estructuración y alimentación de BD externa de atributos (Software Acces)

Para el manejo, almacenamiento y organización de la información procedente de las solicitudes de concesión de agua (encuestas de censo de usuarios y agropecuario), se diseñó una base de datos en formato DBMS del paquete office, a la que se nombró “BD_R_CENSO DE USUARIOS_QDA_MAJO.accdb”, la cual es la base para la elaboración del cuadro de distribución de agua, dado que arroja datos sobre el orden de los predios con respecto a su captación en la quebrada,

nombre de la corriente o canal que abastece cada uno de los predios, área, tipo de uso, tipo de cultivo, sistema de captación, entre otros; el proceso de creación de este sistema de almacenamiento de datos se hizo conforme los lineamientos metodológicos para la realización de una base de datos Microsoft Access ; primero se realizó el diseño matriz que contiene las relaciones entre tablas (relación uno a varios, varios a varios , uno a uno), estas son similares a las reglas que determinan cómo se conectan los datos en las bases de datos.

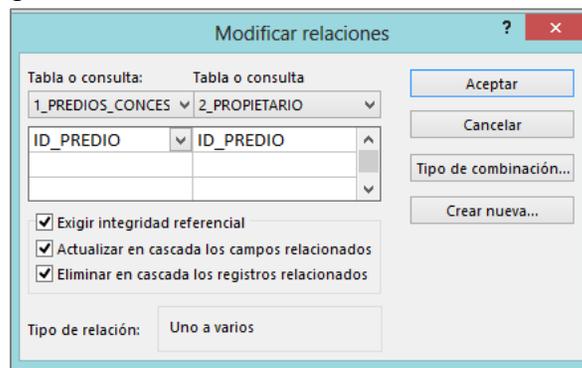
El proceso general de diseño se describe a continuación:

- Determinar el propósito de la base de datos.
- Buscar y organizar la información necesaria
- Dividir la información en tablas
- Convertir los elementos de información en columnas
- Especificación de claves principales
- Establecimiento de relaciones entre tablas
- Perfeccionar el diseño
- Aplicación de reglas de normalización de datos

Este sistema de almacenamiento de información alfanumérica contiene la lista de predios con concesión de agua y sus respectivos propietarios, por ejemplo, tendrá información del predio en una tabla y la información del propietario en otra tabla. La ventana relaciones es donde se configura estas reglas de relación para que se apliquen a lo largo de la base de datos y la información no deba ser trabajada en una gran tabla con muchos campos y columnas si no que se almacene guardando las relaciones entre ellas pero en tablas pequeñas de fácil administración y generación de consultas.

La siguiente figura ilustra la creación de relaciones entre las tablas 1_PREDIOS_CONCESIONES y la tabla 2_PROPIETARIO con los respectivos campos llave utilizados para relacionar las tablas.

Figura 4. Creación de relaciones entre tablas



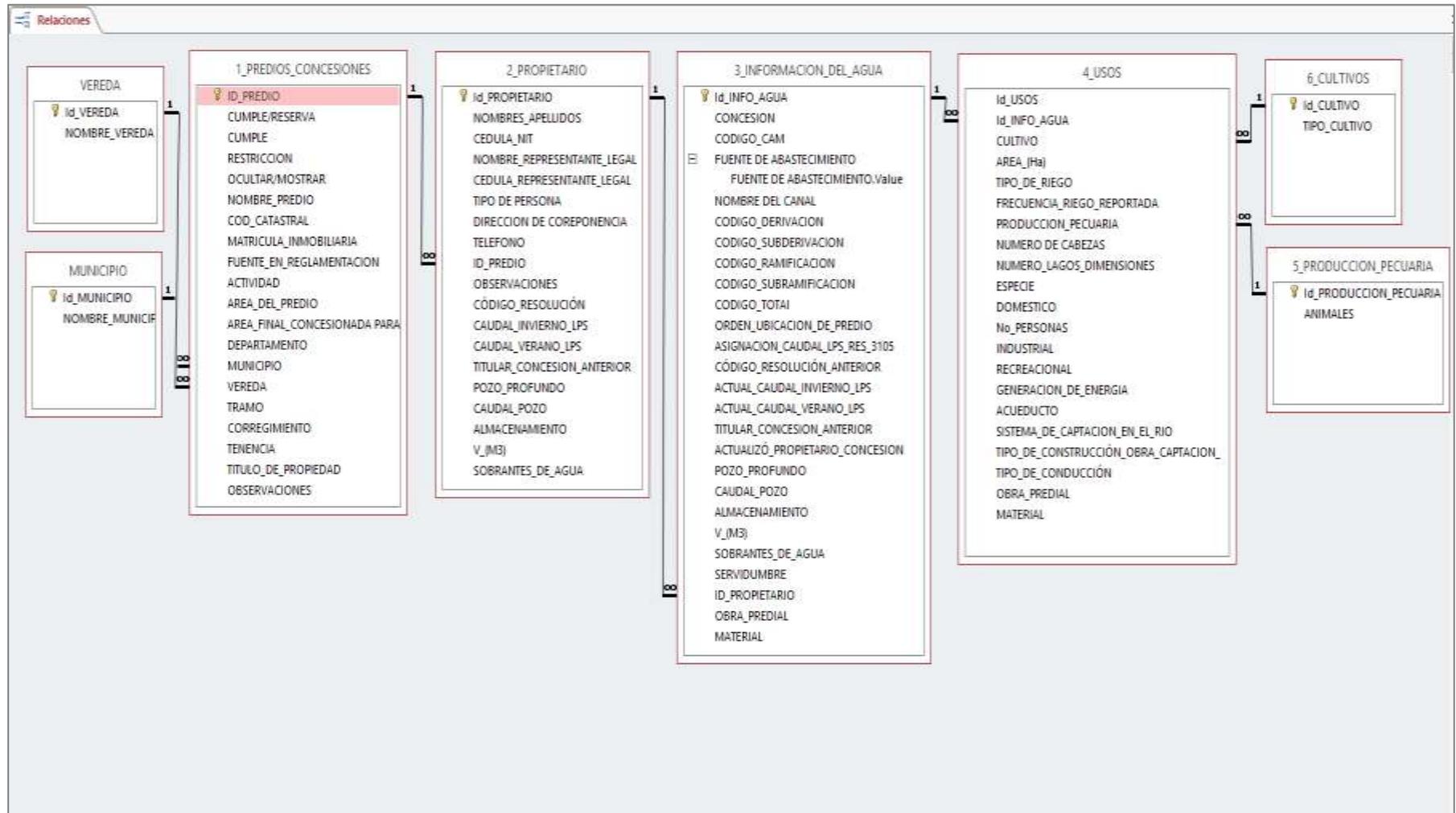
Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

Este sistema relacional se realiza a través de llaves que posteriormente permiten la conexión al ArcGis mediante el protocolo Jet 4.0.

La Figura ilustra el esquema relacional de la BD USOS.

La documentación completa del diseño relacional de la base de datos, que podrá usar para planear y consultar sin conexión, este se describe en el ANEXO 1; este documentador describe las relaciones entre tablas como se muestran en la ventana relaciones y las características de diseño de objetos de base de datos, como las propiedades de objeto.

Figura. Esquema relacional de la base de datos externa BD (accdb)



Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

❖ **Documentación y descripción de componentes de la base de datos alfanumérica (accdb)**

– **TABLAS**

Una tabla de una base de datos es similar en apariencia a una hoja de cálculo, en cuanto a que los datos se almacenan en filas y columnas. Para lograr la máxima flexibilidad para una base de datos, la información tiene que estar organizada en tablas, para que no haya redundancias y se evite trabajar con una tabla de gran tamaño que entorpezca las actividades de ingreso y consulta de registros.

Cada fila de una tabla se denomina registro. En los registros es donde se almacena cada información individual. Cada registro consta de campos (al menos uno). Los campos corresponden a las columnas de la tabla. Los campos se deben configurar con un determinado tipo de datos, ya sea texto, fecha, hora, numérico, o cualquier otro tipo. El número de tablas depende del diseño y la complejidad de la base de datos

La documentación completa de la base de datos de atributos se describe en el **ANEXO 2**.

A continuación se muestra de manera general la información contenida en los campos de las tablas que forman la base de datos descriptiva.

Figura 5. Tabla MUNICIPIO

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_MUNICIPIO	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla municipio
NOMBRE_MUNICIPIO	Texto corto	Nombre del municipio donde esta ubicado el predio

Campos requeridos de la tabla MUNICIPIO
Registros: 1

Figura 6. Tabla VEREDA

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_VEREDA	Autonumeración	Identificador - Clave principal Tabla VEREDA
NOMBRE_VEREDA	Texto corto	Nombre de la vereda en la cual esta ubicado el predio

Campos requeridos de la tabla MUNICIPIO
Registros: 89

Figura 7. Tabla 1_PREDIOS_CONCESIONES

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
ID_PREDIO	Autonumeración	Identificador - clave principal de la tabla PREDIO
CUMPLE/RESERVA	Texto corto	Si el predio es o no objeto de reserva de caudal
CUMPLE	Texto corto	Si cumple o no con todos los requisitos
RESTRICCION	Texto corto	Si tiene o no restricción por uso del suelo
OCULTAR/MOSTRAR	Texto corto	Si el predio queda oculto o visible en el cuadro de distribución
NOMBRE_PREDIO	Texto corto	Nombre del predio segun titulo de propiedad
COD_CATASTRAL	Texto corto	Codigo catastral del predio
MATRICULA_INMOBILIARIA	Texto corto	Matricula inmobiliaria del predio
FUENTE_EN_REGLAMENTACION	Texto corto	Fuente de abastecimiento en reglamentación
ACTIVIDAD	Texto corto	Tipo de actividad que se desarrolla en el predio
AREA_DEL_PREDIO	Texto corto	Area del predio segun titulo de propiedad
AREA_FINAL_CONCESIONADA	Texto corto	Area de terreno concesionada para riego final
DEPARTAMENTO	Texto corto	Llave foranea para conectar con la tabla DEPARTAMENTO
MUNICIPIO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla MUNICIPIO
VEREDA	Número	Llave eforanea para conectar con la tabla vereda
TRAMO	Texto corto	Tramo del rio descrito en el PORH donde se encuentra localizada la captación del predio
CORREGIMIENTO	Texto corto	Nombre del corregimiento donde se encuentra ubicado el predio
TENENCIA	Texto corto	Clase o tipo de tenencia del predio
TITULO_DE_PROPIEDAD	Texto largo	Numero y fecha de escritura publica mediante la cual se le concede propiedad del predio
OBSERVACIONES	Texto largo	Anotaciones sobre características particulares o relevantes que deban ser tenidas en cuenta

Campos requeridos de la tabla 1_PREDIOS_CONCESIONES
 Registros: 475

Figura 8. Tabla 2_PROPIETARIO

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_PROPIETARIO	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla PROPIETARIO
NOMBRES_APELLIDOS	Texto corto	Nombres y apellidos de los propietarios del predio
CEDULA_NIT	Texto corto	Numero de documento de propiedad del propietario
NOMBRE_REPRESENTANTE_LEG	Texto corto	Nombres y apellidos del representante legal cuando es una figura jurídica
CEDULA_REPRESENTANTE_LEG	Texto corto	numero de la cedula de ciudadanía del representante legal
TIPO DE PERSONA	Texto corto	Especificar la naturaleza del propietario
DIRECCION DE COREPONENCIA	Texto corto	Dirección de residencia del propietario para correspondencia
TELEFONO	Texto corto	Numero telefonico del propietario
ID_PREDIO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla PREDIO
OBSERVACIONES	Texto corto	Descripcion de cualquier aspecto de importancia sobre el propietario
CÓDIGO_RESOLUCIÓN	Texto corto	Corresponde al código que identifica el punto de la concesion
CAUDAL_INVIERNO_LPS	Número	Caudal asignado para epoca de invierno
CAUDAL_VERANO_LPS	Número	Caudal asignado para epoca de verano
TITULAR_CONCESION_ANTERIOR	Texto corto	Nombre del propietario de la concesión de aguas
POZO_PROFUNDO	Si/No	Si tiene o no pozo profundo
CAUDAL_POZO	Texto corto	Caudal que almacena en el pozo
ALMACENAMIENTO	Si/No	Si tiene o no algun otro tipo de almacenamiento
V_(M3)	Texto corto	Volumen de almacenamiento
SOBRANTES_DE_AGUA	Si/No	Si riegan o no con sobrantes de agua

