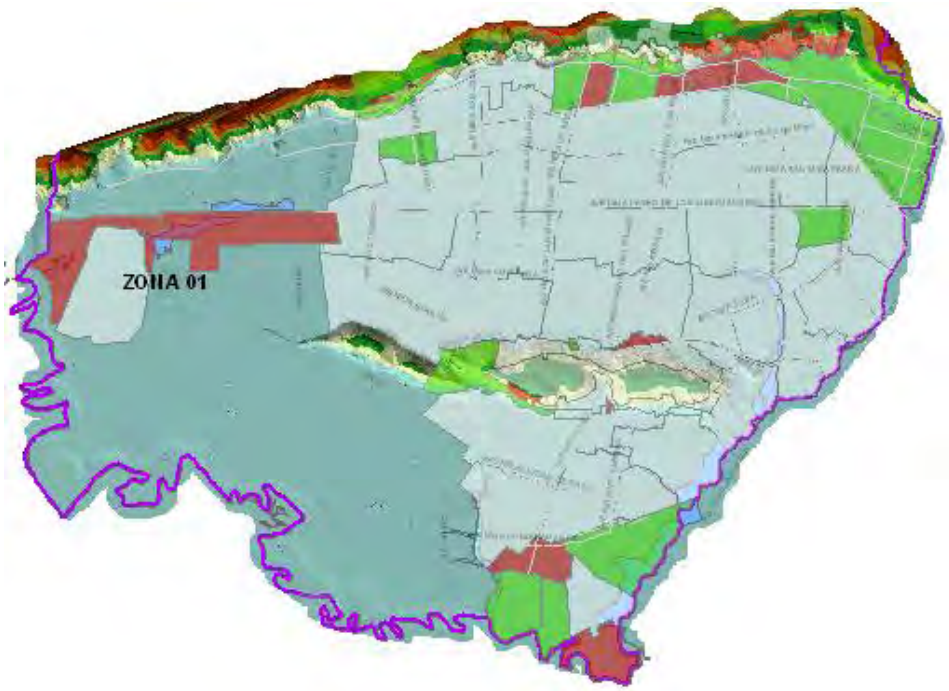
DISEÑO DE UN MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA LA GESTIÓN EMPRESARIAL. CASO DE ESTUDIO: AGUAS KAPITAL BOGOTA S.A. ESP. EMPRESA DE ACUEDUCTO.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

MAESTRÍA EN GEOMÁTICA
BOGOTA D.C. 2010



Presentado por:
DIEGO MARTINEZ OSPINA
Diseñador Industrial

DIRECTOR
Ing. MSc. ALBERTO BOADA

DISEÑO DE UN MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA LA GESTIÓN EMPRESARIAL. CASO DE ESTUDIO: AGUAS KAPITAL BOGOTA S.A. ESP. EMPRESA DE ACUEDUCTO.

DIEGO MARTÍNEZ OSPINA
Diseñador Industrial

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI
MAESTRÍA EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ D.C.
2010

DISEÑO DE UN MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA LA GESTION EMPRESARIAL. CASO DE ESTUDIO: AGUAS KAPITAL BOGOTÁ S.A. ESP. EMPRESA DE ACUEDUCTO.

DIEGO MARTÍNEZ OSPINA

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Geomática

DIRECTOR
Ing. MSc. ALBERTO BOADA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI
MAESTRIA EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ D.C.
2010

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. Diciembre de 2010

DEDICATORIA

A Dios, mi esposa, mis hijos y mi madre.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo del presente trabajo se debe a la colaboración incondicional y pertinaz del Ingeniero Mario Ferrer, Especialista en Gestión de Acueducto, en programas de recuperación de pérdidas de agua y modelación hidráulica. Gracias a su disposición para enseñar, el autor del presente trabajo ha tenido la oportunidad de desarrollar los SIG y la GEOMATICA en los sistemas de Acueducto. Al Director Ing MSc Alberto Boada por su oportuna colaboración y recomendaciones en la presentación de esta tesis.

Así mismo, a mi esposa e hijos por la colaboración, paciencia y tolerancia que han tenido por la falta de dedicación que les debo: A mi madre, su apoyo incondicional facilitaron terminar el trabajo.

Especiales agradecimientos al Decano Doctor Iván Montoya, una persona íntegra; al Doctor Luis Joel Martínez Director de la Maestría en Geomática, por sus aportes al trabajo; a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP (EAAB), en particular al Ingeniero Pedro Buitrago por disposición en colaborar con esta clase de estudios y facilitar la información. A Aguas Kapital Bogotá S.A. ESP por brindar la oportunidad de desarrollo del trabajo y mantener una comunicación constante.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 13

1. JUSTIFICACIÓN 16

2. ANTECEDENTES 25

3. OBJETIVOS 26

3.1 OBJETIVO GENERAL 26

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 26

4. MARCO TEORICO 27

4.1 MARCO LEGAL 27

4.1.1 Ley 142 de 1994. 27
4.1.2 Resolución CRA No 287 del 25 de mayo de 2004. 28
4.1.3 Resolución CRA No 315 del 11 de febrero de 2005. 28

4.2 MODELOS DE DATOS 32

4.2.1 Clasificación de los modelos. 33
4.2.2 Modelos espaciales. 34
4.2.3 Modelos espaciales y SIG 35
4.2.4 Proceso de modelamiento de datos. 38

4.3 DISEÑO DE BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS. 40

4.4 LOS SIG ORIENTADOS A OBJETOS. 41

4.4.1 Mecanismos de abstracción. 42
4.4.2 Comportamiento. 44

4.5 SISTEMAS DE INFORMACION 45

4.5.1 Definición de sistemas de información. 45
4.5.2 Características de la información. 47
4.5.3 Clasificación de los sistemas de información. 47

4.6 CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS DE ACUEDUCTO SEGÚN LA INFORMACIÓN ESPACIAL. 50

4.7 PLAN ESTRATEGICO EMPRESARIAL AGUAS KAPITAL Y ZONA DE ESTUDIO 52

5. METODOLOGIA 57

5.1 Análisis del plan estratégico de la Empresa Aguas Kapital S.A. ESP. 60

5.2 Análisis de las necesidades de información espacial. 61

5.3 Diseño del modelamiento temático. 62

5.4 Diseño del modelo de datos geográficos. 62

5.5 Definición del alcance de la implementación de la gestión empresarial. 63

5.6 Implementación. 63

6. RESULTADOS 64

6.1 DISEÑO DEL MODELO DE DATOS GEOGRÄFICOS DE GESTIÓN EMPRESARIAL PARA LA EMPRESA AGUAS KAPITAL S.A. ESP. 65

6.2 ANALISIS DE LAS NECESIDADES DE INFORMACION ESPACIAL 65

6.2.1 Áreas primera fase. 65
6.2.2 Áreas segunda fase. 66
6.2.3 Áreas tercer fase. 66

6.3 MODELAMIENTO TEMÁTICO 67

6.3.1 Indicadores de primer nivel 69
6.3.2 Indicadores de segundo nivel. 80

6.4 DISEÑO DEL MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS. 87

6.4.1 Modelamiento conceptual. 87
6.4.2 Modelamiento lógico. 91
6.4.3 Desarrollo del modelo físico. 111

6.5 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE DATOS A LA GESTION EMPRESARIAL 113

6.5.1 Mantenimiento de la red 113

6.5.2 Operación de la red 118

7. CONCLUSIONES 131

7.1 MODELAMIENTO DE INDICADORES DE GESTION Y PAUTAS METODOLOGICAS 131

7.2 MODELO DE DATOS DE GESTION 132

7.3 INDICADORES DE GESTION 132

7.3.1 Mantenimiento de la red 133
7.3.2 Operación de la red 135

7.4 IMPLEMENTACION DEL MODELO DE DATOS 139

7.5 RELACION DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GERENCIAL Y GEOGRAFICA. 139

7.6 LOS PASOS SIGUIENTES. 141

BIBLIOGRAFÍA 142

ANEXOS 145

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Situación del manejo de la información espacial de forma dispersa.....19

Figura 2. Sistema integrado de información espacial. 19

Figura 3. Representación del uso de la información por los diferentes usuarios. ..20

Figura 4. Problemas y aportes que justifican el desarrollo del modelo de datos espaciales de gestión de acueducto. 23

Figura 5. Componentes del sistema hidráulico de una red de acueducto.....25

Figura 6. Modelo de datos raster. 37

Figura 7. Representación de objetos como punto, línea o polígono usando el modelo de datos tipo vector. 39

Figura 8. Estructura de la topología geográfica para líneas y polígonos. 40

Figura 9. Modelo de datos tipo red (network). 40

Figura 10. Estructura topológica de un TIN. 38

Figura 11. Niveles de abstracción en el modelamiento de datos geográficos. 39

Figura 12. Etapas del proceso de modelamiento de datos geográficos.....40

Figura 13. Componentes de un sistema de información. 46

Figura 14. Diagrama de clasificación de los sistemas de información. 49

Figura 15. Zonas de gestión de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP. 54

Figura 16. Gerencia de zona 1 –Norte de Bogotá- 54

Figura 17. Diagrama funcional de la organización Aguas Kapital Bogotá.....56

Figura 18. Sistema de información geográfica para la gestión de acueducto. 58

Figura 19. Diagrama de la metodología para el diseño del modelo de datos. 60

Figura 20. Relación de áreas funcionales con información espacial o espacializable. 61

Figura 21. Modelamiento temático por área funcional 62

Figura 22. Fases de trabajo y alcance del trabajo de investigación. 67

Figura 23. Interrelación de parámetros de primer y segundo nivel. 68

Figura 24. Gráfico relación de escalas. 72

Figura 25. Modelamiento conceptual para el diseño del modelo de datos geográficos para la gestión empresarial de acueducto. 87

Figura 26. Alcance del modelamiento conceptual. 89

Figura 27. Modelamiento conceptual del modelo de datos geográficos de gestión empresarial. 90

Figura 28. Modelo lógico de datos geográficos de acueducto adaptado por la EAAB, elementos activos. 93

Figura 29. Modelo lógico de datos geográficos de acueducto adaptado por la EAAB, elementos pasivos. 94

Figura 30. Modelamiento lógico de datos geográficos de gestión empresarial. 97

Figura 31. Objeto Límite de sectorización tipo línea. 98

Figura 32. Objeto Límite de sectorización tipo polígono. 99

Figura 33. Objeto Área de servicio de reductora. 100

Figura 34. Objeto área macromedida. 101

Figura 35. Objeto Porción de Lectura. 102

Figura 36. Objeto Unidad de Lectura. 103

Figura 37. Objeto Unidad de reparto. 103

Figura 38. Objeto Daños. 104

Figura 39. Objeto Cierres. 105

Figura 40. Objeto Loteo. 106

Figura 41. Objeto Manzaneo.....107
Figura 42. Objeto Barrio.....108
Figura 43. Objeto Sardinel. 108
Figura 44. Objeto Localidad. 109
Figura 45. Objeto UPZ. 109
Figura 46. Objeto Malla Vial. 110
Figura 47.Objeto Cruces. 110
Figura 48. Imagen de importación de los datos a la Personal Geodatabase. 112
Figura 49. Modelamiento para obtener la cantidad de redes en AC. 114
Figura 50. Cantidad de redes en asbesto cemento. 114
Figura 51. Modelamiento edad de la tubería. 115
Figura 52. Edad de la tubería.....116
Figura 53. Modelamiento para obtener la cantidad de daños. 116
Figura 54. Cantidad de daños por mes por ASR. 117
Figura 55. Índice renovación de redes. 118
Figura 56. Modelamiento para obtener el ICTAC.....119
Figura 57. Continuidad del servicio ICTAC. 120
Figura 58. Modelamiento para obtener la presión de servicio. 120
Figura 59. Presión de servicio de acueducto. 121
Figura 60. Índice calidad del servicio. 122
Figura 61. Modelamiento da la cantidad de usuarios afectados por cierre. 123
Figura 62. Cantidad de usuarios afectados por cierre de acueducto. 123
Figura 63. Modelamiento de la producción de la extensión del cierre acueducto. 124

Figura 64. Porcentaje de extensión del cierre acueducto. 124

Figura 65. Modelamiento relación de válvulas cerradas por cierre. 125

Figura 66. Relación de válvulas cerradas por cierre. 125

Figura 67. Modelamiento tiempo promedio de cierre acueducto. 126

Figura 68. Tiempo promedio de cierre acueducto.....126

Figura 69. Índice de calidad de operación de la red. 127

Figura 70. Modelamiento de producción cobertura hidrantes. 128

Figura 71. Porcentaje de cobertura de hidrantes por ASR. 128

Figura 72. Modelamiento de producción de la cobertura de redes de acueducto. 129

Figura 73. Porcentaje cobertura de redes de acueducto. 130

Figura 74. Índice de cobertura. 130

Figura 75. Áreas para renovar redes. 134

Figura 76. Áreas de redes más antiguas. 135

Figura 77. Modelo de relación de los sistemas de información gerencial y geográfico. 140

Figura 78. Evolución de la información espacial. 141

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las empresas de acueducto. 31

Tabla 2. Cantidad de empresas de acueducto. 31

Tabla 3. Clasificación de las empresas según la información espacial.....52

Tabla 4. Promedio de suscriptores afectados por cierre por mes de gestión. 71

Tabla 5. Valores que definen los rangos de prioridad para usuarios afectados por cierre. 71

Tabla 6. Rangos de prioridad para usuarios afectados por cierre.....71

Tabla 7. Rangos de prioridad para indicador de porcentaje de redes de AC.....74

Tabla 8. Rangos de prioridad para la edad de tubería. 74

Tabla 9. Rango de prioridades para Daños/mes.....75

Tabla 10. Rango de prioridades para ICTAC/mes. 75

Tabla 11. Rango de prioridades para presión de servicio. 76

Tabla 12. Promedio de usuarios afectados por cierre por año. 76

Tabla 13. Promedio de área afectada para cada tipo de cierre dada en ha. 77

Tabla 14. Rango de prioridades para área afectada por cierre por cada UME. 77

Tabla 15. Relación promedio de válvulas operadas por cada cierre de redes.....77

Tabla 16. Rango de prioridades para promedio de válvulas operadas por cierre. .77

Tabla 17. Relación de promedios de tiempo de cierre para cada tipo por año. 78

Tabla 18. Rango de prioridades para promedio tiempo de cierre en horas. 78

Tabla 19. Rango de prioridades para la cobertura de hidrantes. 78

Tabla 20. Rango de prioridades para la cobertura de redes de acueducto 79

Tabla 21. Relación de áreas funcionales e indicadores de gestión primer nivel. ...80

Tabla 22. Componentes del índice de renovación de redes y definición de prioridades. 81

Tabla 23. Indicador de renovación y sus componentes. 82

Tabla 24. Valores del indicador calidad del servicio. 82

Tabla 25. Cálculo del índice de servicio para algunas UME. 83

Tabla 26. Indicador de segundo nivel de gestión operativa y sus componentes. ..83

Tabla 27. Relación de parámetros para identificar el índice de calidad de operación de la red. 84

Tabla 28. Relación de parámetros que inciden en el indicador de cobertura. 84

Tabla 29. Indicadores de cobertura de primer nivel y segundo nivel a nivel de zona. 85

Tabla 30. Relación de indicadores de primer y segundo nivel de gestión. 86

Tabla 31. Símbolos para la línea de sectorización. 98

Tabla 32. Atributos para Limite sectorización línea. 99

Tabla 33. Atributos para el área de servicio de reductora. 100

Tabla 34. Atributos para porción de lectura. 102

Tabla 35. Atributos del objeto daños. 104

Tabla 36. Atributos del objeto cierres. 105

Tabla 37. Atributos del objeto loteo. 106

Tabla 38. Atributos del objeto manzaneo. 106

Tabla 39. Atributos del objeto barrios. 107

Tabla 40. Atributos del objeto localidad. 108

Tabla 41. Atributos del objeto UPZ. 109

Tabla 42. Atributos del objeto malla vial. 110

Tabla 43. Características de los indicadores de gestión. 131

Tabla 44. Áreas prioritarias para renovar redes. 133

Tabla 45. Áreas de servicio de prioridad alta de atención de calidad de servicio. 135

Tabla 46. Cantidad de áreas de prioridad alta para los Indicadores de segundo nivel. 136

Tabla 47. Cuadro de control de indicadores de gestión. 138

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Datos geográficos para el modelamiento de la continuidad del servicio. 145

Anexo B. Datos geográficos para el modelo básico cantidad de usuarios afectados por cierre por daños en la tubería. 145

Anexo C. Datos geográficos para el modelo básico presión de servicio. 147

Anexo D. Datos geográficos para el modelo básico calidad del agua. 148

Anexo E. Datos geográficos para el modelo básico probabilidad de ocurrencia de daños. 149

Anexo F. Datos geográficos para el modelo básico de reducción de daños por renovación. 151

Anexo G. Datos geográficos para el modelo básico tiempo promedio de atención por daños en la tubería. 153

Anexo H. Datos geográficos para el modelo básico tiempo promedio de atención por daños en la tubería. 155

Anexo I. Mapa descriptivo relación de la cantidad de daños, edad y material de la tubería. 157

Anexo J. Mapa descriptivo cantidad de usuarios por cierre mes de junio. 158

Anexo K. Mapa descriptivo cobertura Acueducto. 159

Anexo L. Mapa descriptivo cobertura de hidrantes. 160

RESUMEN

La operación y administración de una empresa de Acueducto exige mantener niveles adecuados de gestión requeridos por entes oficiales o políticas internas de la empresa, el nivel de confiabilidad de los indicadores de gestión dependen de la calidad de los datos que respaldan la información y que es afectada por el uso de diversas fuentes de información. El presente trabajo integra un modelo de datos geográficos dirigido a la gestión de acueducto, a partir de la creación de un modelo de indicadores de gestión para las áreas de mantenimiento y operación de la red de acueducto de la zona de servicio 1 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP, operada por Aguas Kapital S.A. ESP, identificando los datos necesarios que conduzcan a la obtención de la información de gestión. ESRI ha diseñado un modelo de datos que representa la red geométrica de acueducto pero hay necesidad de integrar los otros datos producto de la operación del Acueducto. El trabajo se complementa con los diseños de procedimientos para calcular los indicadores de gestión a partir de la relación de los datos geográficos por medio de funciones espaciales.

La metodología de trabajo, basada en la propuesta desarrollada por Tomlinson (2007), integra los lineamientos definidos por los Sistemas Gerenciales y el modelo de gestión de Aguas Kapital Bogotá S.A. ESP. El resultado es un modelo lógico de datos geográficos que forma parte de un SIG, orientado a la medición de indicadores de gestión, representados mediante mapas, el cual permite el control espacial de la gestión. La relación entre la Geomática, a través de los Sistemas de Información Geográfica y los Sistemas de Información Gerencial es complementaria.

La Geomática, como ciencia aplicada ofrece herramientas para la consecución de objetivos empresariales. El uso de sistemas de información geográfica SIG, soporta la toma de decisiones y permite el control de la gestión.

Un aporte científico del trabajo de investigación es encontrar la articulación entre dos ciencias como la Geomática y la Administración de Empresas desde los sistemas de información geográfica y los sistemas de información gerencial respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Geomática, Sistemas de Información Geográfica, SIG, modelamiento espacial, Sistemas de Información Gerencial,

ABSTRAC

The operation and administration of a company of Aqueduct requires maintaining adequate levels of management required by official entities or internal policies of the company, the level of reliability of management indicators depend on the quality of data that support the information and that is affected by the use of various sources of information. This work integrates a model of geographic data led to the management of aqueduct, from the creation of a model of management indicators for the areas of maintenance and operation of the network of aqueduct in the area of service 1 of the Company of Aqueduct and Sewer Bogota ESP, operated by Waters Kapital S.A. ESP, identifying the necessary data that will lead to the collection of information management. ESRI has designed a model of data that represents the network geometric aqueduct but there is a need to integrate the other data product of the operation of the Aqueduct. The work is complemented by the designs of procedures for calculating the management indicators from the relationship of the geographical data by means of office space.

The working method, based on the proposal developed by Tomlinson (2007), integrates the lines defined by the Management Systems and the management model of Waters Kapital Bogota S.A. ESP. The result is a logical model of geographic data that is part of a GIS, aimed at the measurement of management indicators, represented by maps, which allows the spatial control of the management. The relationship between the Geomatics, through the Geographic Information Systems and Management Information Systems is complementary.