Campos requeridos de la tabla 2_PROPIETARIO
 Registros: 634

Figura 9. Tabla 3_INFORMACION_DEL_AGUA

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_INFO_AGUA	Autonumeración	Identificador - Clave principal asignada a la tabla INFORMACION_DEL_AGUA
CONCESION	Texto corto	Si tiene o no concesion de aguas
CODIGO_CAM	Texto corto	Codigo CAM de la concesión
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	Texto corto	Nombre del rio o quebrada del cual se abastece su predio
NOMBRE DEL CANAL	Texto corto	Nombre del canal por donde se transporta el caudal de agua
CODIGO_DERIVACION	Texto corto	Nomenclatura usada para identificar el código de la derivación
CODIGO_SUBDERIVACION	Texto corto	Nomenclatura usada para identificar el código de la Subderivación
CODIGO_RAMIFICACION	Texto corto	Nomenclatura usada para identificar el código de la Ramificación
CODIGO_SUBRAMIFICACION	Texto corto	Nomenclatura usada para identificar el código de la SubRamificación
CODIGO_TOTAL	Texto corto	Nomenclatura final para identificar la derivación
ORDEN_UBICACION_DE_PREDIO	Texto corto	Describe la ubicacion del predio con respecto a la distribución del agua por los canales
ASIGNACION_CAUDAL_LPS_RE	Texto corto	Caudal asignado en la resolucion 3105 del 2008
CÓDIGO_RESOLUCIÓN_ANTERIOR	Texto corto	Resolución mediante la cual anteriormente se adjudico concesion de aguas
ACTUAL_CAUDAL_INVIERNO_L	Texto corto	Caudal nuevo asignado para epoca de invierno
ACTUAL_CAUDAL_VERANO_LP	Texto corto	Caudal nuevo asignado para epoca de verano
TITULAR_CONCESION_ANTERIOR	Texto corto	Nombre del propietario de la concesión de aguas anterior
ACTUALIZÓ_PROPIETARIO_COI	Texto corto	Si actualizó o no nombre de propietario
POZO_PROFUNDO	Si/No	Si tiene o no pozo profundo
CAUDAL_POZO	Texto corto	Caudal que almacena en el pozo
ALMACENAMIENTO	Si/No	Si tiene o no algun otro tipo de almacenamiento
V_(M3)	Texto corto	Volumen de almacenamiento
SOBRANTES_DE_AGUA	Si/No	Si riegan o no con sobrantes de agua
SERVIDUMBRE	Si/No	Si tienen o no servidumbres
ID_PROPIETARIO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla PROPIETARIO
OBRA_PREDIAL	Texto corto	Si tienen o no obra toma predial
MATERIAL	Texto corto	Como esta construida la obra predial

Campos requeridos de la tabla 3_INFORMACION_DEL_AGUA
Registros: 530

Figura 10. Tabla 4_USOS

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_USOS	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla USOS
Id_INFO_AGUA	Número	Llave foranea para conectar con la tabla INFORMACION_DEL_AGUA
CULTIVO	Número	Llave foranea para conectar con la tabla CULTIVO
AREA_(Ha)	Texto corto	Area cultivada reportada en la encuesta
TIPO_DE_RIEGO	Texto corto	Cual es el tipo de riego que utilizan
FRECUENCIA_RIEGO_REPORTADA	Texto corto	Cual es la frecuencia con la que se riega
PRODUCCION_PECUARIA	Número	Llave foranea para conectar con la tabla PRODUCCION_PECUARIA
NUMERO DE CABEZAS	Texto corto	Numero de cabezas de ganado
NUMERO_LAGOS_DIMENSIONES	Texto corto	Si la produccion es piscicola cual es el número de lagos
ESPECIE	Texto corto	Especie pecuaria que desea implementar
DOMESTICO	Texto corto	Si el agua la utilizan o no con fines domesticos
No_PERSONAS	Texto corto	Numero de personas
INDUSTRIAL	Texto corto	Si el agua la utilizan con fines de desarrollo de actividades industriales
RECREACIONAL	Texto corto	Si el agua la utilizan con fines recreativos
GENERACION_DE_ENERGIA	Texto corto	Si el agua la utilizan con fines de generacion de energia
ACUEDUCTO	Texto corto	Si el agua es o no para un acueducto veredal o municipal
SISTEMA_DE_CAPTACION_EN_EL_RIO	Texto corto	Cual es el sistema de captacion desde el rio bombeo - gravedad
TIPO_DE_CONSTRUCCIÓN_OBRA_CAPTACION	Texto corto	Como está construida la captación en el rio artesanal - concreto
TIPO_DE_CONDUCCIÓN	Texto corto	Cual es el tipo de conducción o transporte del agua
OBRA_PREDIAL	Texto corto	Si tienen o no obra toma predial
MATERIAL	Texto corto	Como esta construida la obra predial

Campos requeridos de la tabla 4_USOS
Registros: 703

Figura 11. Tabla 5_PRODUCION_PECUARIA

5_PRODUCION_PECUARIA		
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_PRODUCION_PECUARIA	Autonumeración	Identificador - Clave principal de la tabla PRODUCCION_PECUARIA
ANIMALES	Texto corto	Tipo de animal

Campos requeridos de la tabla 5_PRODUCION_PECUARIA
Registros: 6

Figura 12. Tabla 6_CULTIVOS

6_CULTIVOS		
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
Id_CULTIVO	Autonumeración	Identificador - Clave principal asignada a la tabla CULTIVOS
TIPO_CULTIVO	Texto corto	Uso del predio reportado por el usuario en la encuesta

Campos requeridos de la tabla 6_CULTIVOS
Registros: 36

– CONSULTAS

Una de las principales utilidades de una base de datos consiste en la posibilidad de realizar consultas específicas de la información almacenada en diferentes tablas, ya que al estar relacionadas entre sí se pueden realizar consultas cruzadas proveyendo posibilidades variadas para la creación de informes.

Las consultas son las que verdaderamente hacen el trabajo en una base de datos, ya que pueden realizar numerosas funciones diferentes. Los datos que deseamos ver generalmente suelen estar distribuidos en varias tablas, gracias a las consultas, se pueden ver en una sola hoja de datos. Además, puesto que normalmente no se desea ver todos los registros a la vez, las consultas permiten agregar criterios para "filtrar" los datos hasta obtener solo los registros que se deseen.

Las consultas desarrolladas en Microsoft Access son "actualizables", lo que significa que es posible editar los datos de las tablas base mediante la hoja de datos de la consulta, es decir que los cambios que se producen en las tablas, también se realizan en las consultas y viceversa.

Las consultas creadas en el desarrollo de este proyecto, permiten que la información sea ordenada de tal manera que se torna de fácil acceso; para la temática “usos” y la temática “vertimientos” se crearon las consultas que se describen en la Figura 13.

El ANEXO 3 describe con detalle la documentación de las consultas realizadas en el desarrollo del proyecto.

Figura 13. Consultas realizadas dentro de la BD para análisis de datos en la elaboración de informes



Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

– FORMULARIOS

Un formulario de Access es un objeto de base de datos que se usa como una interfaz visual de usuario para la gestión de la información. Los Formularios básicamente permiten la acomodación de los datos para ser visualizados por pantalla, pero no sólo muestran datos informativos de las tablas, también son interactivos, por tanto permiten introducir nuevos registros en las tablas, modificar e incluso borrar registros de las de una o varias tablas relacionales. También pueden hacer cálculos (campos calculados o controles de cuadros de texto) con los datos de las tablas. Los campos que contienen objetos OLE (imágenes, fotos, sonidos, videos, etc.) necesitan ser mostrados en un formulario para que se vean y/o escuchen.

Existen dos tipos de formularios "dependientes e independientes"; los formularios dependientes son aquellos conectados directamente a un origen de datos como una tabla o consulta y pueden usarse para especificar, editar o mostrar los datos de ese origen de datos. Como alternativa, se puede crear un formulario "independiente" que no esté vinculado directamente a un origen de datos, pero que todavía contenga botones de comando, etiquetas u otros controles que necesita para ejecutar la aplicación.

El formulario creado como interfaz de consulta para esta base de datos es un formulario "dependiente", mediante el cual por medio de una sola ventana se unificó el acceso a los datos en forma simultánea para su consulta conservando todas las cardinalidades establecidas en el diseño de la BD, es decir, mediante el uso de este elemento ya no es necesario abrir cada una de las tablas con su respectivo enlace en forma de cascada, si no que todos los campos que se consideraron principales estarán dispuestos en una sola ventana de manera simultánea únicamente para su consulta.

Estos formularios son especialmente útiles cuando solo se desea ver algunos campos de la base de datos y no todos, el proceso de búsqueda de datos específicos se puede establecer por medio de botones o sencillamente digitalizando el patrón de búsqueda en el botón "buscar" que trae por defecto Access, de esta manera se realiza el proceso de consulta de manera sencilla. La siguiente figura muestra la interfaz visual creada para el desarrollo de este proyecto. La documentación completa del formulario se describe en el ANEXO 4.

❖ Alimentación de la base de datos alfanumérica (acddb)

Para realizar el ingreso de un registro, se debe tener en cuenta un orden; se puede empezar por la primera celda de la primera tabla que en este caso se denomina 1_PREDIOS_CONCESIONES, a partir de aquí se habilita en el primer registro el signo más (+), el cual permite el acceso al primer registro de la segunda tabla denominada 2_PROPIETARIO y así sucesivamente siguiendo el orden de las tablas descrito en el modelo relacional de tablas; de esta manera los datos se ingresan en forma de cascada a la BD; esta normalización se realiza en el momento de crear las relaciones entre tablas, asignando los atributos según la necesidad. Ver Figura 14

Figura 14. Ingreso de datos en BD Acces en forma de cascada

ID_PREDIO	CUMPLE/RESERVA
1	OK
Id_PROPIETARIO	
396	JORGE ANDR
Id_INFO_AGUA	COF
202	SI
Id_USOS	CULTIVO
311	MAIZ
*	(Nuevo)

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

Para el ingreso de información en la base de datos, se debe tener en cuenta algunos lineamientos o condiciones:

Para identificar que se está realizando el ingreso del registro en el campo adecuado, en la fila se muestra un signo (*).

Los campos de tipo “autonómico” no permiten el ingreso de datos ya que son contadores automáticos de los registros que actúan como llaves entre tablas según la configuración realizada para esta BD.

Normalmente, cada uno de los campos de una tabla acepta un solo tipo de datos; por ejemplo, no puede almacenar notas tipo texto en un campo definido para aceptar números; existen algunas excepciones.

Algunos campos que son requeridos deben ser diligenciados de forma obligatoria ya que no permitirá seguir realizando el registro y nos mostrará un anuncio alertándonos del no diligenciamiento del campo.

La eliminación de registros se puede hacer de forma única por tabla o en forma de cascada según la configuración de las condiciones en la BD.

Algunos campos son de tipo multivalor, el cual sirve para crear listas que acepten varios valores; con este campo se puede seleccionar nombres tantas veces según sea necesario, lo que garantiza entradas más precisas; para esta BD un ejemplo se encuentra en la tabla 1_PREDIOS_CONCESIONES, en la columna "Tenencia", la lista de selección es propietario, poseedor, arrendatario, colono y apacero.

6.1.1.2. Diseño y estructuración de la base de datos geográfica - GDB

Para el almacenamiento de la información geográfica recolectada durante el desarrollo del proyecto, se implementó la Personal Geodatabase (formato .mdb), que es un modelo que permite el almacenamiento de la información geográfica ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros o en una colección de tablas en un Sistema Gestor de Base de Datos (Microsoft Access, Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2 e Informix). Para los procesos de edición y procesamiento se utilizó el programa ArcGis 10.3 con los módulos ArcMap, ArcCatalog y ArcGlobe.

A la Geodatabase creada para el proyecto de reglamentación y ordenamiento del cauce de la quebrada Los Micos se le asignó el nombre "GDB_PROYEC_REGLAMENT_HIDRICA_QDA_MAJO" (formato mdb) y se estructuró teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por la CAM.

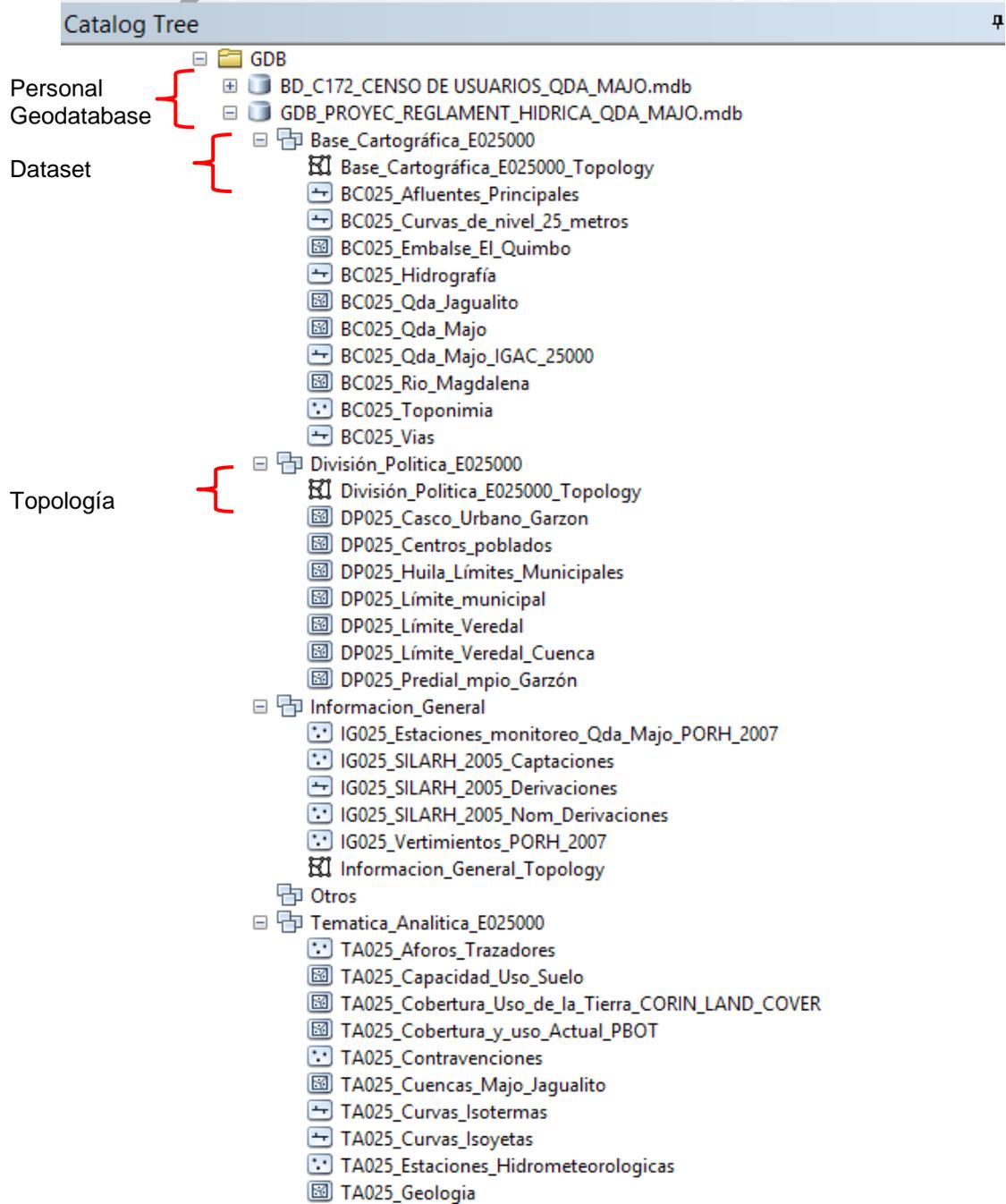
La GDB está formada por Feature Datasets encargados de administrar y agrupar los Feature Class por temáticas previamente establecidas; los Feature Class son entidades que contienen la información geográfica y alfanumérica de cada elemento; una de las ventajas del uso del formato mdb es que no necesita comprar programas adicionales para acceder y almacenar la geobase de datos, se puede tener acceso a los datos solamente con abrir el software como cualquier programa de Windows.

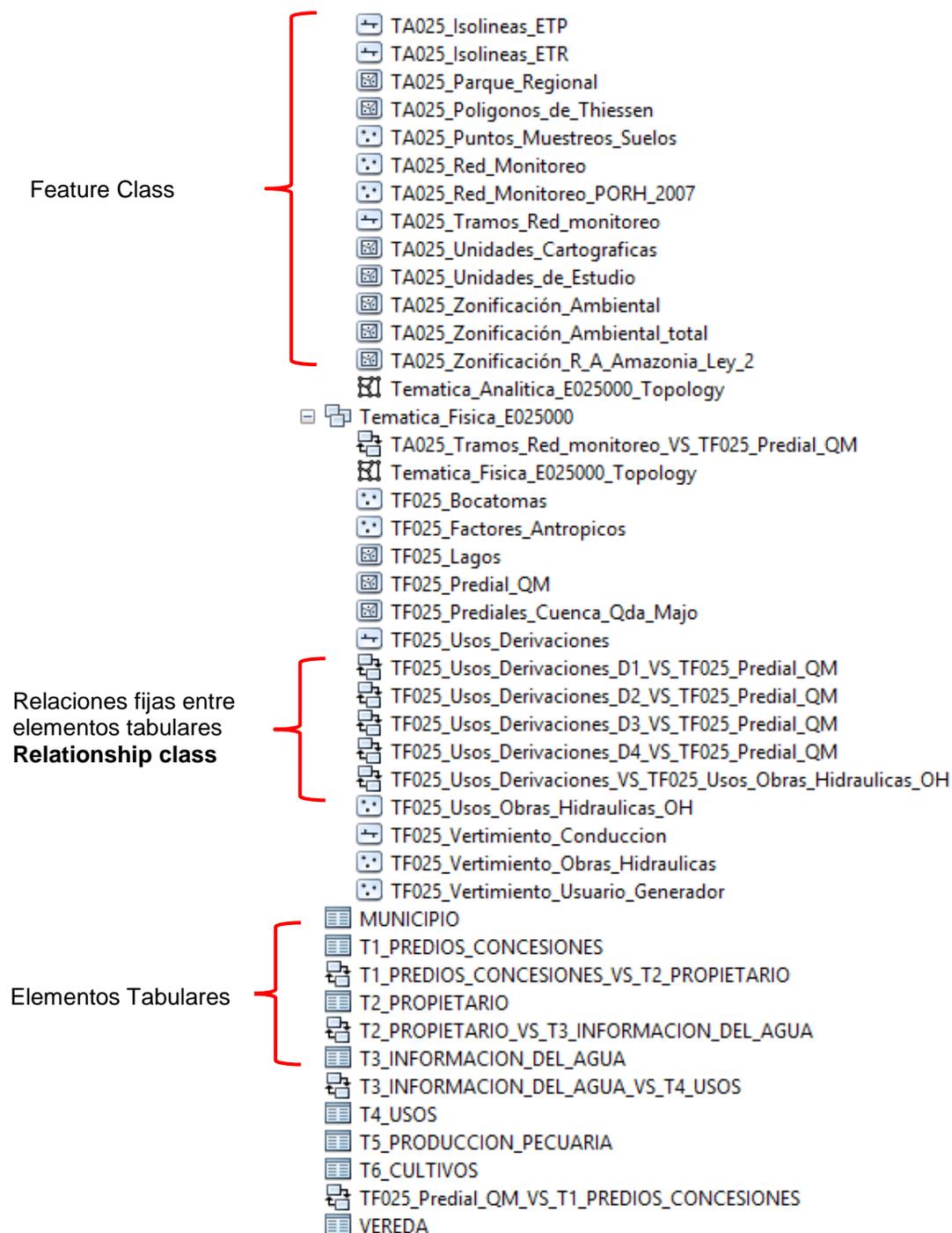
Esta base de datos también almacena las tablas externas con la información de los usos y aprovechamientos del recurso hídrico (encuestas censo de usuarios y agropecuario), extraídos de la BD "BD_CENSO DE USUARIOS_QDA_MAJO", además de todas las relaciones establecidas entre LOS componentes gráficos y tabulares del programa.

El resultado final se convertirá en una herramienta importante para la administración del recurso hídrico, para el control, toma de decisiones; además de que es un sistema flexible en cuanto al ingreso de nueva información o actualizaciones futuras.

La relación de elementos que forman esta base de datos se ilustra a continuación:

Figura 15. Estructura de la base de datos geográfica





Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

❖ **Asignación de llaves primarias a entidades de la base de datos geográfica**

Se asignó un identificador predial (primary key) “ID_PREDIO” a la entidad geométrica tipo polígono que representa las áreas de los predios con concesión de agua almacenados en el dataset “Temática_Fisica_E025000” de la base de datos geográfica “GDB_PROYEC_REGLAMENT_HIDRICA_QDA_MAJO”; es un campo tipo “double” creado en los atributos del feature class (TF025_Predial_QM), con el cual se crea una relación con la base de datos externa Access; en esta BD se crea un campo tipo “numero” denominado de la misma manera “ID_PREDIO” el cual es un contador automático de la información suministrada dentro de la tabla 1_PREDIOS_CONCESIONES, en la que se almacena la información del censo de usuarios y agropecuario.

Figura 16. Campos creados para la relación de tablas entre la BD y GDB

ID_PREDIO	NOMBRE_PREDIO	ACTIVIDAD_PPAL	FUENTE_BI
1	PREDIO RURAL "EL CEDRO" # - CON CASA DE HABITACION	AGROCOLA	QDA_MAJO
2	LOTE DE TERRENO RURAL "PISCICOLA PALACIO SAG" # (PARTE 1)	PECUARIO	QDA_MAJO
3	PREDIO RURAL "DEÑALOSA" # CON CASA DE HABITACION	AGROPECUARIO	QDA_MAJO
4	PREDIO RURAL LOTE "EL CEDRO" #	AGROCOLA	QDA_MAJO
5	PREDIO RURAL "LOS GUADAJULES" #	AGROCOLA	QDA_MAJO
6	PREDIO RURAL "MIRADOR"	AGROPECUARIO	QDA_MAJO
7	LOTE 2 FINCA EL LAGO #	AGROPECUARIO	QDA_MAJO
8	PREDIO RURAL POTRERO DE PASTO ARTIFICIAL CON CASA DE HABITACION HOY LA	AGROPECUARIO	QDA_MAJO
9	PREDIO RURAL "SAN PEDRO" HOY SAN GERMAN (PARTE 1)	AGROCOLA	QDA_MAJO
10	PREDIO RURAL "EL SINAI"	AGROCOLA	QDA_MAJO
11	LOTE PRIMER (PARTE 1)	AGROPECUARIO	QDA_MAJO
12	PREDIO RURAL LOTE NUMERO 21 "LA AVENIDA" #	AGROPECUARIO	QDA_MAJO
13	PREDIO RURAL LOTE 2 #	AGROCOLA	QDA_MAJO
14	PREDIO RURAL LOTE 4 #	AGROCOLA	QDA_MAJO
15	PREDIO RURAL "CASALEYA" # - CON CASA DE HABITACION	PECUARIO	QDA_MAJO
16	PREDIO RURAL EL LIMONCITO EXT HOY GRANJA PISCICOLA LA POLA	AGROPECUARIO	QDA_MAJO
17	LOTE DE TERRENO NUMERO 1 #	AGROCOLA	QDA_MAJO
18	LOTE DE TERRENO # 2 LA ESPERANZA #	AGROCOLA	QDA_MAJO
19	LOTE DE TERRENO # 3 #	AGROCOLA	QDA_MAJO
20	PREDIO RURAL "LA DAVIANA" #	AGROCOLA	QDA_MAJO
21	PREDIO RURAL LAS HEREDAS	AGROCOLA	QDA_MAJO
22	LOTE A TERREMOTO	PECUARIO	QDA_MAJO
23	LOTE LA COIBA #	PECUARIO	QDA_MAJO
24	LOTE DE TERRENO BOCOS (2)	AGROCOLA	QDA_MAJO