The Geomatics, as applied science offers tools for the achievement of business objectives. The use of geographic information systems GIS, supports the decision-making and allows the management control.

A scientific contribution of the research work is to find the articulation between two sciences such as Geomatics and Business Administration from the geographic information systems and management information systems respectively.

KEYWORDS: Geomatics, Geographic Information System, GIS, spatial modeling, Management Information Systems.

INTRODUCCIÓN

En el comienzo de los tiempos, para la especie humana, el desarrollo de la vida estaba supeditado a la existencia del agua que determinaba la ubicación de los asentamientos humanos; este lugar se situaba cercano a las fuentes de agua dispuesta a las actividades de subsistencia y progreso. A medida que la sociedad evolucionaba y se concentraba en grandes masas, los cuerpos de agua fueron blancos del manejo inapropiado de desperdicios; adicionalmente, catástrofes como las producidas por incendios no eran fácilmente controlados por la falta de redes de acueducto para sofocarlo[1]. Al cabo del tiempo y con el desarrollo de la humanidad, las diferentes civilizaciones construyeron acueductos aéreos o subterráneos o canales cubiertos manteniendo la pureza de las aguas colocándolas en depósitos o llevándolas a fuentes públicas[2]. El sistema de acueducto brinda la posibilidad de obtener el agua tratada para consumo humano de manera inmediata facilitando el desarrollo de los pueblos.

Actualmente el déficit de agua potable en el mundo es una realidad incuestionable, por ello cualquier acción de control es válida por mantener los recursos naturales y específicamente los hídricos en equilibrio. Las Empresas de Acueducto han reaccionado a esta necesidad, han reducido los niveles de pérdida de agua y en consecuencia se ha disminuido la producción de agua evitando o postergando inversiones en infraestructura para captar más agua.

El objetivo del presente trabajo es brindar una herramienta para estructurar datos geográficos ofreciendo procedimientos que faciliten la gestión de un sistema de Acueducto. Como caso de estudio se toma la Empresa Aguas Kapital Bogotá S.A. ESP, donde se identifican los indicadores de gestión, se definen los datos necesarios para cada uno de ellos, se estructuran en un modelo de datos geográfico representando el comportamiento de los objetos en relación con el ambiente y se modela los procedimientos a seguir para obtener los indicadores de gestión.

---

[1] Cifuentes Toro, Arturo. Tomado de http://www.elabedul.net/Articulos/el_agua_en_la_historia.php

[2] Ibid,

El modelo de datos geográfico de gestión empresarial diseñado integra los objetos de gestión que una empresa de acueducto necesita. El modelo se complementa con la representación de la red de tuberías de acueducto diseñado inicialmente por Grise (2000) para la casa matriz de ESRI y adaptado por varias empresas de acueducto del país y del mundo.

La metodología empleada para diseñar el modelo de datos de gestión de acueducto permite economizar recursos y orientar los que se tienen, en la adquisición de datos para alimentar el modelo, definiendo en la entrada del sistema los parámetros de salida, en este caso los indicadores de gestión.

Del presente estudio se obtiene un modelo de datos de acueducto que puede ser aplicado a cualquier empresa de acueducto, sin importar el tamaño o cantidad de usuarios suscriptos, además permite presentar indicadores de gestión integrados a las solicitudes que hace la CRA y que permiten evaluar cualitativamente los resultados de la gestión. El uso de las *Unidades Mínimas Espaciales*, permite evaluar una gran región fraccionándola en áreas controlables de características homogéneas, planear los recursos y satisfacer las necesidades de cada una ellas para hallar un equilibrio operacional en toda la gran región. Las decisiones tomadas con base en las *unidades mínimas espaciales,* permiten impactar pequeñas áreas controlando los recursos y la gestión.

Entre los aportes se encuentran el diseño del modelo de datos de gestión para la ciencia de la Geomática y la ingeniería. Así mismo, se integran los sistema de información gerencial y geográfica en sus diversos niveles, operativo, gestión y estratégico.

Otro aporte a los sistemas de gestión es la localización de la información, no solo presentando resultados por medio de mapas, sino la posibilidad de realizar seguimiento a cada uno de los objetos que presenten problemas y lograr tomar decisiones rápidas, localizadas, de impacto, incluso poder generar programas por fases dándole prioridad a los elementos de mayor importancia. La potencialidad máxima de los SIG es emplear las funciones espaciales para hallar patrones de comportamiento espacial de los objetos analizados enriqueciendo la información gerencial.

El uso de las funciones espaciales de la Geomática aporta como herramienta, al cálculo de indicadores de gestión en la planeación operativa de un Sistema de Información Gerencial.

La estructuración e integración de la información espacial es la principal necesidad en una empresa de acueducto, permite la toma de decisiones sobre una misma fuente común a toda la organización, eliminando la dualidad y diferencia de la información, a cambio, se genera mayor confianza en la integridad, consistencia y validez de la información.

La integración de los sistemas de información gerencial y geográfico en los diferentes niveles de planeación: operacional, funcional o gestión y estratégica, permite el control eficiente y eficaz de la operación de un acueducto a través de la definición de indicadores de gestión con componentes espaciales. El resultado será el mejoramiento continuo en cuanto a calidad y productividad, pilares de los Sistemas de Información Gerencial.

1. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en las grandes ciudades, el agua está disponible para su consumo gracias a los sistemas complejos de redes de distribución y redes internas de acueducto que poseen las edificaciones, siendo necesario garantizar la continuidad del servicio y asegurando la calidad del agua, durante los 365 días del año y las 24 horas del día.

El medio ambiente se encuentra afectado por la contaminación global lo que implica disminución de los recursos hídricos para el consumo humano, según estudios de las Naciones Unidas cada 20 años el consumo se duplica, por lo tanto el nivel per cápita disponible disminuye aceleradamente. Si tenemos en cuenta que el 3% del agua del mundo es agua dulce, que de este el 79% está en glaciares, el 20% en aguas subterráneas y el 1% en superficies accesibles. De ese 1%, el 52% se encuentra en lagos, el 38% en la humedad del suelo, el 8% contenida en la atmósfera, el 1% está en organismos vivientes y el 1% está en ríos y arroyos[3]; nos podemos dar cuenta que la disponibilidad del agua para consumo humano es limitada, y se deben emprender acciones para mantener y proteger nuestros recursos hídricos, además de crear políticas para disminuir el consumo del agua, porque en un futuro no muy lejano, la escases del agua será un problema social importante.

Sin embargo, las medidas que se adopten para disminuir el consumo de agua no tendrán el efecto esperado, si no hay control sobre las pérdidas de agua suscitadas en la distribución en un sistema de acueducto. La política de control de pérdidas de agua tiene por objetivo: evitar o por lo menos demorar las inversiones en las construcciones para la captación de nuevas fuentes de agua, conservando los recursos naturales actuales y evitando el acceso a nuevas fuentes alternas (Aguilera, 2007)[4].

---

[3] Notas tomadas de http://www.ecoestrategia.com/articulos/agua/articulos/agua01.html

[4] AGUILERA, Wilches, Julio César. Proyecto de reducción de pérdidas de agua potable y reforma al marco regulador. Bogota D.C.: CRA, 2007.

En Colombia, los valores aceptables de pérdidas de agua están reglamentadas por la resolución 08 de 1995 de la CRA[5], deben ser del orden del 30%; para el año 2007, las empresas denominadas mayores tenían pérdidas del 42.5%, mientras que las medianas estaban en 55.1% y las menores, 45.9% (Aguilera, 2007).

El Estado Colombiano interesado en controlar los recursos hídricos y en promover políticas de eficiencia hidráulica en las empresas de acueducto, ha creado medidas legales como son: la ley 142 de servicios públicos de 1992 y las resoluciones de la CRA 287 de 2004 y 315 de 2005 donde reglamentan, definen y controlan las empresas de servicios públicos, vigilando la calidad de servicios que prestan, estableciendo procedimientos e indicadores para evaluar la gestión de calidad y el nivel de riesgo que tiene cada empresa.

Las empresas de acueducto interesadas en cumplir con las reglamentaciones de la CRA, han diseñado programas de uso eficiente y ahorro de agua como lo requiere la ley 373 de 1997, para aumentar la eficiencia y eficacia de sus sistemas operativos, comerciales y técnicos maximizando la actual producción de agua. Los programas deben contemplar el diagnóstico de la oferta hídrica y la demanda de agua, las metas anuales de reducción de pérdidas y campañas educativas a la comunidad.

Sintetizando, existen indicadores de gestión definidos y reglamentados por el estado y gobierno, para controlar la eficiencia y eficacia de las empresas de servicios públicos y en este caso, los operadores de acueducto y alcantarillado; pero después de 10 años de definidos los parámetros de pérdidas de agua establecidos en un 30%, aún se encuentran para empresas mayores, pérdidas del 42.5%, lo que significa que los programas de uso eficiente y ahorro de agua no han tenido la orientación o la medición adecuada para determinar las actividades que impacten la disminución de pérdidas de agua.

Las estrategias definidas por cada empresa de acueducto para asumir las condiciones del negocio son particulares, en este caso Aguas Kapital Bogotá S.A. ESP., ha tenido en cuenta no solo las condiciones establecidas por las entidades gubernamentales, sino que ha definido parámetros de gestión para controlarla y orientarla de acuerdo a los intereses propios del negocio.

[5] CRA: comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico.

Estado de la información espacial en las empresas de Acueducto.

Las empresas de acueducto usan la información espacial para realizar diferentes actividades, los formatos utilizados para representar la información han dependido de la evolución tecnológica desde los formatos análogos en diversas calidades de papel hasta los digitales como el CAD[6] y ahora los SIG.

Dependiendo del tamaño de las empresas, la disponibilidad de la información espacial se encuentra en planos de papel, algunos georreferenciados; planos en formato CAD y en SIG. Las empresas pequeñas disponen de información no actualizada y a veces ausente, mientras que las grandes disponen de sistemas de información geográfica para los que también se usa información en formatos CAD.

Las grandes empresas de acueducto del país por su necesidad de controlar, actualizar, usar y difundir la información espacial, ya tienen Sistemas de Información Geográfica que han incorporado a sus roles cotidianos; pero empresas medianas y pequeñas no han realizado este proceso vital para el desarrollo empresarial y calidad del servicio; y básicamente no lo han realizado por falta de conocimiento, o porque las licencias propietario son costosas y el software de código libre está poco difundido; y también, falta de interés político y gerencial.

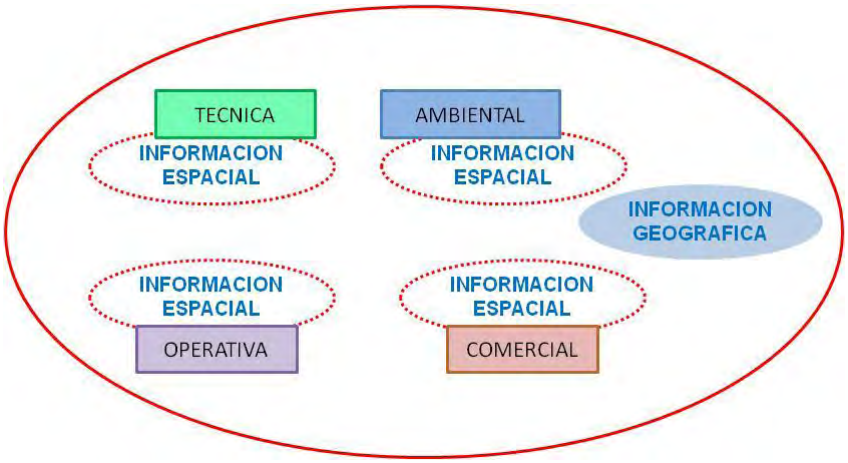
Como lo expone Gómez y Suarez[7], las diferentes áreas funcionales de una empresa basadas en una infraestructura tecnológica que soporta sus actividades y con sus propios objetivos de gestión, se han desarrollado de manera aislada perdiendo la visión global de las actividades de la organización, cada área se centra en la actividad asignada y dificulta la comunicación entre ellas; en el caso de las empresas de acueducto se ha encontrado que diferentes áreas funcionales formulan proyectos similares, generando altos costos que al final el resultado es la poca productividad de gestión empresarial que presentan al final de un periodo, la Figura 1 representa la situación de la información espacial en una empresa de acueducto con las características descritas.

---

[6] CAD: computer-aided design, formato utilizado por varios programas de software Autocad, Microstation, etc.

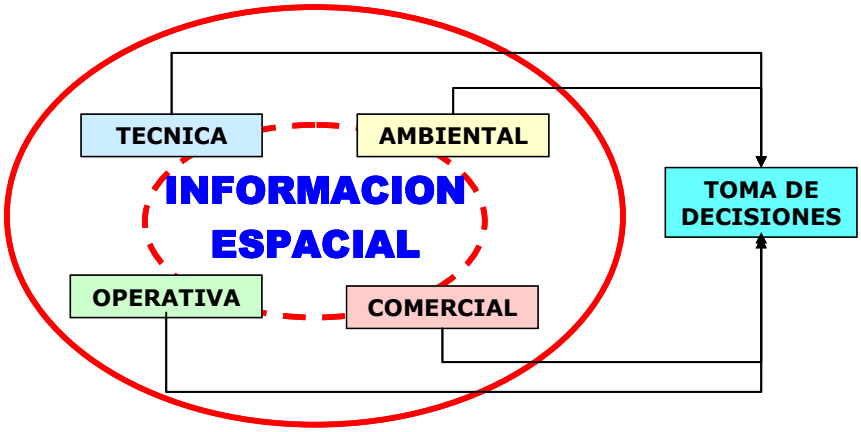
[7] GÓMEZ, Álvaro; SUÁREZ, Carlos. Sistemas de información: Herramientas prácticas para la gestión empresarial. México: Alfaomega, 2004, pg 54.

Figura 1. Situación del manejo de la información espacial de forma dispersa.



La situación esperada en el manejo de la información espacial es tenerla en un solo repositorio o gestor de bases de datos para, primero actualizarla y segundo, utilizarla, teniendo la garantía que es una información de buena calidad, por las distintas áreas que necesitan de ella. La Figura 2 representa cómo la información espacial integra las diferentes áreas de la empresa y se vuelve un eje para el soporte de la toma de decisiones.

Figura 2. Sistema integrado de información espacial.



Algunas empresas de acueducto en Colombia como la EAAB, Triple A, Aguas de Manizales, ya poseen sistemas de información geográfica.

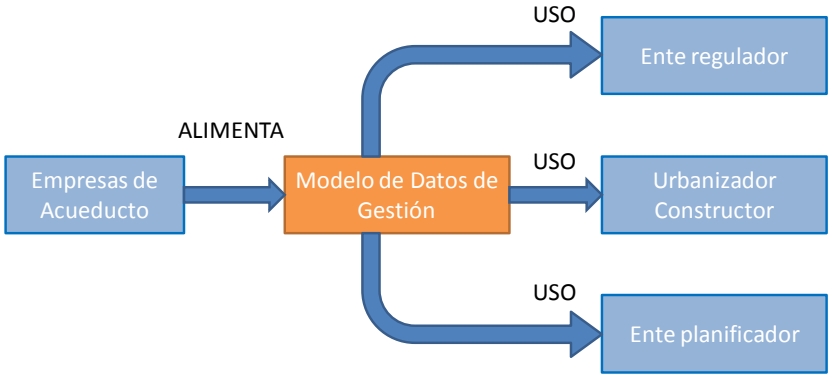
La integración de la información espacial es la principal necesidad en una empresa de acueducto, permite la toma de decisiones sobre una misma fuente común a toda la organización, eliminando la dualidad y diferencia de la

información, a cambio, se genera mayor confianza en la integridad, consistencia y validez de la información.

En el sector del agua existen cuatro usuarios de la información espacial: a) Las empresas de Acueducto, quienes son las que generan la información para su funcionamiento y control, b) los entes de control, que en el caso del país son la Superintendencia de Servicios Públicos y la CRA, ellas necesitan la información para ejercer el control sobre la calidad del servicio; c) las oficinas de planeación, del gobierno nacional, gobernaciones y alcaldías, que utilizan la información para determinar necesidades de cobertura del servicio, proyectar nuevas obras de expansión y mostrar gestión; y d) los constructores y urbanizadores, para definir y dar alcance a sus proyectos. Cada uno de estos usuarios apropia la información de diferente manera, las empresas de acueducto producen información de diferentes formas, y si los entes de control, de planeación o constructores no se satisfacen con la información suministrada, generan la propia en diversos formatos y calidades multiplicando recursos, esfuerzos y generando duplicidad en la información.

En el momento de integrar la información se generan problemas de interoperabilidad ya que todos los formatos utilizados no son compatibles entre sí, por ello la necesidad de unificar criterios, formatos y conceptos generando estándares aplicables a la información espacial de acueducto desde los entes reguladores. El modelo de datos de gestión de acueducto diseñado con base en parámetros universales en el manejo de acueducto, aporta solución a la falta de interoperabilidad de los datos de los diferentes usuarios, y al intercambio de los mismos; actúa como un canal de comunicación que integra los diferentes usuarios. La Figura 3 representa la relación entre los usuarios y como el modelo de datos facilita el uso de la información espacial de acueducto.

Figura 3. Representación del uso de la información por los diferentes usuarios.



La interoperabilidad es un problema aún mayor cuando se necesite integrar la información de acueducto con otras de diferentes servicios públicos o

instituciones, con el propósito de generar información integral de una ciudad o localidad. Con el desarrollo de la Geomática, han surgido las Infraestructuras de Datos Espaciales IDE[8], cuyo principal objetivo lo manifiesta Chaparro: "ordenar la producción y facilitar la disponibilidad, el acceso y el uso de datos, productos y servicios geográficos, en un entorno de cooperación entre instituciones públicas, privadas, académicas y de investigación, quienes necesitan esta información base para la representación espacial de variables relacionadas con el conocimiento y desarrollo del territorio" (2007).

En Colombia, existen varias IDE's, a nivel nacional esta la ICDE Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales; a nivel local están: IDECA, Infraestructura de datos espaciales del Distrito Capital; IDESC, Infraestructura de datos espaciales de Santiago de Calí.

El modelo de datos de gestión abre la discusión en torno a la necesidad de generar estándares mínimos que debe incorporar la información geográfica de acueducto en los diferentes niveles de infraestructura de datos, nacional y local. El desarrollo se hace en el capítulo de análisis de resultados y discusión.

Fracasos de los SIG en la aplicación en servicios públicos

En zonas donde las empresas atienden a menos de 5.000 suscriptores, estas están acostumbradas a manejar la información espacial por medio de planos actualizados a mano alzada, incluso se han encontrado municipios donde no hay planos de la red instalada; las administraciones en su afán de modernizar los sistemas de información de las redes, desarrollan proyectos para la implementación de SIG pero no hacen participes a los usuarios de la información, creando desconfianza en el sistema y terminan utilizando los planos antiguos. Otra situación es la falta de continuidad de los proyectos, las empresas de acueducto preocupados por mejorar la calidad de información, implementan proyectos para desarrollar un sistema único de almacenamiento con procedimientos de alta calidad, pero cuando hay cambio de administración los proyectos se detienen y la información queda paralizada sin oportunidad de actualizarse o lo que es peor sin utilizarse.

[8]"La definición clásica de una IDE es básicamente tecnológica, ya que la presenta como una red descentralizada de servidores, que incluye datos y atributos geográficos; metadatos; métodos de búsqueda, visualización y valoración de los datos (catálogos y cartografía en red) y algún mecanismo para proporcionar acceso a los datos espaciales" (Chaparro, 2007).

El éxito de un SIG es su uso constante. Es por esto que la participación activa en la definición de parámetros de los sistemas de información y el uso cotidiano por parte de las personas o funcionarios renuentes al cambio, hace que la integración con la nueva tecnología sea el procedimiento para aceptarlas evitando un choque cultural.

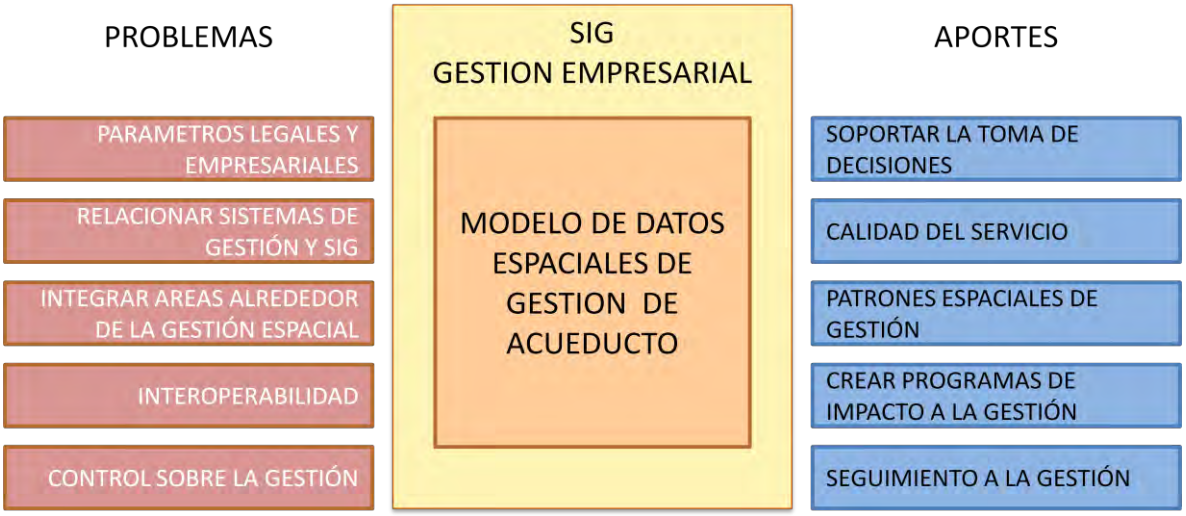
En resumen, existe el interés general y particular por controlar la gestión, definida desde parámetros establecidos por entes estatales y los definidos al interior de la Empresa Aguas Kapital Bogotá S.A. ESP; con el desarrollo de los sistemas de información gerencial y los SIG, surge la necesidad de integrarlos para evidenciar patrones de comportamiento e impacto a la gestión realizada; la información espacial dispersa por las áreas funcionales de la empresa y no contenida en una infraestructura sólida, hace que la toma de decisiones no tenga el impacto esperado y se diluya entre acciones austeras; los diversos formatos y calidades de la información espacial no permiten interoperar disociando la gestión, creando problemas de eficacia en las acciones emprendidas.

Con la implementación de un modelo de datos de gestión dentro de un sistema de información geográfico por parte de una empresa de acueducto, se pueden lograr funcionalidades más allá de las tareas técnico-operativas:

- Soportar la toma de decisiones en la planificación de la ciudad proyectando obras de infraestructura para cubrir las necesidades de la población.
- Realizar análisis de calidad del servicio por sectores, áreas de servicio, a nivel local o zonal.
- Realizar seguimiento a la gestión operativa y comercial por unidades espaciales por medio de indicadores de gestión.
- Planear el negocio en cuanto al manejo de costos e inversiones.
- Crear programas para reducir las pérdidas de agua con base en información detallada y localizada.
- Programar renovación de redes, una vez se estime la vulnerabilidad ante el riesgo de rotura de tubos.
- Soportar la información que necesita la modelación hidráulica.
- Almacenar la relación de los activos de la empresa.
- Organizar la información georreferenciada empresarial.

La importancia que la información espacial y geográfica confiere a los sistemas de información gerencial, es establecer las relaciones entre las unidades espaciales de análisis confluyendo en patrones de comportamiento geográfico, facilitando la toma decisiones y creando mayor impacto en la gestión en el momento de planificar el servicio, determinando la evolución de la ciudad, u otras funcionalidades que justifican la implementación de un modelo de datos espaciales destinado a la gestión empresarial. En la Figura 4 se representan los problemas y aportes que justifican el diseño del modelo de datos espaciales de gestión de acueducto.

Figura 4. Problemas y aportes que justifican el desarrollo del modelo de datos espaciales de gestión de acueducto.



El desarrollo de la tesis presenta un modelo de datos geográfico para la gestión empresarial enmarcado en un Sistema de Información Geográfico SIG[9], que

[9] Algunas de las definiciones de SIG tomadas por Domínguez (2000), aquí algunas:

NCGIA (1990): "Sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión"

STAR y ESTES (1990): "Sistema de información diseñado para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas".

Definición adoptada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC (1995): "El Conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer, y desplegar información, tanto

integra la información de redes de acueducto y datos espaciales de operación de la red, mantenimiento y operación comercial; permitiendo obtener indicadores de gestión por unidades mínimas espaciales para particularizar y focalizar la toma de decisiones implementando acciones que generan mayor impacto y elevan la gestión y productividad.

Preguntas investigativas

¿Los modelos de datos espaciales de acueducto permiten integrar todos los datos producto de la operación y mantenimiento que faciliten la toma de decisiones?

¿Es posible crear indicadores a partir de modelos espaciales de una red de acueducto que permitan visualizar la gestión y control?

¿Cómo se articulan los sistemas de información geográfica y los sistemas de información gerencial?

¿Cuál es la importancia de los indicadores de gestión espaciales en la operación y mantenimiento de una red de acueducto?

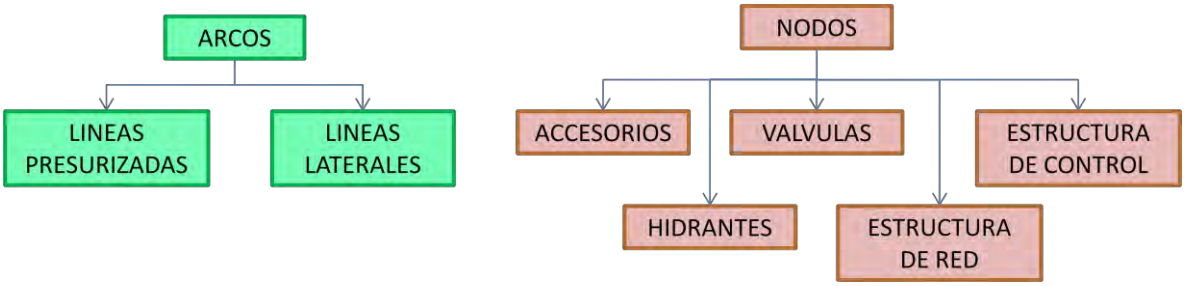
---

gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos ”.

2. ANTECEDENTES

Con el desarrollo de la Geomática y de los SIG, se han diseñado modelos de datos que permiten modelar o representar el funcionamiento y comportamiento hidráulico desde la captación del agua, estructuras de tratamiento, transporte del líquido finalizando en los puntos de consumo. Estos modelos han sido desarrollados por diferentes productores de software, empresas como el caso de ESRI[10], con el fin de: integrar los dibujos o planos desarrollados en CAD en un desarrollo de SIG; analizar la red instalada para planear la capacidad y desarrollar actividades de operación como reparaciones, cierres e inspecciones (Grise, 2000). Los modelos de datos de acueducto representan, entienden y visualizan el mundo real desde el punto de vista de la ingeniería, además promueven la eficiencia operacional y los beneficios del negocio, transcendiendo el SIG tradicional por medio de tecnologías estándar. En la Figura 5 se muestran los componentes básicos del modelo de datos geográfico de un acueducto.

Figura 5. Componentes del sistema hidráulico de una red de acueducto.



Los modelos desarrollados están orientados a la red de acueducto, pero falta orientarlos hacia la gestión, como una herramienta que permite controlar, organizar y medir las actividades operacionales comparándolas en determinados periodos, para establecer estrategias que permitan obtener mejores resultados.

[10] ESRI: Enviromental Systems Research Institute, es una empresa fundada en 1969. Actualmente desarrolla y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica y es una de las compañías líderes en el sector a nivel mundial.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un modelo de datos geográficos para la gestión empresarial, que integre la información de Acueducto y posibilite el desarrollo de mediciones de indicadores de gestión para focalizar espacialmente la toma de decisiones. Se toma como caso de estudio la Empresa Aguas Kapital Bogotá S.A. ESP.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el modelo de datos geográficos de gestión empresarial de acueducto dirigido a generar información eficaz que permita orientar la toma de decisiones en la Empresa.
- Determinar los indicadores de gestión de la operación y mantenimiento de una red de acueducto.
- Implementar el modelo de datos geográficos aplicándolo a parámetros de gestión empresarial en la empresa Aguas Kapital Bogotá S.A ESP.
- Dar pautas metodológicas en el diseño de un modelo de gestión orientado a la operación y mantenimiento de una red de acueducto.
- Generar un cuadro de gestión donde se visualice los indicadores y su evolución.
- Determinar los niveles de integración de los sistemas de información geográfica y gerencial.

4. MARCO TEORICO

Los elementos que delimitan el entorno del diseño y validación del modelo de datos espacial propuesto se presentan en este capítulo; conforman el marco conceptual que lo contextualiza según las normas jurídicas, los sistemas de información, los modelos de datos espaciales y la organización de la empresa del caso de estudio.

4.1 MARCO LEGAL

Las empresas de Acueducto están reguladas por entes gubernamentales y estatales que controlan la gestión empresarial para garantizar condiciones mínimas de servicio al usuario protegiéndolo de monopolios que estás generan al no tener competencia.

Los entes reguladores para el estado Colombiano son: el Congreso de la República, el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, la Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico (CRA) y la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (SSPD). A continuación se presentan una descripción de las normas que las empresas deben cumplir ante los entes de control para garantizar el cumplimiento del servicio.

4.1.1 Ley 142 de 1994.

“Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios….”

Con la aparición de esta ley, el Estado Colombiano interviene en los servicios públicos, conforme a las reglas de competencia de que trata esta Ley, en el marco de lo dispuesto en los artículos 334, 336, y 365 a 370 de la Constitución Política, para los siguientes fines:

- Garantizar la Calidad de los servicios.
- Ampliar permanentemente la cobertura de los servicios.
- Atender prioritariamente a las necesidades básicas insatisfechas.

- Prestar un servicio continuo e ininterrumpido.
- Permitir la libertad competencia.
- Ofrecer mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso a los servicios.
- Establecer un régimen tarifario proporcional para los sectores de bajos ingresos.

No cabe duda que durante el lapso de tiempo a partir de la generación de la ley, los procesos de provisión, financiación, administración, vigilancia etc. de los servicios públicos domiciliarios han sufrido grandes transformaciones. Estas trasformaciones han tenido profundos y diversos efectos sobre el bienestar de los usuarios. En general, las coberturas y la calidad de esos servicios han mejorado. Tales mejorías no solo están asociadas con cambios profundos en los procesos administrativos de las empresas proveedoras, sino también con cambios en su régimen jurídico. En muchos casos la participación del sector privado ha sido uno de los factores trasformadores más visibles. (Del Valle, 2004).

4.1.2 Resolución CRA No 287 del 25 de mayo de 2004.

"Por la cual se establece la metodología tarifaría para regular el cálculo de los costos de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado"

Como primer objetivo, la norma regula las tarifas de los servicios domiciliarios estableciendo un nuevo orden de cálculo extendiendo a los usuarios los costos de producción, distribución, operación y comercialización del servicio, y evitando aquellos relativos a la gestión ineficiente o extraer beneficios por la condición de posición dominante o monopolio. Así mismo, la norma da prioridad al objetivo de extender y mantener la cobertura del servicio manteniendo los propósitos de mejorar la eficiencia, competencia y calidad.

4.1.3 Resolución CRA No 315 del 11 de febrero de 2005.

"Por medio de la cual se establecen las metodologías para clasificar las personas de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de acuerdo con un nivel de riesgo"

Los objetivos de esta resolución son garantizar la calidad del servicio público de Acueducto, Alcantarillado y Aseo; ampliar la cobertura de los servicios; atender las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico; prestar de forma continua e ininterrumpida los servicios públicos.

En el artículo 2 “segmentación y categorización las personas prestadoras de servicios de acueducto, alcantarillado y aseo”, se clasifican las personas prestadoras[11] en dos grupos según la cantidad de suscriptores, aquellas con más de 2.500 suscriptores y aquellos con menos de 2.500 suscriptores.

“Para efectos de los indicadores operativos y de calidad, las empresas con más de 2.500 suscriptores se subdividen en dos categorías:

- Categoría 1: Prestadores con más de 8.000 suscriptores.
- Categoría 2: Prestadores con más de 2.500 y hasta 8.000 suscriptores.”

En el artículo 3 del capítulo 2, se definen los indicadores para determinar el nivel de riesgo de los prestadores de Acueducto.

A. Indicadores de primer nivel.

Son los indicadores a partir de los cuales se determina el nivel de riesgo de las personas prestadoras a su vez se dividen en:

a- Indicadores financieros.

- *Liquidez ajustada y endeudamiento.*
- *Eficiencia del recaudo.*
- *Cubrimiento de intereses.*

b- Indicadores operativos y de calidad para acueducto.

- *Índice de agua no contabilizada.*
- *Cumplimiento de cobertura.*
- *Índice de continuidad.*
- *Indicador de Calidad de Agua.*

B. Indicadores de segundo nivel.

Son indicadores que explican de forma desagregada los resultados de los indicadores de primer nivel u ofrecen información adicional de la persona prestadora, pero no determinan el

[11] La norma define como personas prestadoras del servicio a las empresas jurídicamente establecidas.

resultado del nivel de riesgo. Los indicadores de segundo nivel son:

a- Indicadores financieros.

- *Razón de endeudamiento de corto plazo.*
- *Razón de endeudamiento de largo plazo.*
- *Maduración de cartera por estrato, uso y servicio.*
- *Nivel de cartera.*
- *Costo promedio de pasivos financieros y pensiónales.*
- *Rentabilidad de activos.*
- *Tasa remuneratoria para préstamos a socios y vinculados económicos.*

b- Indicadores operativos y de calidad para acueducto.

- *Índice de micromedición real.*
- *Índice de micromedición nominal.*
- *Índice de cobertura nominal del servicio.*
- *Índice de ejecución de inversiones.*
- *Índice de presión.*
- *Índice de reclamación operativa.*
- *Índice de reclamación comercial.*
- *Índice de atención de reclamaciones.*
- *Índice de exactitud en el cobro de acueducto del prestador.*

Los índices a tener en cuenta en el modelo de datos propuesto son los indicadores operativos de primer nivel porque son los que determinan el nivel de riesgo de la empresa; los de segundo nivel, ofrecen información adicional y complementan los primeros pero no son determinantes del riesgo.

Articulo 4. INDICADORES AGREGADOS UTILIZADOS EN LA METODOLOGIA DE CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO.

Indicador Financiero Agregado (IFA); este indicador se establece con la combinación de los indicadores financieros de primer nivel.

Indicador Operativo y de Calidad Agregado (IOCA); este indicador se establece con la combinación de los indicadores operativos y de calidad de primer nivel.

Por medio de estos indicadores se establece el nivel de riesgo de las personas prestadoras del servicio de Acueducto. Se relacionan para contextualizar los

índices y tener claro hasta donde llega la Resolución de CRA, el modelo de datos de gestión empresarial tiene como alcance relacionar los datos espaciales disponibles para hallar los índices de gestión solicitados en la Resolución de la CRA 315.

Clasificación de las empresas según la cantidad de suscriptores.

La resolución 315 de la CRA clasifica las empresas de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo de acuerdo a la cantidad de suscriptores, la Tabla 1 se observa la clasificación:

Tabla 1. Clasificación de las empresas de acueducto.

Clasificación	Cantidad Suscriptores
Grande	más de 25.000
Mediana	>8000 y <25.000
Pequeña	<8000

De acuerdo a la información suministrada por la CRA para junio de 2001, la cantidad de empresas a nivel nacional según el número de suscriptores se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Cantidad de empresas de acueducto.

Clasificación	Cantidad
Grandes	31
Medianas	36
Pequeñas	48
Total	115

4.2 MODELOS DE DATOS

Una primera definición de "modelo" la realiza Wittgenstein's "un modelo es una imagen de la realidad"(1921)[12], sugiere que la idea básica de un modelo está arraigado en la filosofía de la ciencia y en el método científico, Batty (2001).

En los 1950's fue cuando empezó a usarse extensamente en ciencia como una "simplificación" más que una imagen de la realidad, (Lowry, 1965)[13].

Con el desarrollo de la teoría de sistemas complejos, el término modelo se utilizó como herramienta para comprender la complejidad en las ciencias humanas.

En los 1970's el término es usado para describir diversos tipos de procesos humanos y de operación, desde el más abstracto al más rutinario; Echenique (1972) dice: "un modelo es una representación de la realidad, en la cual está hecha por la expresión de ciertas características relevantes de la realidad observada y donde ésta consiste de objetos o sistemas que existen, que tiene que existir o pueden existir"[14].

Un modelo representa la simplificación de la realidad compleja y fragmentada, siendo su nivel de detalle consecuente con los objetivos y la precisión del estudio, la disponibilidad de datos básicos y el conocimiento disponible para establecer las reglas necesarias de representación. (Dumanski y Onofrei, 1989).

Un "modelo de datos" proporciona a los diferentes usuarios un mayor entendimiento y punto de referencia de la realidad. Para desarrolladores, un modelo de datos es el medio para representar el campo de aplicación en términos que puede ser trasladado al diseño y la implementación de un sistema. Para los usuarios esto proporciona la descripción de la estructura del sistema independiente de los ítems específicos de datos y detalles de una aplicación en particular (worboys 1995, citado por Longley 2001).

Un modelo es una abstracción de la realidad. Es una descripción formal de los elementos más esenciales de un problema. Debido que estos elementos

---

[12] Tomado de: BATTY, Michael. Models in planning: technological imperatives and changing roles. JAG, 3:2001.

[13] Ibid.

[14] Ibid.

constituyen un sistema, el modelo se puede considerar como una descripción formal de un sistema de interés. (Grant, 2001).

4.2.1 Clasificación de los modelos.

Los modelos se pueden clasificar en variedad de formas, Grant describe algunos ejemplos y se detallan brevemente para enmarcar el presente trabajo, (2001).

- Modelos físicos vs. Abstractos.

Los modelos físicos generalmente son replicas físicas a menor escala del objeto en estudio. Como ejemplo de este tipo de modelo, podemos considerar las maquetas arquitectónicas que, por su reducida escala, nos ayudan a visualizar las relaciones espaciales de una obra en construcción. Los modelos abstractos usan símbolos en lugar de réplicas a menor escala, para representar el sistema estudiado. El simbolismo usado puede ser el lenguaje escrito o una descripción verbal. Los modelos de datos usados para diseñar bases de datos son abstractos, son colecciones de conceptos que utilizan símbolos para interpretar la realidad. Los modelos matemáticos corresponden a un tipo especial de modelos abstractos que usan la matemática como lenguaje. Estos Modelos son fundamentalmente iguales a otros modelos abstractos; ya que proveen una descripción de los sistemas que están representando. Dado que la notación matemática es más especifica que el lenguaje, un modelo matemático es menos ambiguo que muchos de los modelos verbales. (Grant, 2001).

- Modelos Estáticos vs. Dinámicos.

Los modelos pueden representar sistemas que cambian en el tiempo o sistemas que no cambian en el tiempo. Un modelo estático describe una relación, o un conjunto de relaciones, que no cambia en el tiempo. Entre los ejemplos más comunes se encuentran los modelos de regresión que no incorporan el factor tiempo como una de las variables independientes. O un análisis de vulnerabilidad y de riesgo donde se identifican factores que determinan la vulnerabilidad de una región. Un modelo dinámico describe una relación que varía en el tiempo. Como ejemplos podemos considerar un modelo para el análisis multitemporal del paisaje urbanístico en las últimas dos décadas. (Grant, 2001).

- Modelos correlaciónales (empíricos) vs. Explicativos (mecanísticos).

Los modelos correlaciónales o empíricos se desarrollan principalmente para describir y resumir un conjunto de relaciones, sin representar explícitamente los procesos o mecanismos que operan en el sistema real. El objetivo es predecir y no explicar. Los modelos explicativos o mecanísticos se desarrollan principalmente para representar la dinámica interna del sistema de interés. El objetivo de estos

modelos es explicar el comportamiento del sistema por medio de la representación de los mecanismos causales de dicho comportamiento.

Existen modelos puramente explicativos y puramente correlaciónales, el primero representa o modela lo que está en función del objeto, es decir el medio en el cual se desenvuelve y las variables con las cuales de relaciona. El modelo correlacional depende del objetivo de la persona que desarrolla el modelo, más que de la estructura del modelo en sí, explica el fenómeno con base en una interpretación de una variable. Un modelo que parece explicativo a cierto nivel de detalle nos puede parecer correlacional, depende del grado y cantidad de variables incluidas en el modelo, (Grant l, 2001). Un ejemplo de ello, es el modelamiento de un análisis para la expansión urbana, si se toma el modelo de elevaciones y el límite del territorio el modelo sería explicativo, pero si adicionamos otras variables como: el uso del suelo, clases de peligros, carreteras y ríos, el modelo es explicativo.