ID_PREDIO	NOMBRE_PREDIO	MATRICULA_1	FUENTE_BI
1	PREDIO RURAL "EL CEDRO" # - CON CASA DE HABITACION	202-57654	QDA_MAJO
2	LOTE DE TERRENO RURAL "PISCICOLA PALACIO SAG" # (PARTE 1)	202-68836	QDA_MAJO
3	PREDIO RURAL "DEÑALOSA" # CON CASA DE HABITACION	202-57633	QDA_MAJO
4	PREDIO RURAL LOTE "EL CEDRO" #	202-68730	QDA_MAJO
5	PREDIO RURAL "LOS GUADAJULES" #	202-58731	QDA_MAJO
6	PREDIO RURAL "MIRADOR"	202-29028	QDA_MAJO
7	LOTE 2 FINCA EL LAGO #	202-75072	QDA_MAJO
8	PREDIO RURAL POTRERO DE PASTO ARTIFICIAL CON CASA DE HABITACION	202-34228	QDA_MAJO
9	PREDIO RURAL "SAN PEDRO" HOY SAN GERMAN (PARTE 1)	202-2615	QDA_MAJO
10	PREDIO RURAL "EL SINAI"	202-7191	QDA_MAJO
11	LOTE PRIMER (PARTE 1)	202-34554	QDA_MAJO
12	PREDIO RURAL LOTE NUMERO 21 "LA AVENIDA" #	202-68888	QDA_MAJO
13	PREDIO RURAL LOTE 2 #	202-60333	QDA_MAJO
14	PREDIO RURAL LOTE 4 #	202-68158	QDA_MAJO
15	PREDIO RURAL "CASALEYA" # - CON CASA DE HABITACION	202-31537	QDA_MAJO
16	PREDIO RURAL EL LIMONCITO EXT HOY GRANJA PISCICOLA LA POLA	202-18256	QDA_MAJO
17	LOTE DE TERRENO NUMERO 1 #	202-47676	QDA_MAJO
18	LOTE DE TERRENO # 2 LA ESPERANZA #	202-47677	QDA_MAJO
19	LOTE DE TERRENO # 3 #	202-57678	QDA_MAJO
20	PREDIO RURAL "LA DAVIANA" #	202-48733	QDA_MAJO
21	PREDIO RURAL LAS HEREDAS	202-10039	QDA_MAJO
22	LOTE A TERREMOTO	202-52242	QDA_MAJO
23	LOTE LA COIBA #	202-41731	QDA_MAJO
24	LOTE DE TERRENO BOCOS (2)	202-68836	QDA_MAJO
25	LOTE DE TERRENO EL CAÑEY	202-20079	QDA_MAJO
26	LOTE # 2 "LA ESPERANZA"	202-28290	QDA_MAJO
27	PREDIO RURAL "VALA ALEXANDRA" CON CASA DE HABITACION	202-48784	QDA_MAJO
28	PREDIO RURAL SAN ISIDRO	202-3079	QDA_MAJO
29	PREDIO RURAL LA ESPERANZA	202-10187	QDA_MAJO
30	LOTE # 3 "EL RESURGIR"	202-58889	QDA_MAJO

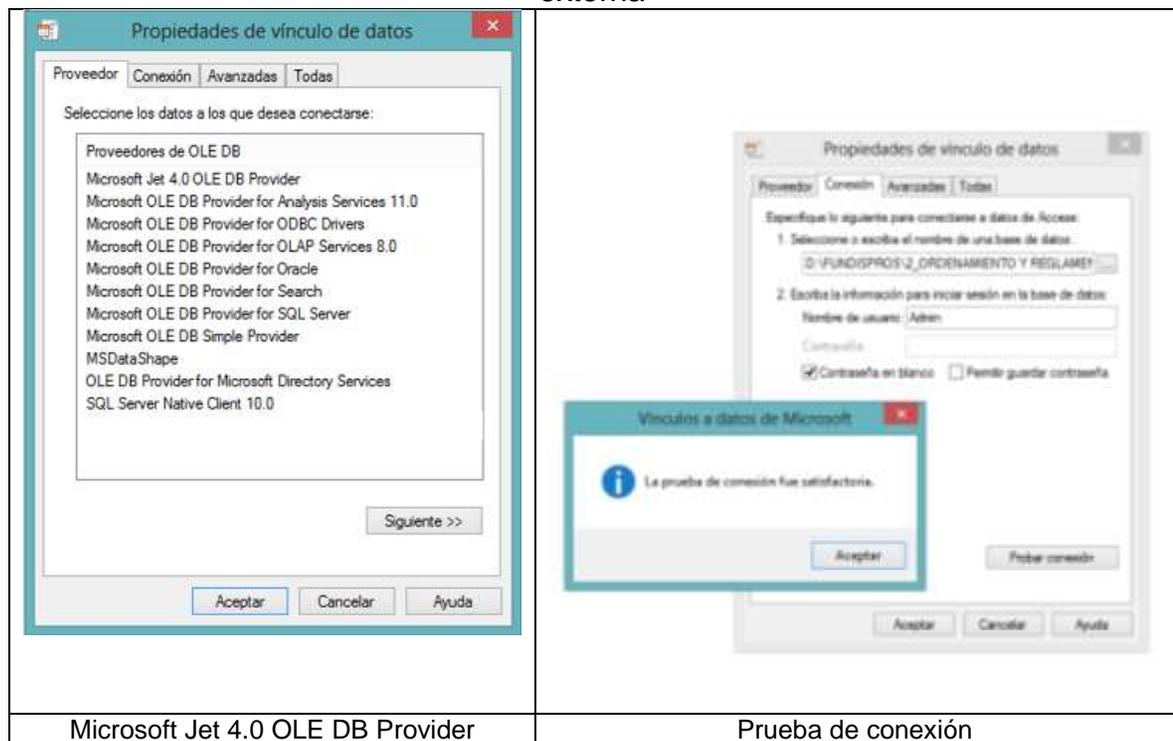
Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

6.1.1.3. Integración de la información BD – GDB

El propósito integral del diseño de una base de datos consiste en poder realizar una integración efectiva entre las tablas de atributos internos de las entidades geográficas utilizadas en el Sistema de Información Geográfica, con las tablas generadas en bases externas (Acces).

Una vez generados los identificadores dentro de cada uno de las entidades involucradas o feature class, se procedió a realizar los vínculos relacionales con las tablas de atributos externas y así generar el puente integrador de información. Este puente integrador se creó por medio de una “OLE DB” entre Access y ArcCatalog que se puede visualizar desde ArcMap

Figura 17. Protocolo Jet 4.0 para conexión desde ArcCatalog a la base de datos externa

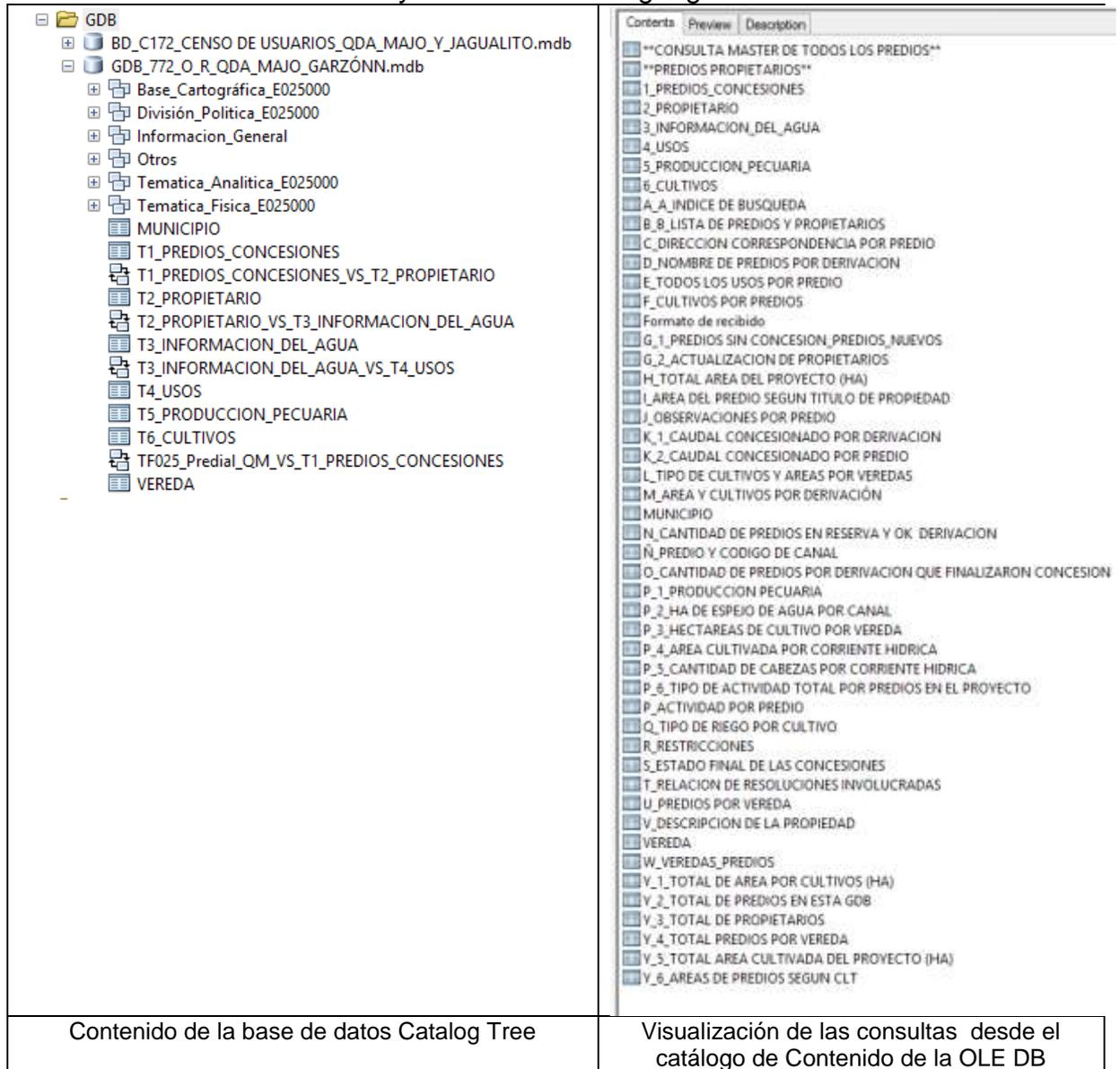


Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

La conexión de la base de datos geográfica a la base de datos externa Access se creó usando las herramientas “Add Database Connection” y posteriormente usando el protocolo de conexión **Connection OLE DB (Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider)**

La siguiente imagen muestra algunos de los elementos contenidos en la conexión, de esta forma ya se puede realizar integraciones entre los elementos de la gdb.

Figura 18. Visualización desde la ventana de ArcCatalog de la base de datos externa y la base de datos geografica



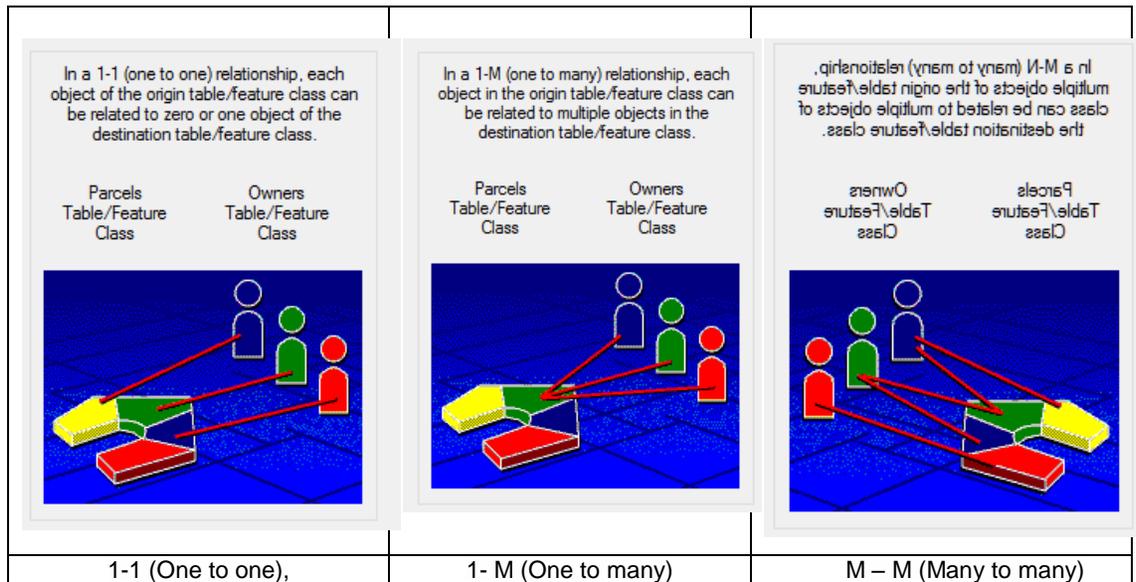
Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

6.1.1.4. Relaciones entre entidades geográficas y elementos tabulares

Las relaciones entre los atributos de entidades geográficas se usan para almacenar una asociación entre campos o entidades en la tabla de origen y en la tabla de destino; pueden existir relaciones entre objetos espaciales (entidades en clases de entidad), objetos no espaciales (filas en una tabla) u objetos espaciales y no espaciales.

Las relaciones de cardinalidad entre los objetos son las siguientes:

Figura 19. Cardinalidad entre elementos



Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

La siguiente tabla describe algunos parámetros de importancia para la creación de relaciones entre clases.

Cuadro 8. Parámetros para creación de relaciones

PARÁMETRO	EXPLICACIÓN	TIPO DE DATOS
origin_table	Tabla o clase de entidad asociada a la tabla de destino.	Table View
destination_table	Tabla asociada a la tabla de origen.	Table View
out_relationship_class	Clase de relación creada.	Relationship Class
relationship_type	COMPOSITE: Una relación entre objetos dependientes donde la duración de un objeto controla la duración del objeto relacionado (principal a secundaria).	String
forward_label	Un nombre para identificar la relación de manera unívoca al navegar de la tabla de origen a la tabla de destino.	String
message_direction	Dirección en la que se transmiten los mensajes entre las tablas de origen y de destino. Por ejemplo, en una relación entre polos y transformadores, cuando se elimina el polo, envía un mensaje a sus objetos transformadores relacionados y les informa que fue eliminado. FORWARD: Los mensajes se transmiten desde la tabla de origen hacia la de destino.	String
Cardinality	Determina cuántas relaciones existen entre las filas o entidades en la tabla de origen y las filas o entidades en la tabla de destino. ONE_TO_MANY: Cada fila o entidad de la tabla de origen se puede relacionar con una o varias filas o entidades en la tabla de destino.	String

PARÁMETRO	EXPLICACIÓN	TIPO DE DATOS
attributed	Especifica si la relación tendrá atributos. <ul style="list-style-type: none"> • NONE —Indica que la clase de relación no tendrá atributos. Esta es la opción predeterminada. • ATTRIBUTED —Indica que la clase de relación tendrá atributos. 	Boolean
origin_primary_key	Campo de la tabla de origen, generalmente el campo OID, que lo vincula al campo Clave externa de origen de la tabla de clase de relación.	String
origin_foreign_key	Campo de la tabla de clase de relación que lo vincula al campo Clave principal de origen de la tabla de origen.	String

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

Para el desarrollo de la base de datos de este proyecto se crearon las siguientes relaciones 1 – M (One to Many) entre feature class de la GDB. Estas son un tipo de relaciones fijas y visibles creadas con la herramienta *Relationship class* y se almacenan en la gdb.

Se escogió crear las relaciones entre objetos con la herramienta de tablas “**Relationship**” sobre la opción “relates” (permite hacer las mismas relaciones pero en forma virtual) únicamente con la intención de que las relaciones creadas sean visibles dentro de la estructura de la gdb.

Tabla 1. Relaciones creadas entre feature class de la base de datos geográfica

Origen table /Featue class 1	Destination table/Featue class 2	Relationship Class 	Origin Primary Key	Type
TF025_Usos_Derivaciones	TF025_Usos_Obras_Hidraulicas_OH	1-M	Derivación	Simple
TA05_Tramos_Red_monitoreo	TF025_Predial_QM	1-M	Tramos	Simple
TF025_Usos_Derivaciones_D1	TF025_Predial_QM	1-M	Derivacion_1	Simple
TF025_Usos_Derivaciones_D2	TF025_Predial_QM	1-M	Derivacion_2	Simple
TF025_Usos_Derivaciones_D3	TF025_Predial_QM	1-M	Derivacion_3	Simple
TF025_Usos_Derivaciones_D4	TF025_Predial_QM	1-M	Derivacion_3	Simple

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

Posteriormente se crearon las siguientes relaciones entre las tablas externas, las cuales son la mismas descritas en la *Figura. Esquema relacional de la base de datos externa BD (accdb)*.

Tabla 2. Relaciones creadas entre los componentes tabulares

Origen table /Featue Table 1	Destination table/Featue Table 2	Relations hip Class 	Origin Primary Key	Type
T1_2_VEREDA	T1_PREDIOS_CONCESIONES	1-M	VEREDA	Simple
T1_PREDIOS_CONCESIONES	T2_PROPIETARIO	1-M	ID_PREDIO	Simple
T2_PROPIETARIO	T3_INFORMACIÓN_DEL_AGUA	1-M	ID_PROPIETARIO	Simple
T3_INFORMACIÓN_DEL_AGUA	T4_USOS	1-M	ID_INFO_AGUA	Simple

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

La siguiente tabla describe la relación entre las tablas externas y la base de datos geográfica.

Tabla 3. Relaciones entre clases – feature class de la base de datos geográfica y las tablas externas

Origen table /Featue Table 1	Destination table/Featue Table 2	Relationship Class 	Origin Primary Key	Type
T1_PREDIOS_CONCESIONES	TF025_Predial_QM	1-1	ID_PREDIO	Simple

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

Para realizar las consultas relacionales de todos los elementos, se usa la opción “Related tables “desde el visor “ArcMap”.

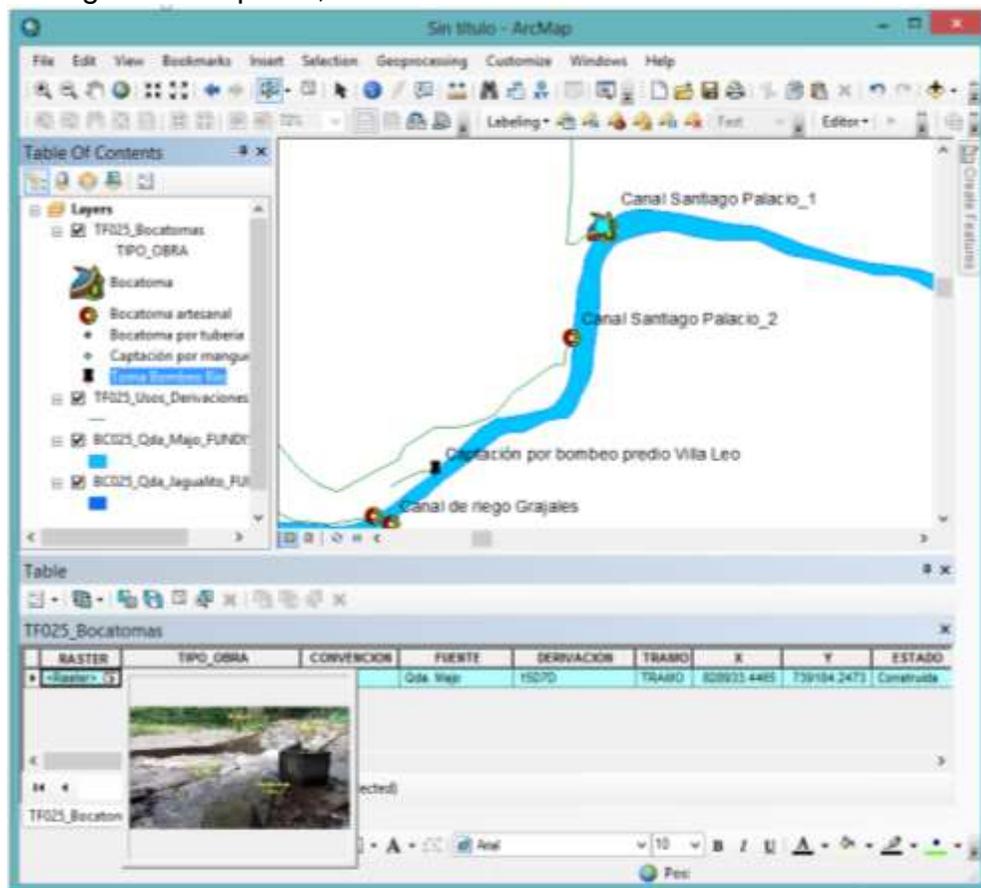
6.1.1.5. Creación de campo de atributos tipo “Raster”

Para la realización del diagnóstico del estado de las obras hidráulicas que se encuentran sobre el cauce principal de la quebrada y sobre los canales de distribución de caudal, se generó un archivo fotográfico enlazado a cada uno de los puntos de localización espacial de obras hidráulicas almacenados en la base de datos geográfica.

Para esto se utilizó los Feature Class TF025_Usos_Obras_Hidráulicas_OH, TF025_Bocatomas y la capa TF025_Vertimientos_usuario_generador y se creó un campo tipo raster que enlaza este atributo espacial a un registro fotográfico. Los archivos enlazados pueden ser de distintos tipos, como imágenes, videos, documentos, y más. Los adjuntos requieren una ArcGis for Desktop Standard o ArcGis for Desktop Advanced de la licencia de ArcGis 10.1 for Desktop en adelante, ya que utilizan clases de relación para relacionar las entidades con los archivos.

La siguiente figura ilustra la visualización de este componente desde el módulo ArcMap.

Figura 20. Visualización del campo “raster” desde ArcMap con información fotografica del punto, Feature Class “Obras Hidraulicas evaluadas”

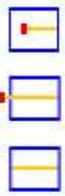


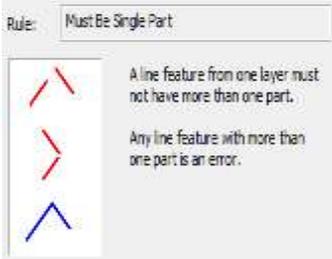
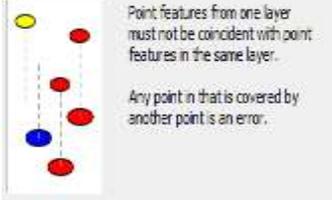
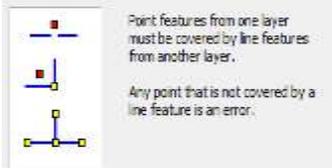
Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

6.1.1.6. Topología de información geográfica

Una vez almacenada la información geográfica en la personal Geodatabase se verificó la consistencia lógica de los atributos, la exactitud temática y la topológica por medio de las siguientes reglas topológicas.

Cuadro 9. Reglas topológicas implementadas en la GDB

ENTIDAD	REGLA	ILUSTRACION	DESCRIPCIÓN
	<p>No debe superponerse</p>	<p>Rule: Must Not Overlap</p>  <p>An area must not overlap another area from the same layer.</p> <p>Any area where features overlap is an error.</p>	<p>Requiere que el interior de los polígonos no se superponga.</p>
	<p>No debe tener espacios</p>	<p>Rule: Must Not Have Gaps</p>  <p>A void can not exist between areas in the same layer.</p> <p>The boundary of any void that does exist is an error.</p>	<p>Esta regla precisa que no haya vacíos dentro de un polígono simple o entre polígonos adyacentes.</p>
	<p>Debe ser cubierto por la clase de entidad de</p>	<p>Rule: Must Be Covered By</p>  <p>An area feature in one layer must be contained within a feature from another layer.</p> <p>Any area in the first layer that is not contained within a feature from the second layer is an error.</p>	<p>Requiere que los polígonos de una clase (o subtipo) de entidad estén contenido en polígonos de otra clase (o subtipo) de entidad.</p>
	<p>No deben interseptarse</p>	<p>Rule: Must Not Intersect</p>  <p>A line must not intersect or overlap other lines from the same layer.</p> <p>Any line where features overlap or any point of intersection is an error.</p>	<p>Requiere que las entidades de línea desde la misma clase (o subtipo) de entidad no se crucen ni se superpongan entre sí.</p>
	<p>No debe tener arcos colgantes (Dangles)</p>	<p>Rule: Must Not Have Dangles</p>  <p>A line from one layer must touch lines from the same layer at both endpoints.</p> <p>Any endpoint where the line does not touch another line is an error.</p>	<p>Requiere que una entidad de línea deba tocar las líneas desde la misma clase (o subtipo) de entidad en ambos extremos.</p>

ENTIDAD	REGLA	ILUSTRACION	DESCRIPCIÓN
	Debe ser de parte simple		Requiere que las líneas tengan una única parte. Esta regla es útil allí donde las entidades de línea, como carreteras, no deben tener múltiples partes.
	Debe estar separado		Requiere que los puntos se encuentren separados espacialmente de otros puntos en la misma clase (o subtipo) de entidad
	Debe ser cubierto por un línea		Requiere que los puntos en una clase de entidad deben cubrirse con las líneas en otra clase de entidad.