- Modelos Determinísticos vs. Estocásticos.

Un modelo es determinístico sino contiene variables aleatorias. Las predicciones obtenidas usando modelos determinísticos en el marco de un conjunto específico de condiciones serán siempre idénticas. Un modelo es estocástico si contienen una o más variables aleatorias. Las predicciones obtenidas usando un modelo estocástico en el marco de un modelo específico de condiciones, no son siempre las mismas, ya que las variables aleatorias dentro del modelo pueden tomar diferentes valores cada vez que se resuelve el modelo. (Grant et al, 2001).

- Modelos de Simulación vs. Analíticos.

Los modelos analíticos son aquellos que se pueden resolver matemáticamente de forma cerrada sin incluir variables externas del sistema. Por medio de estos modelos se puede obtener una solución general aplicable, a todas las situaciones que el modelo puede representar. Para aquellos modelos para los cuales es imposible encontrar una solución analítica deben resolverse numéricamente usando un conjunto de operaciones aritméticas. Estos son los modelos de simulación, y muchos de los modelos ecológicos pertenecen a este tipo, como por ejemplo los modelos que representan la dinámica de una población en respuesta a las relaciones competitivas denso – dependiente, que a su vez están influenciadas por condiciones ambientales variables. (Grant, 2001).

4.2.2 Modelos espaciales.

Wegener define el modelo espacial como un modelo de un objeto de investigación en dos espacios, (espacio y atributos). Un modelo espacio –temporal es un modelo de un objeto de investigación en tres espacios (espacio, tiempo y

atributos), (2001). Hay tres categorías de modelos espaciales según Steyaert (1993)[15], Modelos de escala, modelos conceptuales y modelos matemáticos.

Los modelos de escala son representaciones del mundo real de elementos físicos, como los modelos digitales de elevación o los modelos de red (network). Los modelos conceptuales usan un lenguaje "cuasi –natural" o diagramas de flujo para describir los componentes de un sistema de investigación y destacar las relaciones entre ellos. Los modelos matemáticos operativizan los modelos conceptuales, para representar los componentes y sus relaciones. (Wegener, 2001).

Los modelos espaciales también son clasificados de acuerdo a la resolución y extensión en el espacio, tiempo y atributos, desde un rango microscópico a uno macroscópico. La dimensión espacio es representada por objetos con cero dimensión (puntos), una dimensión (líneas), dos dimensiones (áreas) o tres dimensiones (volúmenes). De igual manera, la dimensión tiempo se puede clasificar con cero dimensión (evento) o una dimensión (proceso). La dimensión atributiva puede ser singular o multiatributiva. (Wegener, 2001).

Longley define un "modelo de datos" como un conjunto de construcciones para describir y representar aspectos seleccionados del mundo real en un computador (2001). La definición tiene elementos importantes como que los modelos no solo representan sino que describen aspectos del mundo real y segundo, son construcciones que se realizan para ser entendidos a través de un computador.

4.2.3 Modelos espaciales y SIG

Los SIG han surgido como poderosas herramientas para la manipulación y análisis de grandes volúmenes de datos, estadísticos, espaciales y temporales, que son necesarios para generar, de una forma flexible, versátil e integrada, productos de información, ya sean mapas o informes, para la toma de decisiones. En los últimos años, se han desarrollado sistemas SIG, a fin de acercarse a la problemática que intervienen "medio – persona" y así mismo a nivel global, nacional y regional. (Fotheringham y Wegener, 2000).

Buenos resultados se han conseguido con el desarrollo de herramientas SIG y con la modelación de sistemas, para la planificación de los recursos naturales, su gestión y control a diferentes escalas. El desarrollo de estas y otras aplicaciones informáticas con lleva el análisis e interpretación de gran cantidad de datos biofísicos y socio-económicos, estadísticos, espaciales y temporales, con objeto

[15] Citado por Wegener, 2001.

de producir diversas clases de productos informáticos en forma de imágenes, mapas y otros informes. Para ello son necesarias herramientas informáticas de análisis espacial que faciliten el fácil acceso a los datos y su manipulación. (Goodchild, 1993).

Las ventajas del uso de modelos espaciales en SIG, son la facilidad de capturar datos de entrada, manipulación de datos y la visualización. Otra importante ventaja es la posibilidad de procesar datos almacenados en diferentes modelos de datos. En conjunción con diferentes técnicas de interpolación espacial, es posible procesar modelos espaciales basados en polígonos, redes (network) y tablas en un mismo espacio de trabajo. (Wegener, 2001).

Todos los modelos de datos de SIG están basados en objetos discretos conceptuales y en modelos de datos geográficos lógicos vector o raster. (Longley, 2001).

El sistema de modelo de datos es el medio para representar geográficamente aspectos del mundo real, y define el tipo de operaciones geográficas que deben practicarse. Cuando se está modelando en SIG es conveniente agrupar entidades del mismo tipo de geometría. Un conjunto de entidades del mismo tipo geométrico (punto, línea, área o volumen) son referidas como una *clase o layer* (el término layer es normalmente usado para distinguir un dataset), También se construyen para facilitar y mantener la estructura de los datos, reglas de validación y la construcción de relaciones entre entidades. (Longley, 2001).

4.2.3.1 Modelos de datos simples: CAD.

En los primeros años de SIG, fueron empleados modelos simples derivados del trabajo realizado en CAD. Las entidades son representadas simbólicamente con simples vectores tipo puntos, líneas o polígonos. La aplicación de estos formatos en SIG consideraba tres problemas fundamentales en las escalas geográficas. Primero, porque el modelo de datos CAD utiliza un sistema de coordenadas de dibujo en vez de utilizar un sistema que represente el mundo real, las coordenadas geográficas. Segundo, porque las entidades no tienen un único identificador reconocido o visible (en la configuración del CAD se encuentra un identificador de uso interno propio del sistema). Y tercero, porque están focalizados hacia la representación gráfica de objetos y no al almacenamiento de detalles de las diferentes relaciones entre objetos (topología). (Longley, 2001).

4.2.3.2 Modelos de datos tipo raster.

El modelo de datos tipo raster usa una malla o retícula regular de celdas o pixeles que representan el mundo real. Las celdas tienen un valor temático basado en un esquema codificado. Por ejemplo, el atributo como números binarios puede

representar la presencia o ausencia de vegetación, en otros casos, con números de tipo decimal, se almacenan los valores de la altura de terreno en relación al nivel del mar. Los datos raster son almacenados como una retícula de valores, con un archivo de metadato que incluye las coordenadas geográficas de la esquina superior izquierda de la retícula, el tamaño de la celda y el número de filas y columnas. (Longley, 2001).

Los modelos Raster basan su funcionalidad en una concepción implícita de las relaciones de vecindad entre los objetos geográficos. Para tener una descripción precisa de los objetos geográficos contenidos en la base de datos el tamaño de la celda ha de ser reducido (en función de la escala), lo que dotará a la malla o retícula de una resolución alta. Sin embargo, a mayor número de filas y columnas en la malla, mayor resolución, mayor esfuerzo en el proceso de captura de la información y mayor costo computacional a la hora de procesar la misma. En la Figura 6 se observa la configuración del raster y la resolución con el cambio de escala.

La utilidad del modelo de datos raster esta especialmente en la descripción de objetos geográficos con limites difusos[16] y en el valor de capturar la información de un área amplia a una determinada resolución, en un solo momento.

Son usualmente utilizados para aplicaciones analíticas como el modelamiento de dispersión de un contaminante ambiental o análisis de flujo de agua en la superficie. (Longley, 2001).

Figura 6. Modelo de datos raster.

Fuente: http://www.topografiaglobal.com.ar/archivos/teoria/sig.html

[16] Tomado de http://www.topografiaglobal.com.ar/archivos/teoria/sig.html

4.2.3.3 Modelo de datos tipo Vector.

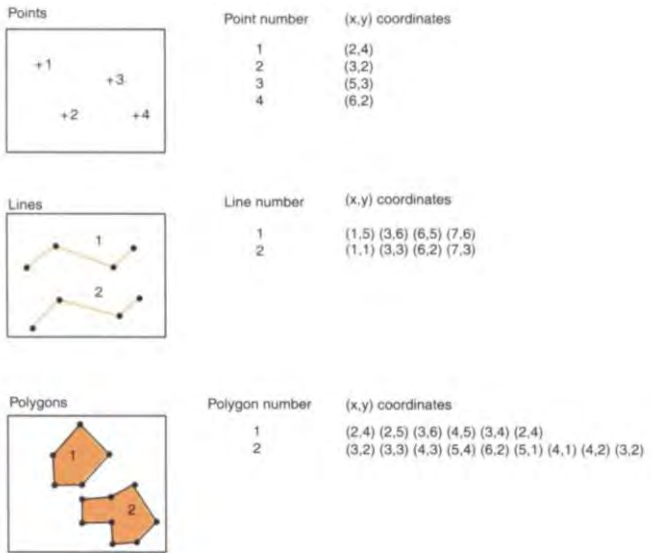
El modelo de datos tipo vector es usado comúnmente en los SIG, las ventajas de la precisión natural de este método de representación, es el almacenamiento eficiente, la calidad cartográfica de salida y la disponibilidad de herramientas funcionales para realizar operaciones de sobreposicionamiento y análisis espacial. (Longley, 2001).

Cada objeto en un modelo de datos vector del mundo real, está clasificado en un tipo de geometría: punto, línea o polígono. Un punto esta codificado como un par de coordenadas, una línea como una serie de coordenadas ordenadas, y un polígono como uno o más segmentos de línea cerrada que determinan un área. Las coordenadas que definen la geometría de cada objeto pueden ser de 2, 3 o 4 dimensiones: de 2 son la latitud y longitud o x , y; de 3 se adiciona la altura (x, y, z) y 4 dimensión es la adición de un valor que representa el tiempo u el valor de otra propiedad. (Longley, 2001). En la Figura 7 se representan los objetos punto, línea o polígono usando el modelo de datos tipo vector.

a) Elementos simples (simple features)

Las entidades codificadas dentro del modelo de datos tipo vector se les denomina feature independiente de su representación (punto, línea o polígono). Los features están almacenados en una base de datos geográfica denominada feature class, en este almacenamiento cada feature ocupa una fila y cada propiedad ocupa una columna. Los feature simples son llamado de “espagueti” porque no tienen creada una relación configurada entre ellos y su comportamiento es arbitrario. (Longley, 2001).

Figura 7. Representación de objetos como punto, línea o polígono usando el modelo de datos tipo vector.



Fuente: (Longley, 2001).

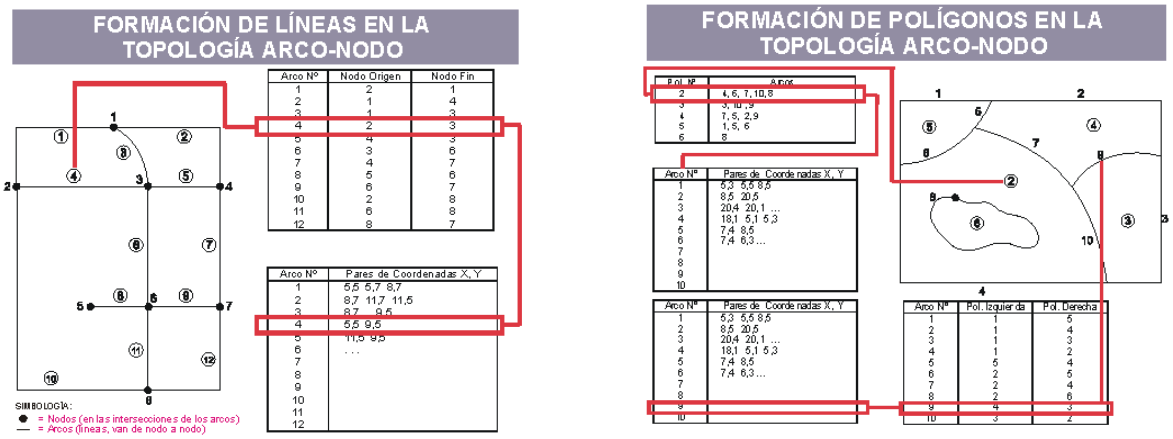
b) Elementos topológicos (Topologic features).

Longley define a los features topológicos como feature simples estructurados usando reglas topológicas. La topología es el estudio de las propiedades d objetos geométricos que permanecen invariables bajo ciertas transformaciones como el estrechamiento (Chang, 2004). En SIG, se utiliza la topología para validar la geometría de los vectores (verifica si un polígono de encuentra cerrado) y ciertos tipos de operaciones (pruebas de vecindad). La estructura topológica de los vectores introduce propiedades para líneas (también denominadas 1-cell, arc, edge y link) y polígonos (también llamados 2-cell, area o face), (2001). En la Figura 8 se presentan las estructuras topológicas de línea y polígonos.

c) Modelo de datos tipo red.

La red es un tipo especial de modelo topológico. Estos son usados para modelar el flujo de distribución de bienes y servicios. Hay dos tipos primarios de red: radial y cerrado. El tipo de red radial o de árbol tiene una dirección desde una fuente determinada a un destino establecido, un ejemplo es el sistema de drenaje de ríos y lluvias. En la red cerrada las intersecciones sobre sí misma es de común ocurrencia. Los sistemas de distribución de agua potable son cerrados por diseño para asegurar que las interrupciones afecten a la menor cantidad de usuarios. En la Figura 9 se muestra de forma básica los tipos de red.

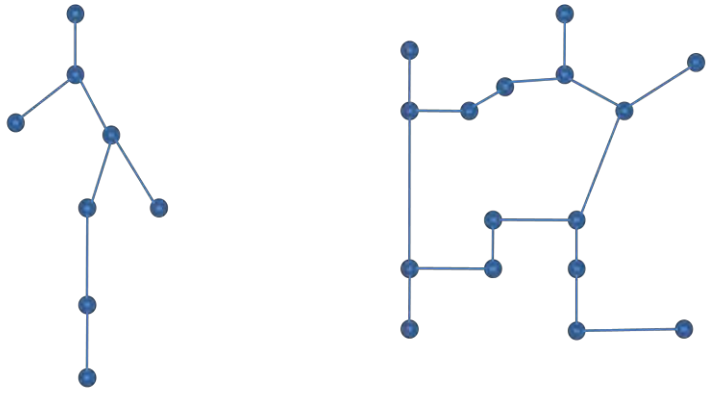
Figura 8. Estructura de la topología geográfica para líneas y polígonos.



Fuente: http://www.topografiaglobal.com.ar/archivos/teoria/sig.html

En los software's de SIG los sistemas de red son modelados como puntos y líneas. Las relaciones topológicas de la red definen cómo las líneas se conectan con cada uno de los puntos. Para los propósitos de análisis de la red, es también normalmente definir reglas para determinar cómo el flujo se mueve en la red. Por ejemplo, en una red de alcantarillado, el flujo es direccional desde la fuente (usuario) a la planta de tratamiento, pero en una red de gas el flujo puede tomar cualquier dirección. (Longley, 2001).

Figura 9. Modelo de datos tipo red (network).

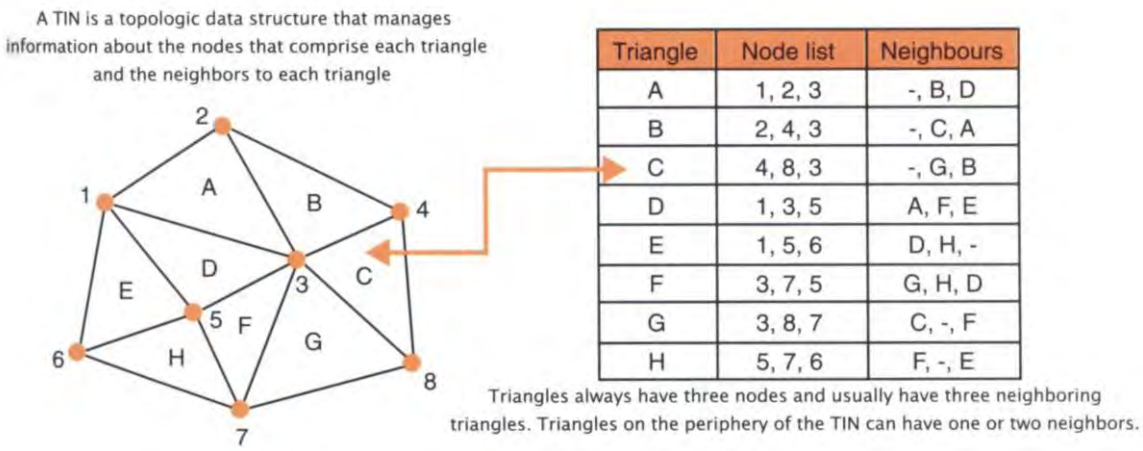


Modelo de red tipo radial Modelo de red tipo cerrado

d) Modelo de datos tipo TIN

Los raster y los TIN[17] son usados para crear superficies en SIG. La estructura de un TIN representa una superficie continua de triángulos no sobrepuestos. Esta creado a partir de un conjunto de puntos con coordenadas x, y y z. Un TIN es una estructura topológica que maneja información en los puntos que conforman los triángulos y los vecinos de cada uno. (Longley, 2001). La Figura 10 muestra la relación topológica constructiva y de vecindad.

Figura 10. Estructura topológica de un TIN.



Triangle	Node list	Neighbours
A	1, 2, 3	-, B, D
B	2, 4, 3	-, C, A
C	4, 8, 3	-, G, B
D	1, 3, 5	A, F, E
E	1, 5, 6	D, H, -
F	3, 7, 5	G, H, D
G	3, 8, 7	C, -, F
H	5, 7, 6	F, -, E

Fuente: Zeiler, 1999.

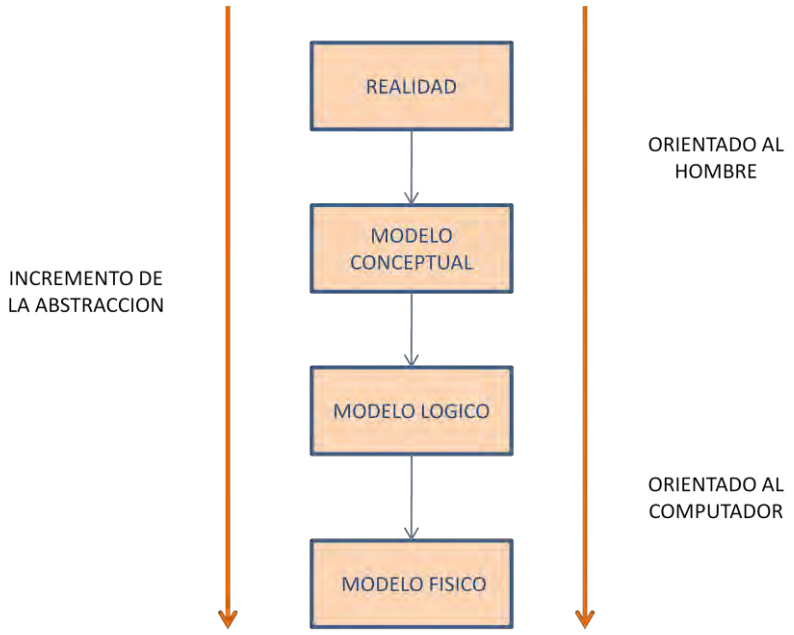
4.2.4 Proceso de modelamiento de datos.

Al momento de representar el mundo real en un computador, es necesario pensar en términos de los cuatros niveles de abstracción (niveles de generalización o simplificación). En la Figura 11 se presentan las etapas del proceso de modelamiento de datos: la realidad, modelo conceptual, modelo lógico y modelo físico. La realidad está hecha del mundo real (edificios, calles, pozos, lagos, personas, etc.), e incluye todos los aspectos que puede o no ser percibido por individuos o son considerados para una aplicación en particular. El nivel del modelo conceptual es orientado al hombre, parcialmente estructurado, dirigido a objetos seleccionados y a procesos relevantes para a un problema en particular. El tercer nivel, el modelo lógico, es dirigido a la implementación de la realidad, comúnmente expresado en formas de diagramas y listas. El cuarto nivel, el

[17] TIN: Triangulated irregular networks. Red irregular construida a partir de triángulos.

modelo físico, describe la actual aplicación de SIG y a menudo comprende almacenamiento de tablas como archivos o bases de datos. El uso del término *físico* es desorientador, porque los modelos no son físicos, estos existen digitalmente en los computadores. (Longley, 2001).

Figura 11. Niveles de abstracción en el modelamiento de datos geográficos.



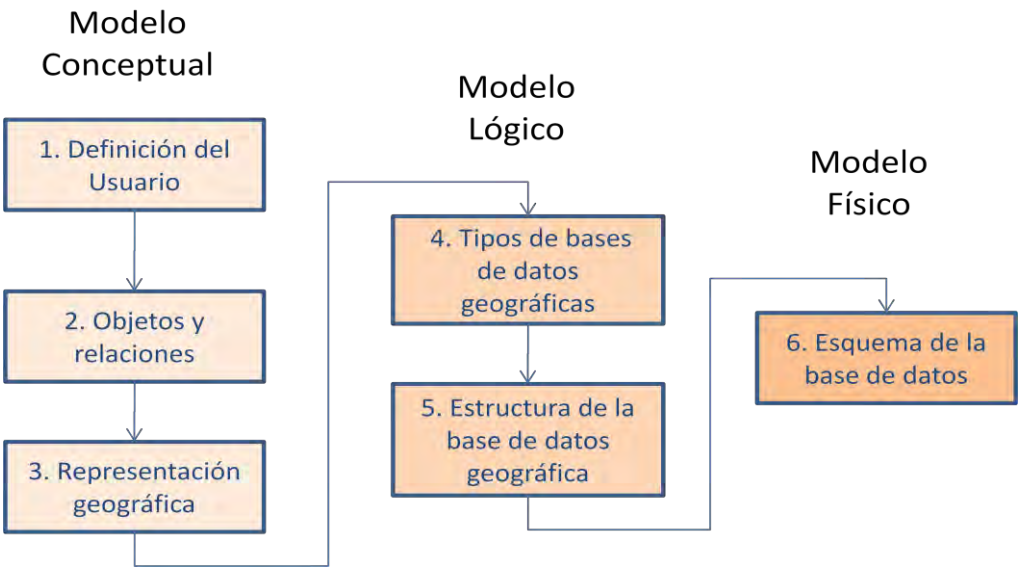
Fuente: Longley, 2001.

4.3 DISEÑO DE BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS.

Zeiler[18] define seis diferentes etapas de diseño de una base de datos geográficos enmarcadas en el proceso de modelamiento anteriormente descrito.

En la Figura 12 se muestran las etapas del diseño de una base de datos enmarcadas en las tres instancias de modelado.

Figura 12. Etapas del proceso de modelamiento de datos geográficos.



Fuente: Zeiler, 1999

4.3.1.1 Modelo Conceptual.

- *Identificación de las funciones organizacionales*, es el conjunto de tareas para identificar las necesidades que tiene la organización determinando los

[18] Zeiler, Michael; "Modelling our world: The ESRI guide to geodatabase design"; ESRI Press, New York, 1999. Pg. 233.

datos requeridos que soporten las funciones y organizados por grupos de tal manera que se puedan manejar. (Zeiler, 1999).

- *Definición de objetos y relaciones*, después de definir las funciones, se deben definir los tipos de objetos a utilizar además la descripción de las relaciones entre los diferentes tipos de objeto.

- *Representación gráfica,* se define el tipo de representación geográfica a utilizar si es por un objeto discreto (puntos, líneas o polígonos) o por un campo, depende de las relaciones entre los objetos y las funciones organizacionales identificadas en un principio.

4.3.1.2 Modelo Lógico.

- *Tipos de bases de datos geográficas,* los datos y relaciones determinados anteriormente deben ser soportados por un tipo de plataforma específico que soporten los datos geográficos (SIG).

- *Estructura de la base de datos,* en esta instancia se definen las asociaciones topológicas, reglas específicas de conectividad y la asignación de un sistema de coordenadas.

4.3.1.3 Modelo Físico.

- *Definición del esquema de la base de datos,* se crea un esquema usando un software que define un tipo de lenguaje correspondiente a un manejador de bases de datos (SQL, ORACLE, etc), luego comienza la edición y el mantenimiento de la base de datos.

4.4 LOS SIG ORIENTADOS A OBJETOS.

Los humanos construyen modelos mentales de los objetos reales y aún más, simplifican la realidad mediante mecanismos de abstracción hasta hallar sólo los componentes necesarios que representan esa realidad. Estos modelos mentales se comunican de manera informal mediante un lenguaje natural, o basado en un sistema de modelo abstracto de la realidad. (Egenhofer y Frank, 1992).

Científicos han observado que la base de conceptos que los humanos utilizan se establece al principio de su vida como abstracciones de sus experiencias corporales (Johnson 1987 citado por Egenhofer y Frank). Esta experiencia es la misma para todos los humanos, ya que dependen principalmente de la fisiología del cuerpo humano, y establece una base sobre la que basar la comunicación y

evitar el subjetivismo. La meta del modelo es generar una descripción de una situación (Ellis *et al* . 1990) Si los mecanismos de abstracción son insuficientes, el modelo de datos de la realidad es insuficiente y el comportamiento de los objetos en el modelo de SIG seria ardua y difícil de entender. Esto haría que un SIG fuera difícil de usar.

La base de operaciones comunes que se aplican a los objetos se agrupa en clases. Este concepto se introdujo en la programación como parte del lenguaje de simulación SIMULA (Dahl y Nygaard 1966)[19], y posteriormente se descubrió que en general era válida y aplicable.

La orientación a objetos combina el modelado de la *estructura* y el *comportamiento* de los objetos. Los procedimientos, abstracciones son las principales operaciones del modelamiento, mientras que los métodos utilizados para diseñar esquemas de base de datos se concentran en la estructura de las entidades.

La descripción de un objeto consiste en un nombre para su tipo, un conjunto de operaciones que son aplicables a los objetos de este tipo, y un conjunto de axiomas que definen el comportamiento de las operaciones. La idea importante es que es posible escribir los axiomas en términos de las operaciones, es decir, se define el comportamiento de una operación en términos de otras operaciones. (Egenhofer y Frank, 1992).

4.4.1 Mecanismos de abstracción.

Esta sección introduce las nociones de los objetos y las herramientas de abstracción para la solución de ellos,

Un axioma de la orientación a objetos es que cualquier entidad, independiente de cualquier complejidad y estructura, puede ser representada por exactamente un objeto. La segunda condición, no se debe descomponer en partes más simples. La tercera condición es sobre el comportamiento, un sistema debe permitir acceder y modificar el objeto a sólo a través de un conjunto de operaciones específicas para un tipo de objeto. (Egenhofer y Frank, 1992).

[19] Citado por Egenhofer y Frank, 1992

El modelamiento orientado a objetos se basa en los cuatro conceptos básicos de la abstracción clasificación, generalización, asociación y agregación. (Brodie *et al.* 1984, citado por Egenhofer y Frank, 1992).

4.4.1.1 Clasificación.

La clasificación es la representación de varios objetos (*instancia*) en una clase común. El *objeto* palabra se utiliza para describir algo que tiene alguna individualidad y un comportamiento observable. En el enfoque del modelamiento orientado a objetos, para cada objeto, existe al menos una clase correspondiente, es decir, cada objeto es una instancia de una clase; por lo tanto, la clasificación se refiere a menudo como la relación "*instancia de".* Todos los objetos que pertenecen a la misma clase son descritos por las mismas propiedades y tienen las mismas operaciones. Las diferencias entre los objetos de la misma clase se basan en sus valores de propiedad. Los valores de propiedad describen las características individuales de cada objeto. (Egenhofer y Frank, 1992).

4.4.1.2 Generalización.

La generalización de varios grupos las clases de objetos con las operaciones más comunes en un generalsuperclass

El término *superclase* se caracteriza por ser una agrupación. La relación inversa de la superclase, es la *subclase,* descrita como una especialización de la superclase. Con frecuencia, los términos *padre* y *niño* se utilizan para describir la superclase y subclase, respectivamente. Dos propiedades de generalización debe ser mencionado en más detalle:

1) Una superclase puede abarcar múltiples subclases. Por ejemplo, un edificio puede ser una residencia, hospital o centro comercial.

2) La generalización puede tener un número arbitrario de niveles en los que una subclase tiene el papel de una superclase de otra, la clase más específica. Por ejemplo, un edificio es una residencia y a su vez esta puede ser residencia rural o residencia urbana.

4.4.1.3 Asociación.

Una *asociación* se refiere a dos o más objetos independientes y la relación entre ellos los objetos es considerada como un *conjunto* objeto de nivel superior (Brodie 1984, citado por Egenhofer y Frank, 1992). El *conjunto* término se utiliza para describir la asociación, los objetos asociados son denominados miembros.

4.4.1.4 Agregación.

Un mecanismo de abstracción similar a la asociación es *la agregación,* que los modelos de objetos compuestos, es decir, objetos que consisten en otros objetos. Varios objetos pueden ser combinados para formar una semántica de mayor nivel de objeto, llamado *agregado* o *compuesto de objetos,* donde cada parte tiene su propia funcionalidad. El término *subparte* o *componente* se refieren a las partes del cuerpo compuesto. (Egenhofer y Frank, 1992).

4.4.2 Comportamiento.

El comportamiento es relacionado a dos conceptos fundamentales de la herencia y de propagación. El primer término se describe como la obtención de las propiedades en las jerarquías de generalización, mientras que el segundo se ocupa de los valores en las jerarquías de agregación.

4.4.2.1 Herencia

En una jerarquía de generalización, las propiedades y métodos de las subclases dependerán de la estructura y propiedades de la superclase o superclases. La herencia es un método para definir una clase en términos de uno o varios de los demás, (Dahl y Nygaard, 1966, citado por Egenhofer y Frank, 1992).

Las propiedades comunes a una clase y sus subclases se definen sólo una vez (con la superclase), y hereda a la de todos los objetos de la subclase. Las subclases pueden tener otras propiedades y operaciones específicas que no son compartidos con la superclase, pero tienen estrictamente todas las operaciones y propiedades de la superclase, son compatibles entre los objetos de la superclase y todos sus subclases. Cada operación en un objeto de una superclase puede llevarse a cabo en la subclase así; Sin embargo, las operaciones específicamente definidas para la subclase no son compatibles con los objetos de la superclase. (Egenhofer y Frank, 1992).

4.5 SISTEMAS DE INFORMACION

La evolución de la tecnología ha llevado al desarrollo de las computadoras y con ello una revolución a la forma de administrar los datos, mejorando la eficiencia en la atención a las necesidades de información asegurando su disponibilidad de manera precisa y oportuna. En este capítulo se definen los sistemas de información y su clasificación.

4.5.1 Definición de sistemas de información.

Empezaremos definiendo el concepto sistema, según lo señalado por Johansen, conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos (1998).

Subsistema: conjunto de partes e interrelaciones que se encuentran estructuralmente y funcionalmente, dentro de un sistema mayor, y que posee sus propias características. (Johansen, 1998).

Las partes que componen un sistema son las entradas, proceso de conversión, salidas y la retroalimentación, son las que Johansen describe de manera general y utiliza conceptos de energía para describirlos.

Johansen[20] particulariza la clase de entrada denominada información, la cual responde a "la ley de incrementos"[21] definida inicialmente por Ditto Insora, en ella estipula que "la cantidad de información que permanece en el sistema no es igual a la diferencia entre lo que entra y lo que sale, sino que es igual a la información que existe más la que entra, es decir, hay una agregación neta en la entrada, y la salida no elimina información del sistema."[22]

Desde este punto de vista la información no se pierde, se encuentra retroalimentando permanentemente al sistema, "la entrega de información trae consigo mayor información"[23].

Según Gómez[24] la información se considera como un producto del procesamiento, agregación y presentación de manera adecuada de los datos, que pueden ser

---

[20] Johansen, Introducción a la teoría general de sistemas, México: 1998.

[21] Ibid., pg. 72.

[22] Ibid.

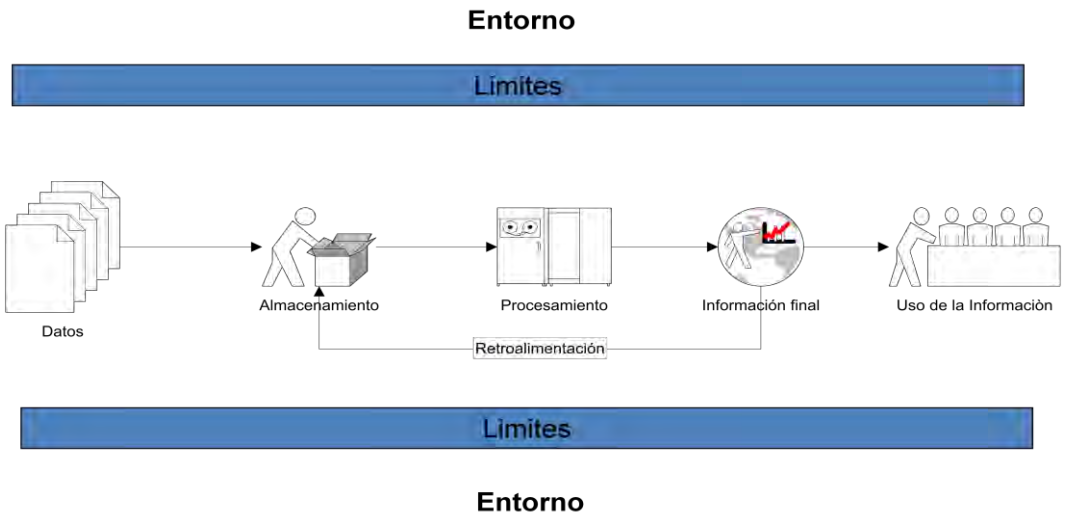
[23] Ibid.

útiles dentro de la organización y los datos son hechos recogidos en la organización sin procesar.

Un sistema de información es la capacidad que tiene un conjunto de elementos interrelacionados para convertir datos que por si solos no presentan coherencia en hechos de interés general o particular para una organización. Los sistemas de información como cualquier sistema persiguen un fin y se encuentran enmarcados en un alcance y contexto.

Los componentes de un sistema de información son: los datos como entrada al sistema; almacenamiento de datos, como se estructuran; el procesamiento de datos, modelamiento; la información de salida o output, son datos que tienen un valor o relevancia y un propósito y por último la retroalimención. El sistema de información está enmarcado bajo condiciones especiales de su entorno, en la Figura 13 se representan los componentes y su relación.

Figura 13. Componentes de un sistema de información.



Fuente: Notas de clase: Sistemas de Información Gerencial[25]

---

[24] GÓMEZ, Alvaro; SUAREZ, Rey. Sistemas de información: Herramientas prácticas para la gestión empresarial. México: Alfaomega, 2004.

[25] Profesor de la cátedra Sistema de información gerencial, Facultad de economía, Universidad Nacional de Colombia, 2006.

4.5.2 Características de la información.

La información es útil en la medida que responda a parámetros de calidad que validen su contenido, procedimiento y la forma de adquisición. Según Gómez[26]Entre los requisitos que debe cumplir están:

Exactitud: información precisa.

Completitud: contenido completo y ajustado a la realidad.

Economicidad: el beneficio debe ser mayor a su coste inicial.

Confianza: calidad en los datos como en la fuente.

Relevancia: la información debe ser útil para la toma de decisiones, que aporten valor.

Nivel de detalle: la información debe contener el nivel de detalle indicado a la decisión destinada.

Oportunidad: la información debe estar disponible cuando se necesite.

Verificabilidad: la información debe ser comprobada.

4.5.3 Clasificación de los sistemas de información.

Los sistemas se clasifican según Gómez[27] en aquellas que brindan soporte a las actividades operativas y las que soportan a las decisiones y el control de la gestión.

4.5.3.1 Sistemas de soporte a las actividades operativas.

Los sistemas de soporte se centran en áreas de la administración, gestión de personal, ventas y producción.

4.5.3.2 Sistemas de información para la toma de decisiones.

a) Sistemas de información para la gestión (MIS) [28].

---

[26] Gómez, Op. Cit., p 5.

[27] Ibid. p 11.

Utilizan los datos almacenados en los sistemas de información de la empresa para generar informes que permiten a los administradores mejorar el control de gestión de las distintas áreas funcionales de la empresa. De este modo se consigue agilizar el proceso de toma de decisiones al proporcionar información rápida, precisa y fiable.

b) Sistemas de soporte a la dirección (DSS y EIS)

Son sistemas que permiten diagnosticar el problema y elegir una alternativa entre una serie de simulaciones. Hay aplicaciones de soporte a las decisiones (DSS), software de apoyo a la dirección (EIS, ESS), sistemas de datawarehousing y datamining o sistemas de inteligencia del negocio (Business inteligence).

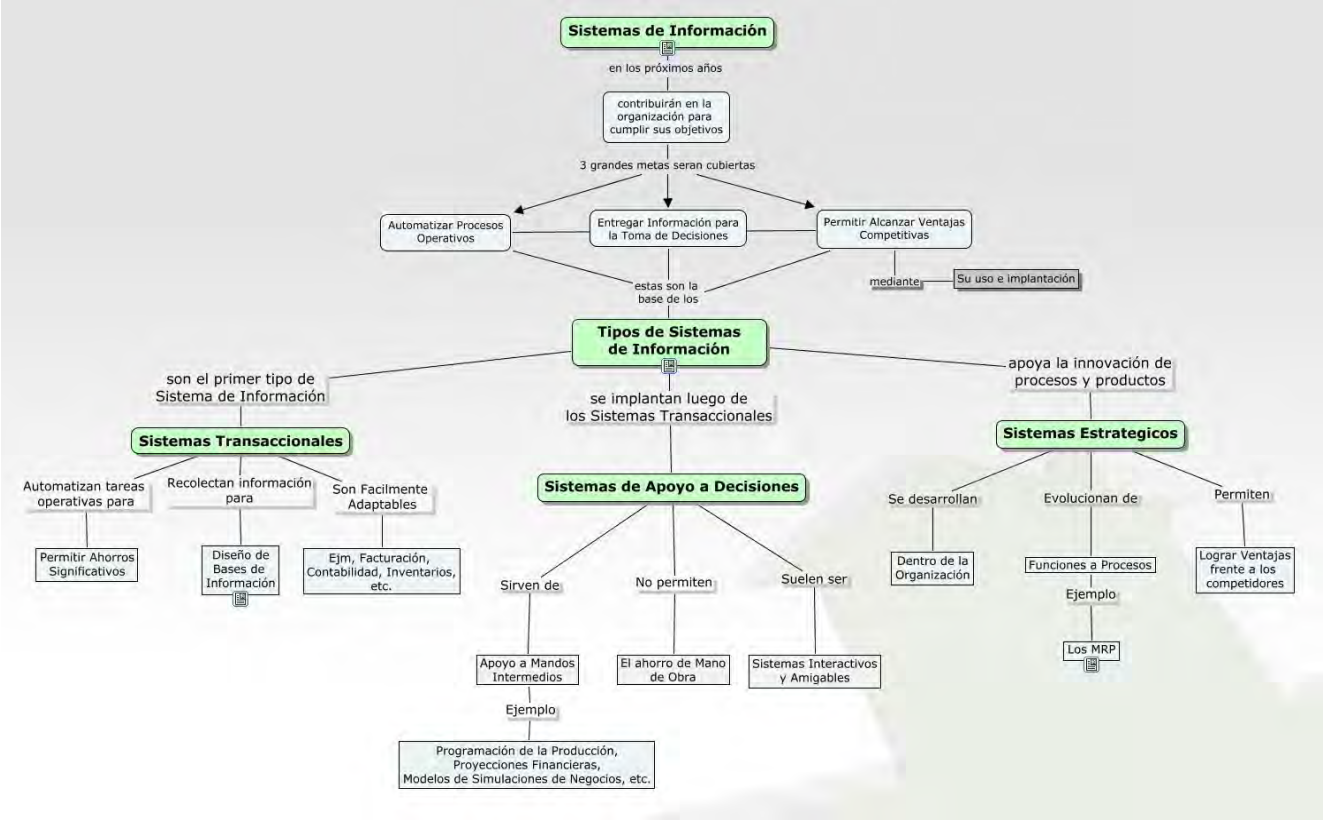
Sistemas de soporte a la decisión (Decision Support Systems DSS), generan alternativas, análisis de ellas, simulación de resultados.

Sistemas expertos, tiene capacidad para resolver problemas específicos de una determinada área o disciplina. Pretende capturar y utilizar los conocimientos y experiencias acumulados por los expertos y especialistas registrándolos en una base de datos de conocimiento.