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

El resumen total de errores y excepciones encontradas para todos los elementos geográficos almacenados en la GDB, se describen en el ANEXO 5.

6.1.1.7. Modelo de datos

Según el protocolo de entrega e información cartográfica I-CAM-017 en el modelo de datos se debe describir de forma detallada el conjunto de datos espaciales incluidos dentro del proceso SIG y que establece los elementos necesarios para articular y construir la base de datos relacional. En el modelo de datos se describen con detalle la estructura de la información geográfica y tabular (CAM, 2009).

Los esquemas de almacenamiento definidos se relacionan en gran parte con el catálogo de objetos, con el objetivo de que estos dos se complementen; el modelo como una materialización del catálogo y el catálogo como una documentación del modelo, facilitando la identificación y búsqueda de los objetos, por esta razón se hace coincidir los temas del catálogo con los datasets de las geodatabases. (CALDERON OBANDO, 2017)

El modelo de datos creado en el desarrollo de este proyecto se describe en el ANEXO 7

6.1.1.8. Modelos Cartográficos

Los modelos cartográficos se refieren a la utilización de las funciones de análisis de un sistema de información geográfica bajo una secuencia lógica, de tal manera que se puedan resolver problemas espaciales complejos. Las características de estos modelos son:):

- Presentación de una secuencia lógica de operaciones analíticas expresadas en diagramas de flujo
- Usualmente están codificadas en macros
- Apoyan el uso de SIG en planeamiento, realización de consensos y resolución de conflictos.

Según el protocolo de entrega de información cartográfica y SIG de la CAM, los modelos cartográficos deben detallar cada proceso y cada operación de análisis espacial o de transformación de los datos que ingresarán al SIG y se convierten por tanto en un diagrama de flujo del proceso cartográfico y en una herramienta de planeación y memoria técnica grafica del proceso efectuado para el logro de los objetivos cartográficos del SIG.

Los modelos cartográficos utilizados para el desarrollo de este proyecto, se establecieron mediante la herramienta Model Builder que permite realizar de forma automatizada cualquier proceso que normalmente hacemos en ArcGis, en este caso se el proceso de obtener un TIN (Red de triangulación irregular), y un modelo de sombras a partir de DEM (Modelo Digital de Elevación).

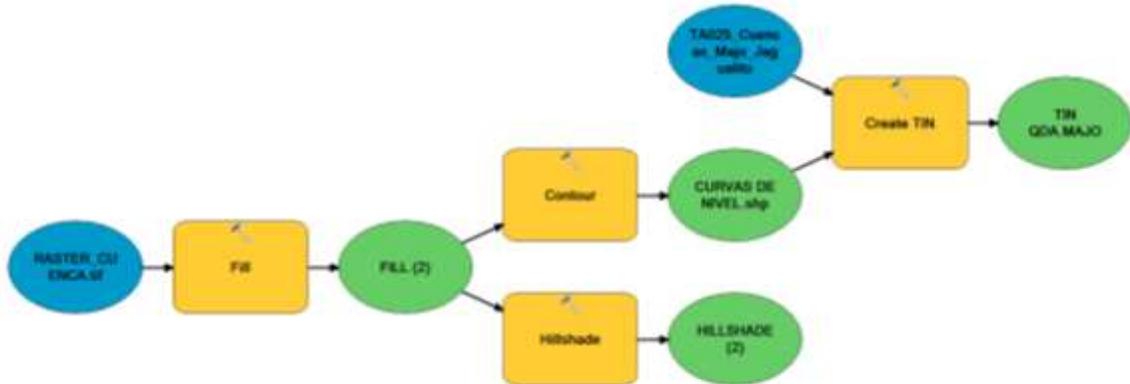
Creación de TIN, DEM y modelo de sombras.

Para la creación de una Red de Triangulación Irregular – TIN, se requiere como información base un archivo Shapefile de curvas de nivel limitadas a un perímetro, el cual generalmente se obtiene de la cartografía básica oficial para el municipio y pueden ser descargadas de portales geográficos oficiales para cada país. Para este proyecto fueron utilizadas las curvas de nivel obtenidas del mapa topográfico digital ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) creado con imágenes estéreo recogidas por el radiómetro japonés llamado ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), que viaja sobre el satélite TERRA propiedad de la NASA; estas imágenes se encuentran disponibles en línea en el enlace referenciado³⁴.

Una vez obtenidas las curvas de nivel cada 25 metros a partir del DEM, se procedió a generar el TIN y el modelo de sombras mediante la caja de herramientas ArcToolbox como lo describe el siguiente Model Marker. ANEXO 6.

³⁴ ASTER GDEM: <http://gdem.ersdac.jpacesystems.or.jp/index.jsp>. Consulta en línea: Octubre/9/2014

Figura 21. Model Maker para la creación de un TIN



Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

6.1.1.9. Unidad mínima de mapeo

Se entiende como la unidad mínima que se debe representar cartográficamente y siempre está en función de la escala de trabajo.

Para la definición de la unidad mínima de mapeo se tuvo en cuenta la escala de trabajo estipulada en el contrato en desarrollo (1: 25.000); para lo cual $\frac{1}{2}$ cm en el papel, equivale a 125 mts en el terreno, es decir el área es de 15625 m² (1.56ha.); para la escala 1:50.000 $\frac{1}{2}$ cm en el papel, equivale a 250 mts, es decir el área es de 62500 m² (6.25 ha.).

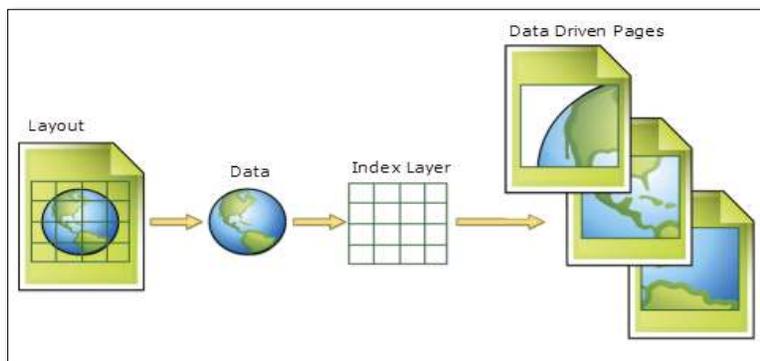
6.1.1.10. Elaboración de planos cartográficos

Uno de los productos finales del proyecto fue la digitalización, diagramación, dibujo y elaboración de planos cartográficos, los cuales se elaboraron en formato mxd, utilizando el programa ArcGis 10.3, en el que se representaron y visualizaron los datos alfanuméricos y espaciales obtenidos en el desarrollo del proyecto de modo que los usuarios finales logren comprender de forma rápida e intuitiva todos los datos.

Para administrar de forma consecuente los mapas, se crearon libros de mapas “Data Driven Pages” el cual permite obtener en formato mxd como mapa dinámico, impreso o Adobe PDF una serie de páginas de diseño a partir de un único documento de mapa o layout. Los libros de mapas se crean a partir de una capa índice que divide el mapa en secciones y de esta forma genera una página por cada entidad de índice.

La siguiente imagen ilustra el proceso de creación de un libro de mapas.

Figura 22. Ilustración del proceso de creación de un libro de mapas



Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

Los rótulos diseñados para las planchas cartográficas temáticas contienen además de la información del proyecto, la información geográfica de referencia implementada para todas las capas. Este layout se utilizó previa aprobación y visto bueno por parte del coordinador e interventor del proyecto.

LABELS

Para la asignación y visualización de labels en las salidas gráficas con información proveniente de la base de datos externa “Acces”, se generaron tablas de consulta independientes o tablas master las cuales fueron exportadas y almacenadas en formato dbf en la base de datos geográfica del proyecto; estas tablas poseen un campo con un identificador único e idéntico que permite la realización de enlaces con el campo único de las entidades geográfica TF025_Usos_Predial_RP por medio de la herramienta Join and relate.

El siguiente cuadro relaciona la lista de planos definitivos en formato mxd elaborados en desarrollo del proyecto. Los proyectos MXD se encuentran almacenados en la siguiente ruta: D:\TESIS DE GRADO ESP SIG\PRODUCTOS\MXD\MAPAS USOS

Cuadro 10. Lista de planos elaborados

No.	NOMBRE	ESCALA TRABAJO
PLANO 01	01 A01 Localización del proyecto en la estructura hidrográfica nacional	1:25.000
PLANO 01	01_A02 Localización general del proyecto	1:25.000
PLANO 02	02 Hidrografía	1:25.000
PLANO 04	04 Usuarios del recurso hídrico_A01 04 Usuarios del recurso hídrico_A02 04 Usuarios del recurso hídrico_B01	1:25.000
PLANO 05	05 Cobertura y uso de la tierra_CORIN LAND_COVER	1:25.000
PLANO 06	06 Censo de usuarios_A01 06 Censo de usuarios_A02	1:25.000

No.	NOMBRE	ESCALA TRABAJO
	06 Censo de usuarios_B01	
PLANO 11	11 Índice de Aridez	1:25.000
PLANO 12	12 Índice de Retención y Regulación Hídrica	1:25.000
	13 Índice del uso del agua AÑO HIDROLOGICO NORMAL	1:25.000
PLANO 13	13 Índice del uso del agua AÑO HIDROLOGICO SECO	1:25.000
	14 Riesgos asociados a la disponibilidad de la oferta (IVH AÑO HIDROLOGICO NORMAL)	1:25.000
PLANO 14	14 Riesgos asociados a la disponibilidad de la oferta (IVH AÑO HIDROLOGICO SECO)	1:25.000
PLANO 15	15 Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico	1:25.000
PLANO 16	16 Identificación de usos potenciales	1:25.000
PLANO 17	17 Social	1:25.000
PLANO 18	18 Clasificación de los cuerpos de agua en ordenamiento	1:25.000
PLANO 19	19 Consolidación de usuarios del recurso hídrico	1:25.000
SC01	SC01 Zona De recarga y descarga del acuífero	1:25.000
SC02	SC02 Análisis de Conflictos Actuales de uso por Calidad	1:25.000
SC03	SC03 Isoyetas	1:25.000
SC04	SC04 Isotermas	1:25.000
SC05	SC05 ETP	1:25.000
SC06	SC06 ETR	1:25.000
SC07	SC07 Balance Hídrico de Largo Plazo en la Red Drenaje Principal	1:25.000
SC08	SC08 Caudales Máximos mensuales y anuales	1:25.000
SC09	SC09 Caudales Medios mensuales y anuales	1:25.000
SC10	SC10_Demanda hídrica sectorial	1:25.000
	SC11_Demanda hídrica Total	

Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

6.1.1.11. Metadatos de Información Geográfica

Los metadatos de un elemento registran la información de importancia que debe conocer el usuario u organización que manipulara la información. Esto puede incluir información sobre lo preciso y reciente que es el elemento, las restricciones asociadas con utilizar y compartir el elemento, la validez, confiabilidad, detalle, escala(s), procedimientos, personas contacto, entre otros.

ArcCatalog utiliza los estándares establecidos por el Federal Geographic Data Comité (FGDC) para la documentación de datos geográficos.

Para el desarrollo de este proyecto se elaboró un formato para la documentación de METADATOS de la información cartográfica ingresada al SIG, de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC4611 del 01 de noviembre de 2000, relacionada con INFORMACIÓN GEOGRÁFICA METADATOS. Cada uno de los feature class que conforman la GDB se documentó conforme a esta guía. Ver ANEXO 8.

6.1.1.12. Estructuración de directorios

Para la estructuración de directorios para el manejo y almacenamiento de la información cartográfica generada en el desarrollo de este proyecto, se tomó como

base el protocolo para la entrega y manejo de la información cartográfica y SIG de La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena -CAM (Código I-CAM-017; Versión 1; fecha 29 de octubre de 2009), en el cual cada uno de los archivos del proyecto se almacenan en directorios independientes, según fueron utilizados e implementados en el SIG.