Sistemas de información para ejecutivos (Executive Information Systems, EIS), se basa en los dos sistemas anteriores incorporando herramientas gráficas que facilitan el análisis de la información, además abordan problema no estructurados, las herramientas más conocidas son el Datawarehousing y Datamining. En la Figura 14 se muestran como se clasifican los sistemas de información.

[28] MIS: Management information systems, se traduce como sistemas de información para la gestión.

Figura 14. Diagrama de clasificación de los sistemas de información.



El rápido desarrollo de las tecnologías de la información durante la última década ha creado una ocasión única para la elaboración de tales herramientas en la forma de sistemas de información, de acuerdo con las necesidades de los usuarios más diversos. Los MIS, contienen bases de datos, modelos, sistemas de apoyo a la decisión e interfases con el usuario que facilitan tales operaciones.

En este contexto, un SIG es el elemento central en la configuración de un MIS, cuya utilidad deriva de su capacidad de funcionamiento dinámico con base a las siguientes características principales:

1. Capacidad de computación física para manejar datos, incluyendo su superposición, integración y segregación.

2. Capacidad de analizar los datos, formulando hipótesis que comprueben supuestos, definiendo relaciones potenciales y desarrollando teorías.

3. Presentar capacidad para relacionar diversas posiciones bidimensionales y Tridimensionales en la superficie terrestre, en la atmósfera y la litosfera/hidrosfera/ecosfera, así como en los procesos Tetradimensionales dinámicos (espacio / tiempo), representando operaciones funcionales de sistemas de evaluación, planificación y control de recursos naturales.

Los SIG integran bases de datos de las más diversas clases y fuentes, modelos de análisis de datos, sistemas de apoyo a la decisión, equipos y programas informáticos, y recursos humanos en el marco institucional donde opere el sistema. La teledetección proporciona datos e imágenes de la cubierta vegetal y usos del territorio, permitiendo una rápida y eficiente monitoreo de los cambios de usos que representa un elemento esencial en la evaluación de los riesgos de degradación y capacidad de uso sostenible de las tierras. (FAO, 1996).

4.6 CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS DE ACUEDUCTO SEGÚN LA INFORMACIÓN ESPACIAL.

De acuerdo al tamaño de la empresa de acueducto y la disponibilidad de recursos, se encuentran que algunas no tienen información espacial, ni siquiera la localización de las redes existentes; hasta encontrar empresas que tienen un alto grado de desarrollo tecnológico y poseen su información espacial contenida en bases de datos geográficas enlazadas con los sistemas de información de gestión ERP's[29], que hacen integrar la información en un solo ambiente y disponible para cualquier usuario de la empresa.

El tamaño de una empresa define las políticas para el manejo de la información espacial, entre más grande, implica más información de redes y accesorios, y por ende los sistemas de procesamiento y almacenamiento serán más robustos.

Según la información disponible, las empresas de acueducto están clasificadas en cuatro niveles de manejo de información:

<u>Empresas con Información estructurada e integrada</u> Existencia de un modelo de datos geográfico, es un sistema organizado y lógico de datos geográficos que representa el funcionamiento de una red de acueducto y la georreferenciación de los usuarios del servicio, en el se encuentra la información total geográfica de la empresa. En este nivel, los SIG son el formato fundamental de la información;

[29] ERP: *Enterprise resource planning* se traduce como: Sistemas de planificación de recursos empresariales.

también es posible encontrar formatos CAD integrados al sistema al igual que la información en medio análogo. La información es detallada y como política, la actualización y mantenimiento de la información es primordial mediante catastros de redes y usuarios.

La información global se refiere a que existe un dato o conjunto de datos que representan el estado global de la red (Grise, 2000). La importancia de tener la información estructurada mediante un modelo de datos es el permitir realizar operaciones espaciales, establecer relaciones directas o indirectas entre los componentes de la red y el contexto que influye sobre la misma.

Empresas con Información estructurada: Hay un modelo de datos que estructura los datos geográficos y existe información de toda el sistema y es detallada; los formatos utilizados comúnmente son SIG y CAD y medio análogos. Hay ausencia de integralidad con otros sistemas, en especial el comercial.

Empresas con información global y detallada: En tercer lugar están las empresas que tienen información global del sistema en diversos formatos, falta estructurar e integrar los datos, la información detallada es parcial, se caracterizan por tener la información en formatos CAD y en medios análogos. La organización de la información queda en un segundo plano.

Por Información detallada se conoce al conjunto de datos que describen un componente de la red. Para establecer si una empresa tiene información detallada la mayoría de los elementos que conforman la red deben tener descripción de los atributos que indican su localización, el estado del elemento en la red, fechas de instalación, y aquellos datos necesarios para el funcionamiento del sistema.

Empresas con Información fragmentada o nula: en cuarto lugar, están las empresas que tienen información de manera fragmentada y no hay información global del sistema; o hay ausencia de información. Los formatos utilizados son los medios análogos y en algunos casos formatos digitales CAD. En la Tabla 3 se muestran el tipo de empresa definida en la Resolución 315 de la CRA, el tipo de información y formatos que utilizan.

Información fragmentada, son los datos parciales del estado general de la red de acueducto, puede ser la información de un tramo de red o los accesorios que existen en un cruce vial.

Tabla 3. Clasificación de las empresas según la información espacial.

Tipo de empresa	Tipo de información	Formato de la información
Grande	Información es estructurada e integrada	ERP, Sig, Cad, papel
Mediana	Información es estructurada	Sig, Cad, papel
	Información es global y detallada	Cad, papel
Pequeña	Información es fragmentada o nula	Papel, en algunos casos Cad, o no hay información.

Entre las empresas que poseen un modelo de datos ajustado a las necesidades actuales de información y a las perspectivas del negocio, integrados a una ERP, se encuentra la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP, el sistema se denomina SIGUE Sistema de Información Geográfica Unificada Empresarial el cual está funcionando desde el año 2002. (Historia del sigue). Está integrado al sistema de planificación de recursos SAP R3. Otras empresas que tienen el mismo nivel son: la Triple A de Barranquilla y Aguas de Manizales.

4.7 PLAN ESTRATEGICO EMPRESARIAL AGUAS KAPITAL Y ZONA DE ESTUDIO

El motivo de elegir como caso de estudio a Aguas Kapital Bogotá S.A. ESP es la oportunidad de tener no solo información espacial disponible cuya propiedad es de la EAAB sino ser la gestora y operadora de los usuarios y redes de acueducto en la Zona norte de la ciudad de Bogotá D.C.

Aguas Kapital Bogotá S.A. ESP., se constituye como una sociedad por acciones, y su ámbito de actividades se extiende a nivel nacional en Colombia, e internacional a Centro América, el Caribe y América Latina. (Aguas Kapital S.A. ESP, 2009).

Actualmente tiene a su cargo la operación de varios acueductos: Aguas del Alto Magdalena, lo constituyen los municipios de Tocaima y Agua de Dios en el departamento de Cundinamarca; opera el acueducto de Magangue en el departamento de Magdalena; es socio de la Empresa Aguas Kapital Cucutá quien opera el acueducto de Cucutá en el departamento de Norte de Santander.

Después de conocer el esquema de competencia planteado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, basado en la aplicación de las mejores prácticas para la Gestión de empresas de servicios públicos en el mundo; contrata a tres gestores[30] para atender diferentes procesos comerciales, operativos y técnicos garantizando la competitividad y el servicio continuo al usuario. Para ello la EAAB divide la ciudad en 5 zonas las cuales se observan en la Figura 15.

A Aguas Kapital S.A. ESP le fue adjudicada la zona hidráulica 1 correspondiente a la zona norte de la ciudad de Bogotá, constituida por los sectores hidráulicos 105, 106, 107, 108, 109, 1182, 1183, 131, 132, 134 y 135 de la ciudad de Bogotá y el Municipio de Gachancipá. La zona 1 tiene una extensión aproximada de 8.741 Hectáreas y cuenta con una longitud de redes de acueducto de aproximadamente 1.625 kilómetros. Esta incluida dentro de las localidades No 11 Suba y No 1 Usaquen.

Geográficamente está delimitada de la siguiente manera:

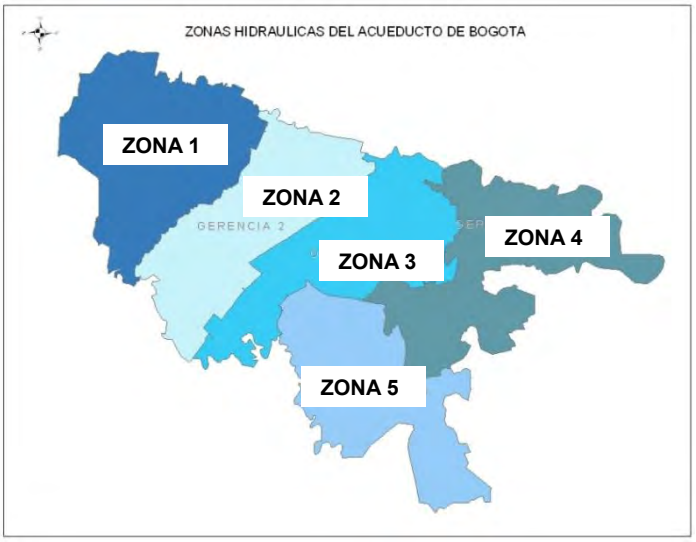
a) Al norte y al Oriente por el limite del perímetro de servicios de la ciudad definido en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT);

b) Al Occidente por el Rio Bogotá y

c) Al Sur con la Zona 2, con los siguientes linderos: con el rio Juan Amarillo, desde su desembocadura en el rio Bogotá hasta la avenida carrera 68; desde este punto hasta la autopista Norte el limite lo constituye el canal del Rio Negro; luego la Autopista Norte desde la Avenida 37 o Calle 92 hasta la calle 88; luego la Calle 88 o canal del Virrey desde la Autopista Norte hasta la Av. Carrera 7; luego la Av. Carrera 7 desde la Calle 88 hasta la Calle 94 y de ahí hacia el Oriente hasta el perímetro de servicios. (Contrato de Gestión No. 1-99-31100-621-2007).

[30] Gestor: persona jurídica contratista de la Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá responsable por la gestión y buenas prácticas de los procesos comerciales, operativos y técnicos adjudicados mediante licitación pública.

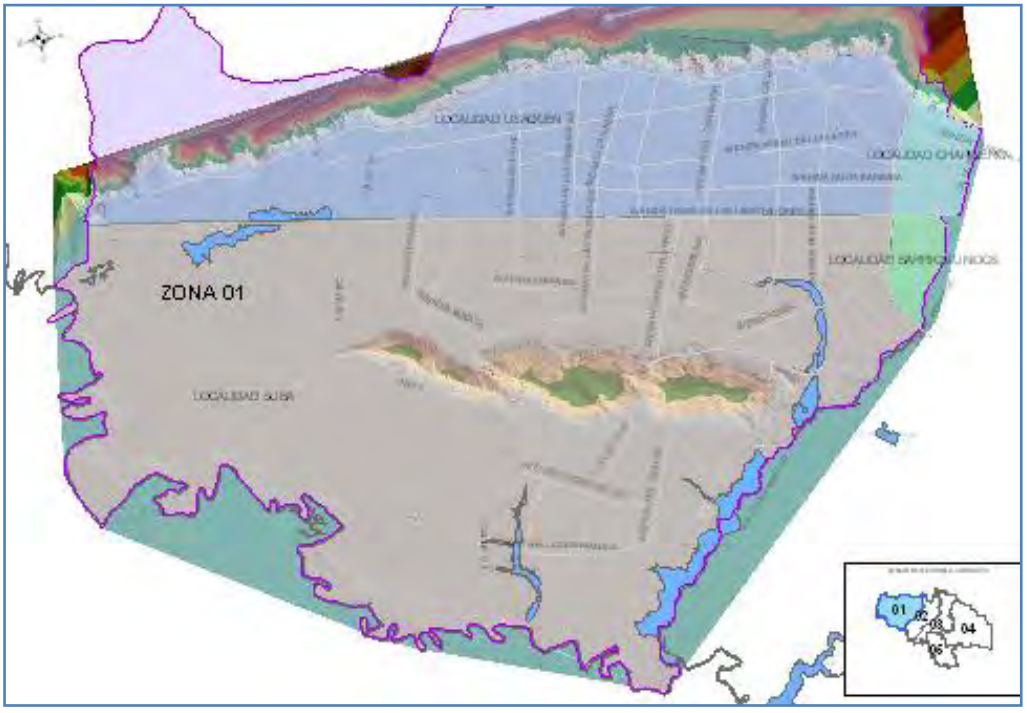
Figura 15. Zonas de gestión de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP.



Fuente: EAAB

En la Figura 16 se aprecia la subdivisión de la zona 1 en sectores hidráulicos.

Figura 16. Gerencia de zona 1 –Norte de Bogotá-



Fuente: EAAB

El objeto del Contrato Especial de Gestión es "*la ejecución por parte del GESTOR, para la EMPRESA, de los procesos de atención al cliente, actualización y mantenimiento del catastro de usuarios, actualización y mantenimiento del catastro de redes en la Zona de Servicio, medición y facturación del consumo, cartera, la operación de la red de distribución de agua potable, control de pérdidas comerciales y manejo de constructores y urbanizadores para los servicios de acueducto y alcantarillado en la zona de servicio 1…*"[31]

En la actualidad AGUAS KAPITAL BOGOTA S.A. E.S.P, es una organización con solidez financiera y técnica, en condiciones de proponerse un futuro empresarial ambicioso con la incursión a nivel nacional e internacionalmente en la operación y gestión integral de los servicios de acueducto y alcantarillado. (Aguas Kapital Bogotá, 2009, pg 3).

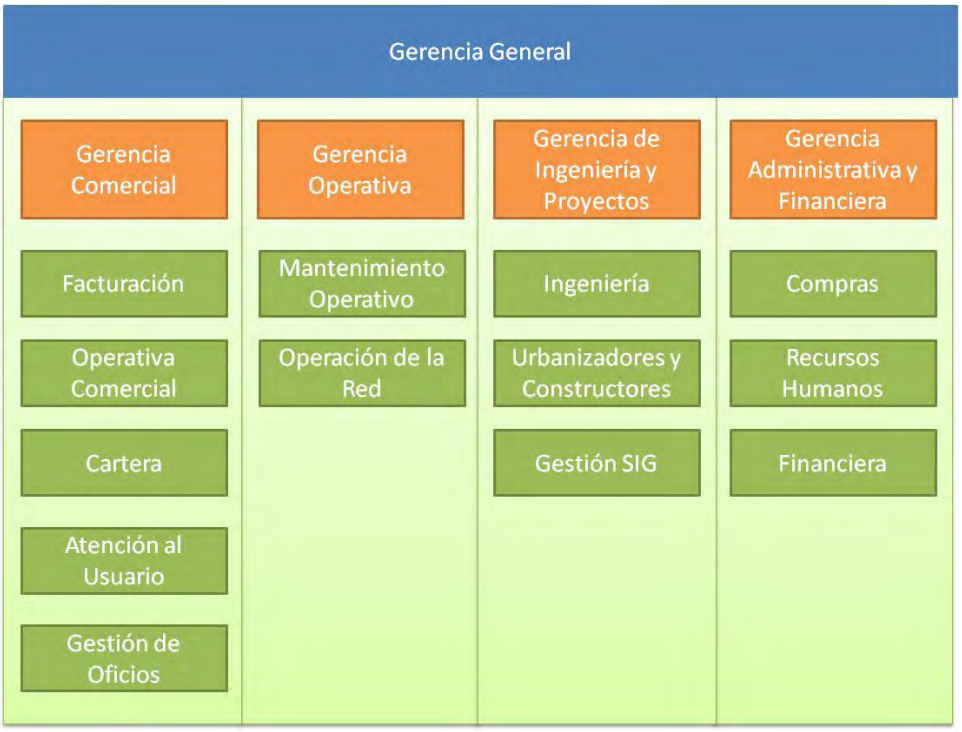
La organización cuenta con cuatro gerencias: comercial, operativa, ingeniería y proyectos y la administrativa y financiera, bajo cada una de ellas se encuentran áreas funcionales para cumplir con las actividades encomendadas por el Acueducto de Bogotá. En la Figura 17 se muestra el organigrama de Aguas Kapital Bogotá.

Sistema de Información geográfica de Aguas Kapital Bogotá..

Aguas Kapital cuenta con un SIG implementado para dar solución a las necesidades de información geográfica para la planeación, operación y gestión de los procesos comerciales, operativos y técnicos; su función principal es actualizar y mantener la información geográfica correspondiente al catastro de redes y usuarios. Cuenta software especializado de última generación ArcGIS 9.3 de la casa ESRI, complementado con un manejador de bases de datos SQL SERVER, los datos que hacen parte del SIG de Aguas Kapital son de propiedad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y para el presente trabajo se cuenta con la autorización escrita por parte de Dirección de Información Técnica y Geográfica para ser usados con fines académicos.

[31] CONTRATO ESPECIAL DE GESTION No. 1-99-31100-621-2007.

Figura 17. Diagrama funcional de la organización Aguas Kapital Bogotá.



Fuente: AGUAS KAPITAL S.A. ESP, 2009.

5. METODOLOGIA

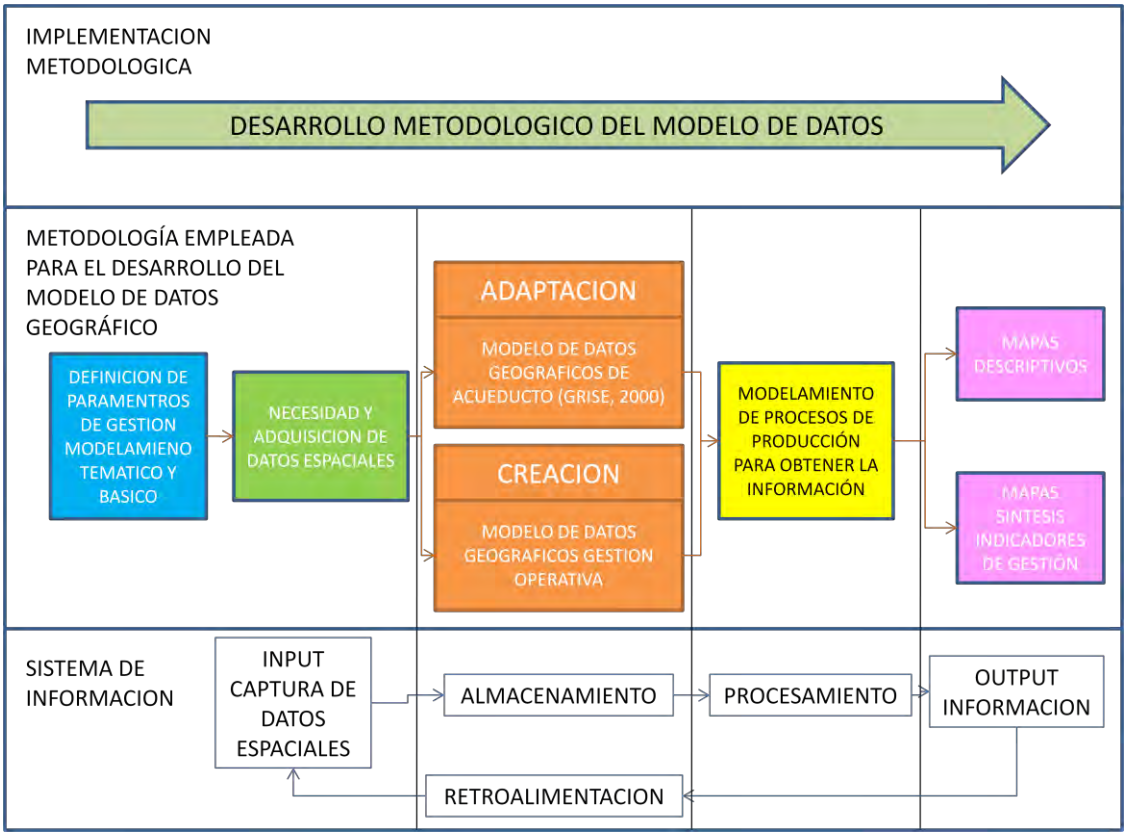
El enfoque de la metodología propuesta, está desarrollada bajo los lineamientos y conceptos de los sistemas de información gerencial o sistemas de gestión, de acuerdo a ello, se analizó el Plan Estratégico de la Empresa del caso de estudio, Aguas Kapital S.A ESP.

La metodología propuesta se enfoca sistémicamente al análisis donde interactúa el modelo de datos geográfico con los demás elementos que conforman el sistema de información, como es el entorno donde se ubica y se desarrolla la actividad de la Empresa, los actores que intervienen en los procesos y los datos requeridos para alimentar el necesita el sistema, y así comprender las relaciones existentes entre ellos, con este enfoque se logra que el modelo de datos se integre a las necesidades del SIG.

La metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo está alineada con las características de un sistema de información. Las entradas al modelo son los parámetros de gestión y la especificación de datos espaciales que requiere el modelo, el almacenamiento corresponde a la estructura diseñada del modelo de datos, el procesamiento es el modelamiento de los procesos productivos para obtener la información, y la salida son los mapas descriptivos y de síntesis que reflejan los indicadores de gestión.

En la Figura 18 se presenta el modelo holístico que representa la correspondencia entre los elementos que conforman un sistema de información genérico y la metodología empleada.

Figura 18. Sistema de información geográfica para la gestión de acueducto.



Paralelamente y como complemento, existen trabajos actuales en el desarrollo de metodologías de sistemas de información geográfica a nivel internacional tales como la planificación e implementación de SIG diseñada por el Dr Roger Tomlinson[32] (2007) y a nivel local se encuentra el trabajo desarrollado por el profesor Rafael Galeano[33].

La metodología de planificación de SIG propuesta de Tomlinson consta de 10 etapas:

---

[32] Tomlinson, Roger, Geógrafo Inglés, Director de Tomlinson Associates planeó y dirigió el Canada Geographic Information System el primer SIG del mundo en los 60's, considerado "el padre de los SIG".

[33] Galeano, Rafael, Curso sistemas de información gerencial. Profesor de la Universidad Nacional de Colombia, 2004.

1. Tenga en cuenta el propósito estratégico.
2. Prepare la planificación.
3. Imparta un seminario de tecnología.
4. Describa los productos informativos.
5. Defina el alcance del sistema.
6. Cree un diseño de datos
7. Escoja un modelo lógico de datos.
8. Determine los requisitos del sistema.
9. Tenga en cuenta el análisis de costo-beneficio.
10. Planifique la implementación.

El cuarto paso de la metodología de Tomlinson, describe los productos informativos mediante el uso de formatos descriptivos de productos SIG denominados *"Descripción del Producto Informativo" o DPI* y la *lista maestra de datos de entrada (MIDL por sus siglas en ingles)*[34]. Describiendo el producto se especifica el resultado del producto de SIG y se detalla en la *lista maestra de datos de entrada* los datos necesarios.

El profesor Galeano propone un método de planificación partiendo de la información misional de la Empresa y su organización funcional, teniendo en cuenta el tipo de información que cada dependencia maneja y las necesidades de información espacial; se obtiene un modelamiento temático y a partir de este se inicia el desarrollo de un sistema de información geográfica gerencial.

La metodología propuesta para desarrollar el presente trabajo y llevar a cabo el diseño del modelo de datos geográficos para la gestión empresarial y su implementación se basa básicamente en el trabajo de Tomlinson y se complementa con consta de 6 etapas:

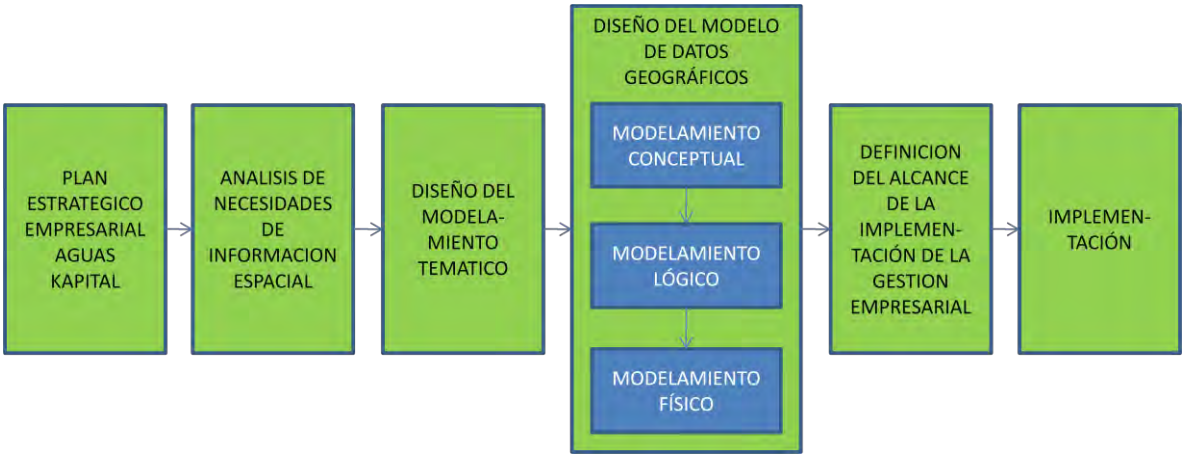
1. Análisis al plan estratégico de la Empresa.
2. Análisis de necesidades de información espacial.

[34] idem

3. Diseño del modelamiento temático.
4. Diseño del modelo de datos geográficos.
5. Definir el alcance de implementación del modelo de datos.
6. Implementación y distribución.

La metodología implementada esta resumida en la Figura 19.

Figura 19. Diagrama de la metodología para el diseño del modelo de datos.



5.1 Análisis del plan estratégico de la Empresa Aguas Kapital S.A. ESP.

La primera etapa de la metodología es el análisis del plan estratégico de Aguas Kapital S.A. ESP. El objetivo principal es identificar los índices de gestión que para la Gerencia y las Direcciones son importantes para el éxito de la Organización.

Los objetivos específicos son:

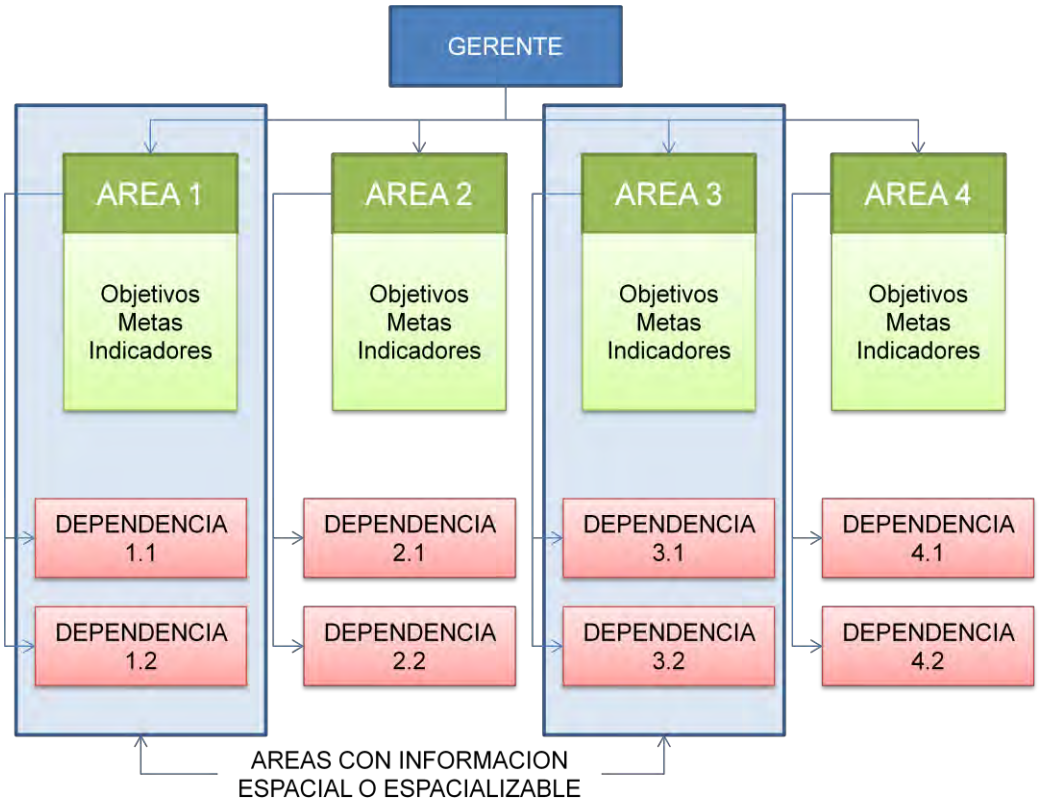
1. Conocer el objeto de la Empresa de acuerdo a la misión, la visión y sus políticas estratégicas de Gestión.
2. Conocer las claves de competencias del negocio.

5.2 Análisis de las necesidades de información espacial.

En esta etapa se analizan las diferentes áreas funcionales de la Empresa con el objetivo de verificar cuales de ellas utilizan o pueden utilizar información geográfica o información espacializable.[35]

El análisis funcional estratégico de la Empresa se hace por niveles, desde las diferentes Gerencias hasta las direcciones y sus dependencias, en la Figura 20 se muestra el énfasis que se hace al análisis: identificando las áreas donde los índices de gestión dependan de información espacial o espacializable.

Figura 20. Relación de áreas funcionales con información espacial o espacializable.



La propuesta de aplicación del modelo de datos geográficos de gestión se dirige a la Gerencia Operativa con las áreas de mantenimiento operativo y operación de la red, ya que son las áreas que mayor información espacial producen.

---

[35] Información espacializable es aquella que se asocia a un par de coordenadas o se relaciona a datos espaciales. Por ejemplo la información financiera relacionada a municipios.

5.3 Diseño del modelamiento temático.

La tercera etapa es el diseño del modelo temático, consistente en la representación de las actividades específicas de un tema en particular por lo cual un área debe responder ante la Gerencia. El conjunto de estas actividades representan la gestión que se realizó en un periodo en particular o la relación de variables que pueden impactar la gestión.

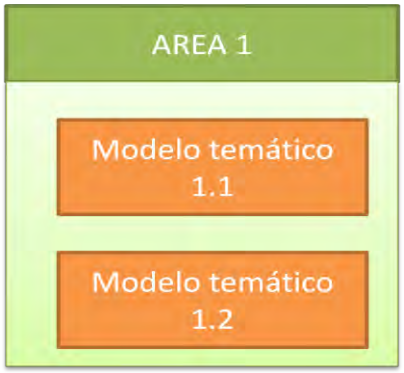
En esta etapa se diseña un modelo conceptual temático por cada función específica por cada unidad administrativa que deba responder ante la alta gerencia. Cada área puede tener uno, dos o más modelos básicos, como lo representa la Figura 21.

Para la representación geográfica de la información y de la gestión se utilizan las Unidades Mínimas Espaciales (UME), teniendo en cuenta que es una unidad homogénea. También se puede denominar Unidad Espacial de Gestión.

Las características del modelo temático son:

- Es un conjunto de modelos básicos que definen las variables del modelo temático.
- El modelo temático permite evaluar la gestión mediante indicadores.
- Visualiza las zonas de mayor impacto.

Figura 21. Modelamiento temático por área funcional



5.4 Diseño del modelo de datos geográficos.

Cada modelo temático está compuesto a su vez por modelos básicos que definen las variables del modelo temático.

Un modelo básico es un conjunto de datos que representa una particularidad o una variable, el modelo genera una lista maestra de datos de entrada necesarios para representar o definir la variable que interviene. El modelo de datos geográficos para la gestión empresarial es definido en esta etapa.

Después de obtener los modelos temáticos y sus modelos básicos, se reúnen en un solo conjunto los datos necesarios para componer los modelos, se clasifican por el tipo de geometría, la clase de objeto (si hacen parte de una red o teselación).

El diseño del modelo de datos contempla tres etapas: modelamiento conceptual, modelamiento lógico y el modelamiento físico. El resultado del modelamiento temático y básico es el diseño conceptual del modelo, es la entrada para desarrollar el modelo físico.

5.5 Definición del alcance de la implementación de la gestión empresarial.

El alcance es definido para determinar un nivel de implementación dependiendo de la cantidad de datos disponibles, durante el desarrollo de aplicación del modelo de datos se tiene en cuenta el alcance.

5.6 Implementación.

De acuerdo al alcance definido, se presentan las variables de gestión y el valor de la información generada, por medio de mapas descriptivos y de síntesis. Para asegurar que los resultados se obtengan de la misma manera se crean modelos operativos donde se describen los métodos y funciones a utilizar.

6. RESULTADOS

El diseño del modelo de datos geográficos para la gestión empresarial de una empresa de acueducto, en este caso Aguas Kapital Bogotá S.A. ESP, responde a las necesidades de integración de los datos que cada área funcional de la empresa produce y maneja en una sola estructura geográfica, permitiendo representar las relaciones operativas y técnicas que una empresa de acueducto mantiene en su interior para responder a las necesidades del negocio.

La implementación del modelo de datos geográficos aplicado a parámetros de gestión empresarial, es otro resultado de la presente investigación, en él se definen los procedimientos para interrelacionar los datos para lograr los indicadores; y la definición de los parámetros para interpretar los mismos.

El aporte científico del trabajo de investigación más significativo, fuera del diseño del modelo de datos geográficos y los procedimientos geográficos y parámetros para evaluar la gestión empresarial, es hallar los puntos de encuentro entre dos ciencias como la Geomática y la Administración de Empresas, desde los sistemas de información geográfica y los sistemas de información gerencial respectivamente. Desde la espacialización de la información, como la geocodificación de direcciones, hasta la búsqueda de comportamientos y patrones espaciales que alimentan un sistema de toma de decisiones, son los puntos de encuentro entre las dos ciencias.

El producto del trabajo de investigación sirve como modelo guía a otras empresas de acueducto o de servicios públicos para estructurar su modelo de gestión, a partir de datos geográficos, ajustándolo a sus propias necesidades de negocio obteniendo información consolidada que permita hacer seguimiento a la gestión. Así mismo, los entes de control pueden diseñar metodologías de vigilancia a las empresas de servicios a partir del modelo de datos geográficos diseñado obteniendo información estructurada y fácilmente comparable.

La presentación de los resultados del modelo de datos diseñado se presenta en forma detallada describiendo cada objeto componente del modelo, con los atributos asociados y un diagrama de relación jerárquica de los elementos que lo componen. En segunda instancia, la implementación del modelo de datos para la gestión empresarial, se presenta la descripción de cada indicador definido

previamente, el proceso geográfico para su obtención, la imagen geográfica del resultado y su respectivo análisis.

6.1 DISEÑO DEL MODELO DE DATOS GEOGRÄFICOS DE GESTIÓN EMPRESARIAL PARA LA EMPRESA AGUAS KAPITAL S.A. ESP.

El implementar el modelo creado, aplicándolo a la obtención de los parámetros definidos en las etapas de modelamiento temático y básico, comprueba que un modelo de datos geográfico definido y orientado desde la gestión, soporta la toma de decisiones focalizadas a problemas esenciales y específicos, precisando zonas espaciales de gestión, produce resultados puntuales y creando mayor impacto a corto plazo.

Al analizar lo propuesto se llega a la conclusión que no es solamente un modelo de datos geográfico que se está creando, es *un sistema de información geográfica para la gestión de acueducto*, porque comprende y contiene los componentes principales de un sistema de información, entradas o input, almacenamiento de datos, procesamiento de datos, salidas o output y la retroalimentación del sistema a partir de los productos, enmarcados en el contexto de la gestión.

6.2 ANALISIS DE LAS NECESIDADES DE INFORMACION ESPACIAL

Inicialmente se identificaron 10 áreas funcionales que generan y necesitan información espacial. Dado la complejidad y cantidad de información que estas manejan se determina desarrollar el trabajo de investigación por fases. La primera de ellas es el alcance del presente trabajo y las otras se recomendaran para el desarrollo posterior. Estas fases están determinadas por la disponibilidad de información por tal razón, las áreas funcionales se reúnen en tres grupos cuya característica es similaridad de los datos que necesitan.

6.2.1 Áreas primera fase.

Las áreas funcionales de la empresa de la primera fase están definidas por la oportunidad y disponibilidad de información que de ellas existe, lo cual significa la existencia de datos consolidados y actualizados. Las dos áreas que corresponden a la primera fase son mantenimiento operativo y la operación de la red.

<u>Mantenimiento Operativo</u>, es el área encargada de reparar los daños en la tubería, recuperar el espacio público, mantener en estado óptimo los hidrantes de la zona y realizar análisis de daños para renovar tuberías y prevenirlos al futuro.

<u>Operación de la red</u>, es el área encargada de realizar los cierres en las tuberías, suspendiendo el servicio hasta lograr reparar un daño o empatar una nueva tubería a la red existente. Además, realiza mantenimientos a las Estructuras

Reductoras de Presión ERP[36], para mantener controladas las presiones en la tubería de distribución.

6.2.2 Áreas segunda fase.

Las áreas del segundo grupo son aquellas que requieren información espacial, los datos existen pero es necesario editarlos para disponer de ellos.

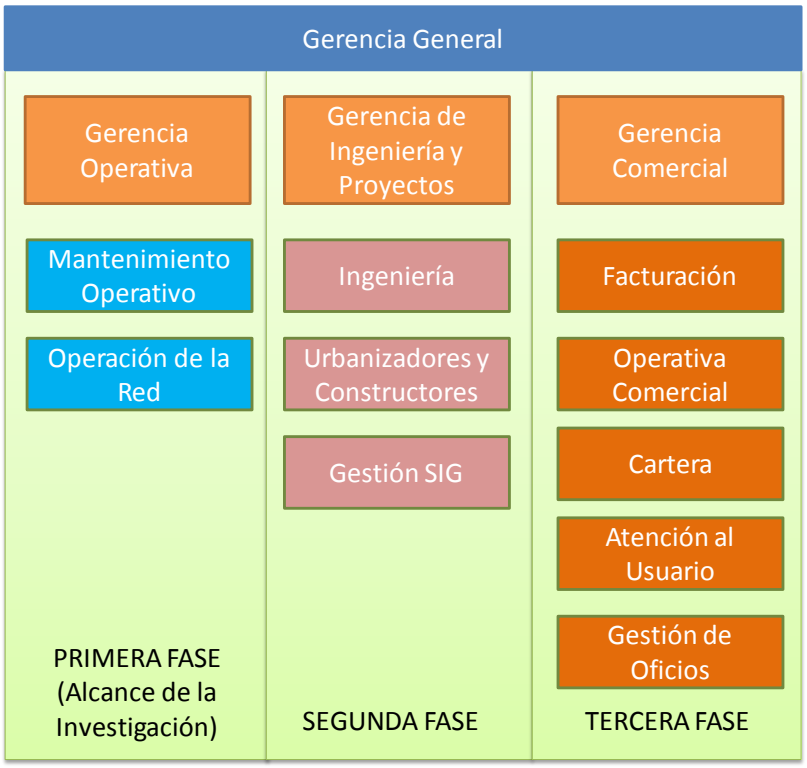
6.2.3 Áreas tercer fase.

Las del tercer grupo, son áreas que necesitan de información geográfica pero falta estructurar los datos. En la Figura 22 se describen las fases y sus áreas funcionales.

El alcance del trabajo de investigación y el diseño del modelo de datos geográficos se desarrolla en las áreas de la primera fase por la disponibilidad de información que existe. Se recomienda a la Empresa Aguas Kapital analizar las otras áreas e incluirlas en el modelo de gestión espacial propuesto.

[36] ERP Estructura reductora de presión: comprende un sistema de equipos para mantener la presión de servicio del agua controlada en un rango de trabajo, evitando que los cambios repentinos en la red matriz antes de llegar la estación, influyan sobre las redes de distribución.

Figura 22. Fases de trabajo y alcance del trabajo de investigación.



6.3 MODELAMIENTO TEMÁTICO

Un modelo temático es la representación de las actividades específicas de un tema en particular por lo cual un área debe responder ante la Gerencia, cada una de estas actividades que corresponden a modelos básicos como esta descrito en la metodología.

Analizando la información de cada una de las áreas objetivo de la investigación se encuentra que cada una de ellas tiene varias actividades y tareas que deben desarrollar. Por tal motivo, para el control de la gestión se definen dos tipos de indicadores, uno de primer nivel de tipo particular que presenta las tareas asociadas a la actividad, y otro de segundo nivel de carácter general que describe la gestión de una actividad y corresponde a la agregación de indicadores de primer nivel.