La siguiente imagen ilustra la estructuración de todos los directorios creaos para el almacenamiento y gestión de todos los datos e información del proyecto de actualización de la reglamentación.

Figura 23. Esquema general de la estructuración de directorios de almacenamiento de la información



Fuente: El autor, 2018. Adaptado de FUNDISPROS

Cada una de las carpetas contiene la información que a continuación se describe:

Documentos

En esta carpeta se encuentran todos los documentos en formato Word generados y obtenidos durante el proyecto de actualización de la reglamentación y sus respectivos anexos.

Fotos

En esta carpeta se almacenó el archivo fotográfico en formato jpg, obtenido en el transcurso del trabajo en campo; dentro de esta carpeta se encuentran tres subcarpetas “Fotos Bocatomas” en la cual se encuentra un registro fotográfico por cada una de las captaciones de caudal sobre los cauces objeto de estudio, “Fotos Obras Hidráulicas detallado” que contiene un registro fotográfico por obra hidráulica localizada sobre canales de conducción localizados sobre el área de influencia de la quebrada Majo y Jagualito.

Cada una de las imágenes cuenta con su respectivo Id y nombre enlazado por medio de campo raster a la ubicación espacial de cada una de las estructuras en la GDB. Estos enlaces son visibles a través de ArcMap y ArcCatalog.

Geodatabase

Esta carpeta contiene la personal Geodatabase en formato mdb, donde está almacenada la información espacial según el modelo de Geodatabase suministrado por la CAM, el nombre de la base de datos geográfico es GDB_PROYEC_REGLAMENT_HIDRICA_QDA_MAJO.mdb; en esta carpeta se almacenó también la base de datos alfanumérica creada para el ingreso de información recopilada en campo, la cual se diseñó en formato Access, son tablas sin referencia espacial pero si con un código que la relaciona con un determinado elemento geográfico según la temática, de este modo se tiene una para la temática “usos” (BD_CENSO DE USUARIOS_QDA_MAJO.accdb).

Jpg's

En esta carpeta se encuentran almacenadas en formato “jpg” todas las salidas cartográficas creadas para el desarrollo de informes.

Localización

En esta carpeta se almacenó a la información en formato shapefile utilizada para realizar la localización nacional, departamental y regional del área de estudio. También la estructura hidrográfica de la cuenca a nivel nacional y otros. Estas entidades geográficas se almacenaron en sistema de referencia WGS 84.

Logos

En esta carpeta se encuentran los logos de las entidades participantes en el desarrollo del proyecto y que han de ser incluidos en la estructura grafica de los mapas.

Layer

Se almacenó la simbología y etiquetas predeterminadas, que ilustran los componentes geométricos y sus atributos en los mapas; se usan cuando se quiere usar continuamente las mismas simbologías y se almacenan en archivos extensión o formato lyr. Los archivos de estilo lyr no son archivos shapefile, corresponden a “máscaras” que asignan estilos y tramas a nuestra cartografía. Para este proyecto se crearon dos carpetas una con el nombre “usos” y otra con el nombre “vertimientos”, que almacenan la información de referencia respectivamente.

Mxd

En esta carpeta se encuentran los proyectos en formato MXD desarrollados en ArcMap (Versión 10.3) para la visualizar la información desarrollada; algunos de estos mapas dinámicos contienen un campo raster para vincular cada atributo de los mapas dinámicos a un archivo fotográfico. Los proyectos en formato MXD se almacenaron por temáticas en dos subcarpetas “MAPAS USOS” en la que se almacenó los mapas desarrollados y otra carpeta de nominada “SALIDAS CARTOGRAFICAS” que contiene todas las figuras creadas para el desarrollo de informes.

Pdf's

En esta carpeta se encuentran los archivos en formato Pdf de los mapas y salidas cartográficas desarrolladas para la estructuración de informes, presentaciones y otros.

Raster

En esta carpeta se encuentra la información en formato raster (Imágenes de satélite, modelo digital de elevación, mapa de sombras, etc.) utilizados en el desarrollo del proyecto; estos productos se almacenaron en formato Tiff.

Tools

En esta carpeta se encuentran los diferentes modelos realizados en ArcToolbox para el desarrollo de diferentes procesos (TIN, modelo digital de elevación, mapa de sombras), además de algunas modelos para sistematizar los procesos como Model Builder.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Discusión sobre el aprovechamiento de la información en otros proyectos

Este proyecto está enfocado a la gestión de datos geográficos y alfanuméricos en los proyectos de reglamentación de corrientes hídricas en conflicto, es decir, aquellos cuerpos de agua superficial que tienen una urgente necesidad de ser intervenidas, pero también es posible y eficiente considerar usar la misma metodología para los procesos de reglamentación de aguas subterráneas y vertimientos, haciendo ajustes a la información solicitada en el censo de usuarios y que se almacena en la base de datos externa en formato Acces. Igualmente es útil usar la estructura de almacenamiento de información geográfica diseñada en cualquier proyecto de reglamentación de aguas subterráneas y vertimientos, adaptando la temática de cada uno de los Feature class a las necesidades de cada proyecto implementado por la AAC.

Discusión sobre los datos

Aunque dentro de los requerimientos establecidos por la AAC se encuentra la realización de los proyectos a escala 1:25.000 de detalle, lo cual es adecuado para estudios a nivel regional, los elementos contenidos en la geodatabase de este proyecto almacena feature class en diversas escalas, esto debido a la limitación en el acceso a la información y en los costos de adquisición de datos en un solo nivel de detalle. Por ejemplo la Temática "Cartografía básica" contiene curvas de nivel extraídas del Modelo Digital de Elevación procedente de la imagen de satélite ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) con un tamaño de pixel de 30 m aprox, información que se usó principalmente para completar datos faltantes.

Dentro de esta base de datos geográfica también se almacenó información Cartográfica provenientes del Plan básico de ordenamiento territorial que se genera a una escala aproximada de 1:5.000, estos datos a la igual que los generados en los procesos de georreferenciación y toma de puntos de control con GPS tienen un nivel de detalle superior al requerido en la ejecución de los proyectos, pero permiten con mayor facilidad ajustarlos a la cartográfica 1:25.000 requerida.

En los procesos de empalme de datos adquiridos en diferentes escalas fue necesario llevar a cabo ajustes de datos oficiales tales como límites político administrativos, los cuales se ajustaron a información regional a menor escala para eliminar los errores de topología.

Para hacer eficiente la estandarización de datos siempre se deben diligenciar los formatos estándar de metadatos que por defecto adjunta el software GIS ArcGis para documentar la información, o en su defecto se debe diligenciar la plantilla para de metadatos creada en el desarrollo de este proyecto (ANEXO 8), esto con el fin

de documentar con detalle todos los procesos implementados en la captura, estructuración, edición, almacenamiento y reproducción de la información geográfica, de esta manera cualquier usuario puede hacer un aprovechamiento confiable de datos.

Discusión sobre el diseño de la base de datos Alfanumérica

Según información suministrada por el proyecto “ERA” (Estudio Regional Del Agua – CAM) el departamento del Huila tiene aproximadamente 542 unidades hidrográficas definidas como nivel subsiguiente (microcuenca) según la estructura hidrográfica para Colombia establecida por el IDEAM, cada una de estas unidades cuenta con un cauce hídrico principal y mínimo 1 afluente que presente conflictos en términos de oferta vs demanda, es decir se requiere implementar los procesos de reglamentación de corrientes hídricas en gran número y cada uno de estos proyectos puede contener entre 100 hasta 1500 usuarios aproximadamente, por lo que el volumen de registros a almacenar es elevado y pueden presentarse principalmente tablas con problemas de procesamiento y lentitud en la administración de la información. Aunque no existe un límite sobre el número de registros de una tabla, un archivo de base de datos de Microsoft Access no puede ser mayor de 2 gigabytes.

El proceso de alimentación de la Base de Datos Acces en este proyecto se concibió para ser implementada por un solo usuario, pero esta labor puede ser realizada por varios usuarios en forma simultánea, lo que haría más eficiente los procesos de digitalización de datos. Esto se puede realizar compartiendo datos mediante carpetas de red, es la opción más sencilla y con menos requisitos, pero también la que ofrece la funcionalidad mínima. En este método, el archivo de base de datos se almacena en una unidad de red compartida y los usuarios usan dicho archivo al mismo tiempo. Pueden existir algunas limitaciones de confiabilidad y disponibilidad si hay varios usuarios cambiando datos a la vez, ya que se comparten todos los objetos de la base de datos y Access se puede liar si dos usuarios tienen abierto el mismo formulario con registros distintos y no saber cuál de ellos debe guardar. Aunque esta técnica puede reducir el rendimiento, porque todos los objetos de la base de datos se envían a través la red es una buena opción para que varios usuarios puede acceder a la información de manera sencilla. Este método es menos seguro que otros métodos de uso compartido de una base de datos, por lo que se puede considerar dividir la base de datos por medio de un fichero Back-End que separa las tablas de los demás elementos (Consultas, formularios y otros), las tablas no quedan realmente almacenadas en el archivo accdb que compartimos, pero este si almacena el acceso directo a ellas, cada archivo compartido trabaja como si almacenara dentro de las tablas .cada vez que se distribuyan copias del fichero con los formularios a los usuarios y esta sea ejecutada, esta sabrá encontrar el fichero , es decir finalmente lo que se comparten son accesos directos a las tablas que son el motor de la base de datos .

Para la realización de la conexión entre la base de datos externa (Acces) y la base de datos geográfica (Personal Geodatabase) el uso de la OLDB Connection funciona exitosamente ya que me permite conectar las dos bases de datos de manera sencilla permitiendo una óptima interoperabilidad de todos los datos (geográficos y alfanuméricos). Las consultas en el Visor ArcMap deben realizarse, usando la herramienta de tablas “Related tables” la cual me permite visualizar todas las relaciones creadas “relación ship class” entre los componentes tabulares y geográficos; esta herramienta me permite conservar la cardinalidad entre elementos es decir no solamente la relación 1-1 si no también las relaciones 1-M. Las consultas no deben realizarse con la herramienta de tablas “Join and relates” ya que estas solo establecen relaciones 1-1 entre atributos, por lo que aquellos registros con características 1 – M perderían su cardinalidad, además cada consulta genera una tabla en formato archivo que satura el almacenamiento.

Con respecto a la utilización de formularios en el desarrollo de la base de datos en formato Acces, estos fueron diseñados solamente para la consulta de datos, es decir, desde este elemento el usuario solo puede hacer visualización de la información en forma agrupada por registro ingresado, pero también es posible usar los formularios como una interfaz visual y amigable para la alimentación e ingreso de datos a la BD.

8. CONCLUSIONES

El uso de los sistemas de información geográfica en proyectos de reglamentación de corrientes hídricas potencializa el uso de la información georreferenciada para la toma de decisiones del recurso hídrico y posibilita la ilustración sencilla y ágil de datos por medio de mapas.

La implementación de un protocolo de captura, edición, estructuración, almacenamiento y distribución de datos (espaciales-alfanuméricos), optimiza el aprovechamiento de la información dentro de un SIG para la toma de decisiones.

Con esta metodología de trabajo descrita en el desarrollo de este proyecto se puede analizar estadísticamente los datos provenientes del censo de usuarios que se encuentran almacenados en el motor de bases de datos Acces y se puede establecer un diagnóstico real del uso del recurso hídrico superficial en una zona de estudio.

Con el uso del módulo de consultas del motor de base de datos ACCES se puede obtener cualquier tipo de agrupación de los datos que forman cada una de las tablas de toda la base de datos, lo que me permitirá tener en forma rápida y sencilla listados de usuarios, datos de los inmuebles, propietarios, usos por veredas, áreas cultivadas, cantidad y descripción de derivaciones por usuario, tipo de cultivos y áreas por derivación y muchas más consultas útiles para establecer planes de trabajo.

Debido a que todos los datos se encuentran sujetos a un componente espacial se puede analizar la asociación, tendencias o patrones que existen entre los resultados y un área determinada, de esta manera la AAC puede desarrollar proyectos mucho más localizados y específicos que permitan aumentar la eficiencia en la administración del recurso hídrico y en las actividades de control y vigilancia de los usos y aprovechamientos.

Al tener la información espacial de todas las estructuras hidráulicas de captación, derivación y administración de caudal junto con Cartografía básica de hidrografía y canales de conducción de caudal, se puede fácilmente establecer e identificar las obras que son vulnerables o que tienen con alto nivel de riesgo a ser arrastradas por avenidas torrenciales o eventos relacionados con la dinámica hídrica de cuerpos de agua. Además es posible analizar la cobertura de canales que tiene una determinada área de la cuenca, hacer un diagnóstico y establecer el impacto de todos los procesos productivos en el desarrollo ó detrimento de una determinada área de estudio

El uso de la personal geodatabase para almacenar la información me permite sacar gran provecho de las herramientas de geo procesamiento de ArcGis especialmente

útil para la toma de decisiones, por ejemplo el cruce de información espacial de uso y cobertura de suelo procedente del POT en contraste con la información predial del IGAC permite mostrar que inmuebles tienen o no permitido el establecimiento de cultivos y por tanto pueden o no tener una asignación de caudal en una concesión.

Al realizar el puente integrador de la base de datos geográfica y la base de datos alfanumérica usando el protocolo de conexión *Connection OLE DB (Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider)* es posible realizar análisis y cruces de información espacial y no espacial de una manera sencilla y ágil y principalmente conservando la cardinalidad entre las relaciones con las cuales se diseñaron las tablas y que son descritas en los modelos entidad relación.

Al estructurar toda la información producto de proyectos de reglamentación con los mismos estándares, la AAC disminuirán notoriamente los esfuerzos en los procesos de consolidación y ajuste de datos, se abreviarán los costos de inversión, pues ya no será necesario considerar rubros para obtener información que ya ha sido capturada y estructurada con anterioridad en otros proyectos, se acortarán los tiempos requeridos para la obtención de productos y además la información podrá ser compartida corporativamente con cualquier otra institución para el apoyo en sus proyectos.

Al consolidar toda la información siguiendo procesos de estandarización se logra con mayor eficiencia generar productos que puedan ser puestos a disposición de los usuarios ya sea mediante la comercialización de productos o compartiéndolos en ambiente web y aplicaciones móviles.

Aunque el equipo de trabajo de la CAM ha intentado establecer modelos de flujo de trabajo y protocolos de tratamiento y entrega de información geográfica, estos solo han abordado muy superficialmente algunos aspectos generales del manejo de datos, además fueron elaborados hace más de 15 años y no han sufrido ninguna actualización ni mejora, por lo que prácticamente se encuentran obsoletos; este modelo de trabajo propuesto detalla no solamente el tratamiento de información geográfica sino que también propone un modelo de trabajo para datos alfanuméricos en asocio con las entidades geográficas, ofreciendo una guía de trabajo robusta y específica para la mejora de procesos a nivel regional.

9. RECOMENDACIONES

Reconocer la importancia del uso de los Sistemas de Información Geográfica como una herramienta de apoyo fundamental en la planificación de proyectos orientados a la administración del agua.

Incentivar en los profesionales encargados de la administración del recurso hídrico la necesidad de adoptar los SIG como una herramienta idónea para visualizar, consultar y evaluar información del recurso hídrico, que apoya la toma de decisiones acertadas y eficientes en cuanto a asignación de caudales, con el fin de despertar en ellos la inquietud por mejorar los procesos, seguir los protocolos y realizar aportes que permitan obtener mejores resultados cada día.

Capacitar a los funcionarios encargados de administrar las bases de datos de los proyectos de reglamentación con el fin de que las herramientas propuestas por medio de este protocolo puedan ser aprovechadas por los profesionales de manera sencilla y práctica.

Realizar una revisión a otros proyectos propuestos para el manejo de la información geográfica y alfanumérica de la CAM, con el fin de hacer comparaciones y si es pertinente realizar modificaciones a este protocolo y así lograr elaborar un producto cada vez más completo y robusto que sea útil para otras disciplinas.

Exigir el uso de este flujo de trabajo o guía de entrega de información geográfica y alfanumérica en los términos contractuales elaborados en cada proyecto de reglamentación, esto con el fin de hacer de obligatorio cumplimiento los estándares.

Crear un formulario o interfaz visual para el ingreso de información a la base de datos alfanumérica en Acces, similar al creado para consulta (ver: Imagen 4. Formulario – Interfaz creada para la visualización de datos), de esta manera la persona encargada de alimentar la base de datos no tendrá la necesidad de tener un nivel avanzado de conocimiento sobre el manejo de las bases de datos en formato Acces y su alimentación se efectuaría de una manera muy sencilla y amigable.

Realizar la alimentación de la base de datos siguiendo únicamente el orden descrito en el capítulo “6.1.1.1.2 Alimentación de la base de datos alfanumérica (accdb)” el cual despliega en primera instancia la tabla denominada 1_PREDIOS_CONCESIONES y esta da paso a las otras tablas en forma sucesiva, (forma de cascada), esto con el fin de conservar las relación entre la información según lo descrito en el modelo entidad relación. Si las tablas se diligencian en forma desordenada muy probablemente se presenten serios problemas para conocer la relación que tienen los datos conforme a su distribución en las tablas.

Almacenar todas las consultas creadas en Acces dentro de esta misma BD, no en formato excel o carpetas externas, lo que permitirá que estén disponibles rápidamente los datos que se deseen agrupar y vincular con la base de datos geográfica; es decisión del administrador trabajar con consultas que involucren gran cantidad de columnas “consulta master” o con pequeñas consultas que contengan solo algunas columnas de información por temáticas, esto no representa ninguna limitación para su almacenamiento o manejo.

La CAM debe suministrar y hacer de libre acceso esta guía de trabajo; este debe ser un documento de fácil acceso, sin costo de reproducción y divulgación.

Durante la elaboración de los productos la CAM debe vigilar el cumplimiento de los estándares mediante revisiones periódicas, además del respectivo control de calidad final al momento de la entrega de productos.

10. BIBLIOGRAFÍA

ARENAS QUIÑONES, Carmen Lilian & GOMEZ SANTAMARIA, Patricia & ISAZA RENGIFO, Julián Yesid. Modulo en Ambiente Web para la Gestión del Recurso Hídrico en concesiones de aguas superficiales, haciendo uso de SIG. Manizales, 2017, 114 p. Trabajo de grado (Especialista en Sistemas de Información Geográfica). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Especialista en Sistemas de Información Geográfica

BUSTAMANTE, Germán. Reglamentación de corrientes superficiales en la parte técnica para la gestión del Recurso Hídrico. Medellín, 2008, 230 p. Trabajo de grado (Magister en Ingeniería – Recursos Hidráulicos). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Maestría e Ingeniería – Recursos Hidráulicos.

CALDERON OBANDO, Camilo Alexander & ACOSTA RODRIGUEZ, Wendy Julieth. Actualización, estructuración y documentación del catálogo de objetos y el modelo de datos a escala 1:2.000 y 1:10.000 del departamento de Cundinamarca en pro de la creación de la infraestructura de datos espaciales para la gobernación de Cundinamarca. Bogotá D.C, 2017, 69 p. Trabajo de grado (Ingeniero Catastral y Geodesta). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA – CAM (Neiva, Huila); Protocolo de entrega de información cartográfica y SIG, Código I-CAM-017; fecha 29 de octubre de 1999.

CORPORACIÓN REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC (Santiago de Cali, Colombia); Reglamentación de corrientes/CVC. [Consulta: 18/04/2018] Disponible en: <https://www.cvc.gov.co/tematicas/recurso-hidrico/agua-superficial/reglamentacion-de-corrientes>.

CORRALES MARÍN, Silvia Milena. Las Concesiones de agua: Una revisión con criterios de equidad y eficiencia. Santiago de Cali, 2015, 112 p. Trabajo de grado (Magister en Políticas Públicas). Universidad del Valle, Facultad de Ciencias de la Administración, Maestría en Políticas Publicas.

ESRI, (Environmental Systems Research Institute). ArcGis Desktop . Información general de las Geodatabases. [Consulta: 27/04/2018] Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>

ESRI, (Environmental Systems Research Institute). ArcGis Desktop . Tipos de Gedatabase. [Consulta: 27/04/2018] Disponible en:

<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/types-of-geodatabases.htm>

GARCIA RUIZ, Liseth Andrea & OTALVARÓ ARANGO, Diana Marcela. Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la gestión en organizaciones ambientales. Medellín, 2009, 105 p. Trabajo de grado (Especialista en Medio Ambiente e Informática). Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Postgrados de Ambiental, Especialista en Medio Ambiente e Informática.

GARCIA SERNA, María Isabel. Acciones administrativas para la reglamentación de corrientes de agua en el departamento de Risaralda – Estudio de caso: Río Cestilla. Pereira, 2009, 169 p. Trabajo de grado (Administrador del Medio Ambiente). Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Pregrado en Administración del Medio Ambiente.

GUTIERREZ GARCIA, Hellen. Adriana. *Bases de Datos Espaciales / Portafolio para el Ordenamiento Territorial – creado el 12-08-2018*. [Consulta: 27/04/2018] Disponible en: <https://sites.google.com/site/sigarcgis/bd-geografica>

IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -SIRH, Sistema De Información Del Recurso Hídrico. [Consulta: 10/05/2018] Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/manuales-sirh>

LARCHER, Ledda. (27 de 04 de 2017). Microsoft Acces. Universidad Nacional del Estero - Facultad de Agronomía y Agroindustria. Provincia Santiago del Estero, Argentina. [Consulta: 26/04/2018] Disponible en : http://faa.unse.edu.ar/apuntes/inforaplic/Acc2K_1.pdf

LAW, Derek. Many choices many geodatabase types available with ArcGIS 9.2., ArcUser En: The Magazine for ESRI Software USERS. ESRI Product Management. Vol. 10, No. 1 (Jan-March. 2007).

MADR, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Decreto 1541 del 26 de julio de 1978. Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973. Bogotá, D.C

MAVDT - Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto numero 1324 del 19 de abril de 2007. Por el cual se crea el Registro del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones”. Bogotá, D.C.

MAVDT - Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 3930 de octubre 25 de 2010 "Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811

de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C.

MINAMBIENTE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. PORH - Reglamentación de los usos del agua (Modulos 0-10). Bogotá, D.C.

MINAMBIENTE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico. SIRH, - Sistema De Información Del Recurso Hídrico. [Consulta: 09/052018] Disponible en:

<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1958-sistema-de-informacion-del-recurso-hidrico-sirh#links-de-inter%C3%A9s>

MOLINA, Adriana María & LÓPEZ, Luis Fernando & VILLEGAS, Gloria Isabel. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la planificación municipal. En: Revista EIA (Escuela de Ingeniería de Antioquia). Medellín: Escuela de Ingeniería de Antioquia, EIA., No. 4; p. 21-31. ISSN 1794-1237

NEGRETE LÓPEZ, G.A., RODRÍGUEZ ORTEGA, B., Arquitectura híbrida de acceso y visualización de datos. Puebla, 2008, Trabajo de grado (Ingeniero en Sistemas Computacionales). Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería, Ingeniería en Sistemas Computacionales.

VEGA PANTA, Luis. Angel. Notas de clase: Curso Bases de datos geográfica; Tema 01: Estructura de una Geodatabase (2016). Lima -Perú.

SILBERSCHATZ, Abraham & KORTH, Henry F. & SUDARSHAN. S. Fundamentos de Bases de Datos. Cuarta Edición. España. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U., 2002. 787 p + pdf. ISBN 0-07-228363-7

UPV - Universidad Politecnica de Valencia. Museo Informatica. [Consulta: 25/04/2018] Disponible en: <http://histinf.blogs.upv.es/2011/01/04/historia-de-las-bases-de-datos/>

VITTURINI CASTRO, Mercedes & FILLOTTRANI, Pablo & CASTRO, Silvia. Modelos de Datos para Datos espaciales. Bahía blanca Argentina: Universidad Nacional del Sur. [Consulta: 08/05/2018] Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/21569/Documento_completo.pdf?sequence=1

ZEILER, M. (1999). The ESRI Guide to Geodatabase Design. *Modeling Our World*, 1999.

Foro Web. [Consulta: 21/05/2018] Disponible en:
<https://yoreparo.com/programacion/preguntas/58611/limites-de-las-bases-de-datos-y-tablas-en-access.>