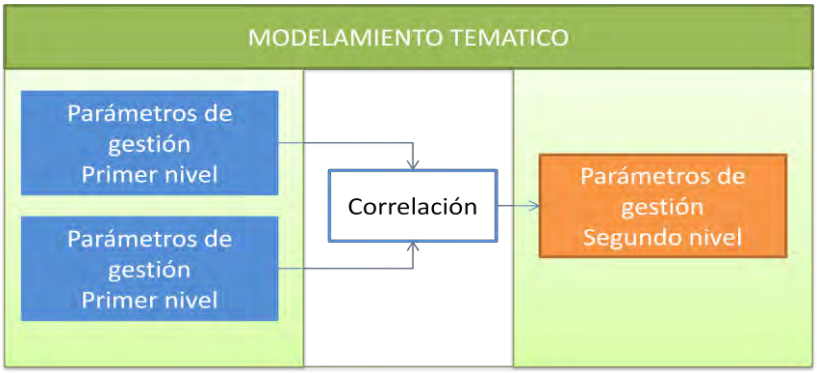
Los indicadores de primer y segundo nivel muestran la gestión a través de áreas determinadas llamadas Unidades Mínimas Espaciales UME, que son unidades geográficas, de comportamiento homogéneo lo cual permite realizar comparaciones al cabo del tiempo sobre variables de estudio. La ventaja de utilizar estas áreas es implementar planes y políticas específicas ajustadas a las

necesidades de cada una ellas. El área que actúa como unidad mínima espacial seleccionada en caso de estudio es la cobertura de áreas de servicio de reductoras[37] por ser homogéneas en sus características. Cada UME depende de la estructura de la red de distribución, pero tratando que su extensión sea de 25 Km aproximadamente, hidráulicamente son independientes o aisladas, tienen en lo posible un solo punto de entrada de agua donde se puede medir el caudal y la presión de servicio.

Para el caso de estudio se eligió la cobertura de áreas de servicio, pero puede existir otro tipo de dato espacial que otra empresa interesada en aplicar el presente estudio le pueda convenir.

El modelamiento temático define los indicadores de primer y segundo nivel, estos son los encargados de medir la gestión a nivel particular y general. Corresponden a los estipulados por la Superintendencia de Servicios Públicos y los definidos por la Empresa caso de estudio para controlar su gestión. Cada indicador tiene un periodo de evaluación, un valor inicial, un valor meta y un valor alcanzado al final del periodo. Los indicadores de gestión de primer nivel es una representación concreta de la realidad porque están tomados de datos absolutos, por el contrario, los de segundo nivel implican la interrelación o correlación con indicadores de segundo nivel representando una gestión abstracta –o derivada-. En la Figura 23 se representa la interrelación entre los dos niveles de parámetros.

Figura 23. Interrelación de parámetros de primer y segundo nivel.



[37] Área de servicio de reductoras: son áreas independientes donde la presión de servicio fijada se encuentra controlada y regulada por una o varias Estaciones Reguladoras de Presión ERP.

6.3.1 Indicadores de primer nivel

El procedimiento para modelar los indicadores de gestión dependen de lo estipulado por los entes de gestión y control: el Ministerio de Vivienda y medio ambiente, la CRA, la Superintendencia de Servicios Públicos, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB y lo definido al interior de la empresa caso de estudio. Las disposiciones de los organismos de control están contempladas en el marco legal definido anteriormente. Se debe entender que los indicadores definidos en la presente investigación de primer nivel o segundo nivel corresponden al control interno de gestión de la empresa del caso de estudio, en este Aguas Kapital S.A. ESP.

Cada área de la empresa de estudio ha establecido indicadores de gestión, evaluados en un periodo determinado con valores iníciales y metas proyectadas, estos valores se ajustan en la medida evolutiva de la gestión. Los indicadores dependen de la necesidad que tiene cada área por plasmar su gestión, para ello se han establecido estándares propios de gestión. Los indicadores son evaluados por cada Unidad Mínima Espacial UME.

Para establecer prelación de gestión y facilitar su representación geográfica, se define para cada parámetro de primer nivel rangos de prioridad, consistentes en agrupar los valores en tres rangos.

La metodología para delimitar los rangos de prioridad y establecer el valor para cada UME, se hace dividiendo la totalidad de los datos en porcentajes uniformes cada uno de 33%; de esta manera, los datos del primer rango están entre 0 y 33%, los de segundo rango están entre 33% y 66% y el tercero entre 66% y 100%.

Si consideramos la media aritmética como la distribución de los datos alrededor del 50% de ellos, la fórmula para determinar los rangos de prioridad es la siguiente:

Para hallar el límite inferior o delimitar el rango de prioridad baja a la media aritmética se le resta el producto de la desviación típica dividida en dos multiplicada por la media aritmética:

Donde:

= Limite inferior del indicador .

= Media aritmética.

= rango en porcentaje.

Para hallar el límite superior o delimitar el rango de prioridad alta se le suma a la media aritmética el producto de la desviación típica dividida en dos multiplicada por la media aritmética:

Donde:

= Limite superior del indicador .

= Media aritmética.

= rango en porcentaje.

Las UME que tienen baja prioridad representan zonas cuya gestión está por debajo de las metas propuestas; las de media prioridad significan que están cerca al promedio de toda zona de operación y que deben analizarse para encontrar las variables que puedan afectar en corto tiempo la gestión; y las UME de alta prioridad representan áreas que necesitan en corto tiempo programar actividades de alto impacto para controlar la gestión.

Como ejemplo, se toma el indicador de gestión Usuarios afectados por cierre; en la Tabla 4 se presentan los valores promedio para cada mes desde enero de 2009. En la Tabla 5 se muestran los valores para definir los rangos de prioridad para el indicador de gestión usuarios afectados por cierre según la fórmula propuesta. Después de hallado el valor para cada indicador y para cada UME, se valora la prioridad.

Tabla 4. Promedio de suscriptores afectados por cierre por mes de gestión.

Mes	Promedio de Suscriptores afectados por cierre
Ene-09	1185,85
Feb-09	1224,68
Mar-09	1842,11
Abr-09	2591,17
May-09	2043,30
Jun-09	1487,76
Jul-09	2053,68
Ago-09	1775,05
Sep-09	2774,78
Oct-09	1371,22
Nov-09	2392,87
Dic-09	2816,82
Ene-10	2651,08
Feb-10	2494,40
Mar-10	2720,98
Abr-10	3551,15

Tabla 5. Valores que definen los rangos de prioridad para usuarios afectados por cierre.

Valores	Valor
Promedio	1963,27
Límite inferior	1639,33
Límite superior	2287,21

Los rangos de prioridad calculados para el indicador de usuarios afectados por cierre se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Rangos de prioridad para usuarios afectados por cierre.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES
BAJA PRIORIDAD	0 – 33%	0 – 1.639
MEDIA PRIORIDAD	33% - 66%	1.640 – 2.287
ALTA PRIORIDAD	66% - 100%	>2.287

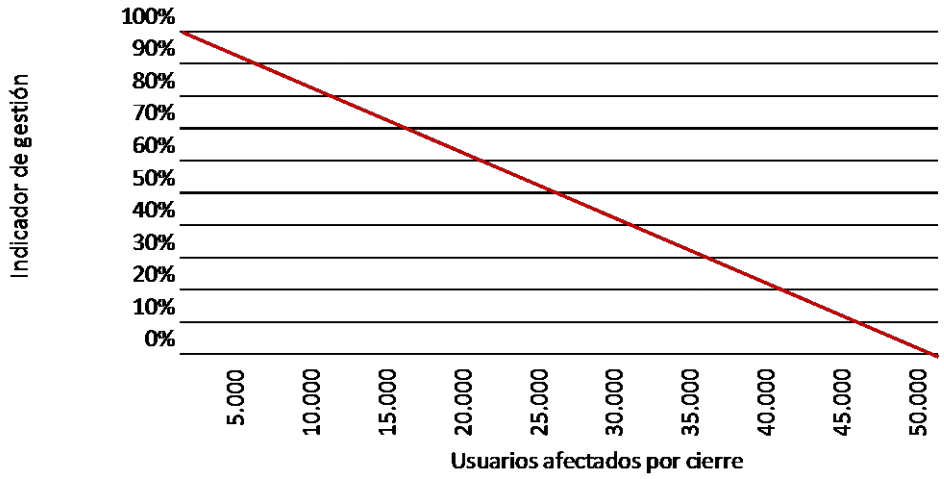
Los indicadores de primer nivel seleccionados se encuentran en diferentes unidades y escalas, por lo tanto al compararlos entre ellos no existe relación. Para solucionar el problema se crea una unidad que mide la gestión en términos de porcentaje empleando una escala de 0 a 100.

El procedimiento empleado para homologar las unidades de los diferentes indicadores a la unidad de gestión es por medio de la ecuación de la recta, porque nos asegura el traslado de escalas de manera uniforme para todos los indicadores.

En primer lugar, se determina la escala propia del indicador a recalcular: se hallan los valores mínimos y máximos históricos asegurando que cualquier valor se encuentre es esta escala. Luego se halla la pendiente de la recta relacionando las dos escalas (la propia del indicador y la escala de gestión), y por último se aplica la ecuación a cada uno de los valores hallando el correspondiente en la escala de gestión.

Siguiendo el ejemplo anterior, los valores mínimos y máximos históricos para el indicador usuarios afectados por cierre están entre 0 y 50.000 usuarios. Graficando las dos escalas obtenemos la Figura 24:

Figura 24. Gráfico relación de escalas.



Tenemos que la ecuación de la recta es:

Donde y es el valor a hallar en la escala de gestión.

es la pendiente de la recta.

es el valor de la escala propia del indicador.

es el valor de corte de la recta con el eje y.

El valor de la pendiente se calcula de la siguiente manera:

Donde es la pendiente a hallar.

es el valor máximo de la escala de gestión sobre el eje y.

es el valor mínimo de la escala de gestión sobre el eje y.

es el valor máximo de la escala propia del indicador sobre el eje x

es el valor mínimo de la escala propia del indicador sobre el eje x

Entonces el valor correspondiente a la pendiente de la recta es:

Para hallar el valor correspondiente en términos de gestión del área de servicio ASR1072-09 cuyo valor en términos de usuarios afectados es de 9.407, reemplazamos los valores y obtenemos el valor en gestión.

El valor en términos de gestión para el ASR1072-09 es del 81,18%

Los valores hallados en términos de gestión se pueden comparar y relacionar directamente, estos son utilizados para calcular posteriormente los indicadores de segundo nivel.

Los indicadores de primer nivel definidos para cada área de la primera fase se describen a continuación.

Mantenimiento de la Red.

- **Longitud de redes en Asbesto Cemento AC**:

  Los materiales que componen las redes de acueducto son PVC, Asbesto cemento, polietileno de alta densidad, hierro dúctil, hierro acerado, acero y otros materiales compuestos con refuerzos y protecciones destinados a redes de gran diámetro.

  Las redes en Asbesto Cemento AC, fueron instaladas en el Acueducto hasta los años setenta y se fueron reemplazando por tubería de PVC. Las redes de asbesto cemento, según la composición de los suelos arcillosos en algunos lugares de la ciudad y el peso del tráfico pesado, causan

pérdida estructural en su capacidad que permiten fugas imperceptibles, o están propensas a afectaciones por los cambios de presión por la operación de la red produciendo daños. La mayor cantidad de daños que se producen en las tuberías son en asbesto cemento, es por esto la necesidad por localizar e identificar las redes y áreas de servicio para una renovación futura.

En la zona existen 1750 km de red, 425.5 Km están en asbesto cemento, la relación de daños en tuberías de AC es 1.81 por km según la estadística del último año. La probabilidad que ocurra un daño en una tubería de AC es mayor cuando la cantidad de redes existentes en AC aumenta en relación con otros materiales.

El indicador que permite evaluar la cantidad de redes en AC es el porcentaje que se encuentran instaladas comparadas con el total de las redes menores (>= 3, <=12”). Se considera estas tuberías de este material porque presentan mayores daños que otras redes de otros materiales, debido a la corrosión que se encuentran expuestas por el tipo de suelo donde se encuentran instaladas. La cantidad de redes en AC debe tender a cero conforme se renuevan las redes. La cantidad actual de redes en AC es del 24,3 % del total instalado y en promedio por cada área de servicio es de 31.1%. En la Tabla 7 se presentan los rangos de prioridad para el indicador de redes en AC.

Tabla 7. Rangos de prioridad para indicador de porcentaje de redes de AC.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES REDES AC
BAJA PRIORIDAD	0 – 33%	0 – 26.8%
MEDIA PRIORIDAD	33% - 66%	26.8% –37.4%
ALTA PRIORIDAD	66% - 100%	>37.4%

- **Edad de la tubería**: Es el indicador que determina el tiempo que lleva instalada la tubería, entre más tiempo de instalada, es más probable que presente daño. Un valor considerado para renovar las redes de acueducto es de 30 años, aunque este depende del material y el tipo de la tubería. Actualmente el promedio de edad de la tubería es de 21,1 años. En la Tabla 8 se presentan los rangos de prioridad para este indicador.

Tabla 8. Rangos de prioridad para la edad de tubería.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES
BAJA PRIORIDAD	0 – 33%	0 – 17.62
MEDIA PRIORIDAD	33% - 66%	17.62 –24.58
ALTA PRIORIDAD	66% - 100%	>24.58

- **Cantidad de daños ocurridos**: no es propiamente un indicador de gestión pero es un indicador para valorar las áreas con mayores daños e iniciar programas de renovación de tubería. La cantidad de daños promedio actual por área de servicio es de 2,35 daños al mes. El periodo de medición es mensual. La meta de gestión es mantener el indicador en 2,0 daños por cada área. En la Tabla 9 se muestran los valores para determinar los rangos de prioridad.

Tabla 9. Rango de prioridades para Daños/mes.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES DAÑOS/MES
BAJA PRIORIDAD	0 – 33%	0 – 1,97
MEDIA PRIORIDAD	33% - 66%	1,97 –2,74
ALTA PRIORIDAD	66% - 100%	>2,74

Operación de la Red.

- **Continuidad del servicio**: es la relación entre el tiempo de suspensión del servicio y el servicio permanente de 24 horas, esta afecta directamente los usuarios del servicio. Es definido por la CRA, si es inferior al 85% significa que es una empresa de nivel de riesgo medio, (Resolución CRA 315 de 2005). Actualmente el indicador ICTAC es de 99,91% muy por encima a lo estipulado en la Resolución. La meta es mantener el valor constante de 99,95%. En la Tabla 10 se presentan los valores de los rangos de prioridad.

Tabla 10. Rango de prioridades para ICTAC/mes.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES ICTAC/MES
BAJA PRIORIDAD	66% - 100%	> 99,97%
MEDIA PRIORIDAD	33% - 66%	99,75% –99,97%
ALTA PRIORIDAD	0 – 33%	0 – 99,75%

- **Presión de servicio**: El valor de presión es el promedio entre el punto más cercano a la entrada del suministro y el punto más lejano del área. Se debe mantener una presión mínima en la acometida o medidor del usuario de 15 mca[38] y de 50 mca como presión alta, según lo estipulado en el contrato de condiciones uniformes pactado entre el usuario y la Empresa de Acueducto EAAB. En consecuencia, los valores por debajo y por encima son de alta prioridad para atender.

[38] mca, metros columna de agua, medida de presión.

El promedio obtenido durante el año 2009 es de 25.5 mca. La meta es mantener la calidad de servicio en 25 mca la cual representa un nivel de confort para el usuario y para la red de acueducto es optima para su funcionamiento evitando roturas en la tubería. En la Tabla 11 se presenta el rango de prioridades.

Tabla 11. Rango de prioridades para presión de servicio.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES PRESIÓN
BAJA PRIORIDAD	66% - 100%	25 – 30 mca
MEDIA PRIORIDAD	33% - 66%	20 – 25 y 30 – 35 mca
ALTA PRIORIDAD	0 – 33%	< 20 y > 35 mca

- **Indicador Calidad del agua:** está regido por el cumplimiento de las normas de potabilización del agua para consumo humano. La medida del indicador es cumple o no cumple. Por tanto la prioridad está definida para las áreas que no cumplen con la norma.

- **Cantidad de usuarios afectados por cierre**: son usuarios afectados por el cierre de tuberías para reparar un daño o realizar un empate. Este indica la calidad de las válvulas en servicio y su mantenimiento, además, muestra el impacto que puede causar un cierre extenso. En promedio los usuarios afectados por cierre durante 2009 es de 1.962. La meta propuesta es llegar a 1200 usuarios afectados al terminar el año el cual es cercano al obtenido en el 2008. En la Tabla 12 se presenta el promedio de usuarios afectados por cada tipo de cierre.

Tabla 12. Promedio de usuarios afectados por cierre por año.

Tipo cierre	2008	2009	2010	Total general
Cierres por daños naturales en la red	1155,99	971,82	1570,82	1129,30
Cierres por daños ocurridos por terceros	1022,13	1258,24	1328,19	1189,59
Cierres programados por intervenciones en la red	1962,18	4135,30	5102,51	3640,76
Total general	**1391,35**	**1962,92**	**2808,79**	**1932,31**

Los rangos que indican la prioridad a gestionar se encuentran en la Tabla 6.

Área promedio de afectación por cierre: es la superficie afectada por la suspensión, los cierres pueden cubrir extensas o pequeñas zonas de afectación, dependiendo de las válvulas cerradas, su posición en la red y la localización del área dentro del sistema de distribución. El área promedio afectada por cierres por daños naturales durante el año 2010 es de 28,02 ha. La meta de gestión es mantener los niveles de 2009, 17,45. En la Tabla 13 se muestra el promedio de

área afectada por cada tipo de cierre y en la Tabla 14 se, muestran los rangos de prioridades.

Tabla 13. Promedio de área afectada para cada tipo de cierre dada en ha.

Tipo de cierre	2008	2009	2010	Total general
Cierres por daños naturales en la red (ha)	21,27	17,45	28,02	20,40
Cierres por daños ocurridos por terceros (ha)	18,37	28,49	33,22	25,83
Cierres programados por intervenciones en la red (ha)	40,83	81,88	93,84	71,27
Total general	**27,03**	**38,38**	**52,35**	**37,27**

Tabla 14. Rango de prioridades para área afectada por cierre por cada UME.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES AREA AFECTADA POR CIERRE
BAJA PRIORIDAD	0 – 33%	0 – 37,59 ha
MEDIA PRIORIDAD	33% - 66%	37,59 ha. – 52,45 ha.
ALTA PRIORIDAD	66% - 100%	>52,45 ha.

- **Relación de válvulas operadas por cierre**: es un indicador del buen estado del total de las válvulas y su número también depende del diámetro de la tubería en la cual ocurrió el daño o el empate. Un número óptimo es de 3 a 5 válvulas por cierres para intervenciones en redes de 3” o 4”. Durante el 2010 el promedio ha sido de 3,7 válvulas por cada cierre ejecutado. La meta de gestión es mantener 3,5 válvulas en promedio operadas por cada suspensión. En Tabla 15 se presentan la cantidad promedio de válvulas operadas por cada tipo de cierre por cada año de gestión y en la Tabla 16 se presentan los rangos de prioridades para este indicador.

Tabla 15. Relación promedio de válvulas operadas por cada cierre de redes.

Tipo cierre	2008	2009	2010	Total general
Cierres por daños naturales en la red	3,7	4,1	3,9	3,9
Cierres por daños ocurridos por terceros	3,3	3,4	3,3	3,3
Cierres programados por intervenciones en la red	2,5	3,1	3,4	3,0
Total general	**3,3**	**3,7**	**3,7**	**3,5**

Tabla 16. Rango de prioridades para promedio de válvulas operadas por cierre.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES PROMEDIO VALVULAS OPERADAS POR CIERRE
BAJA PRIORIDAD	0 – 33%	0 – 2,20
MEDIA PRIORIDAD	33% - 66%	2,20 – 3,07
ALTA PRIORIDAD	66% - 100%	>3,07

- **Tiempo total del cierre:** es la cantidad de tiempo que se necesita para cerrar, reparar o empatar y restablecer el servicio. Mide la eficiencia en la ejecución de los trabajos e influye en las pérdidas y en la calidad del servicio. El tiempo de cierre actual para el año 2010 es de 4,39 horas. La meta de gestión es de 4,00 horas promedio por cierre. En la Tabla 17 se muestra la gestión en cuanto a promedio de tiempo de suspensión según el tipo de cierre y en la Tabla 18 los rangos de prioridades.

Tabla 17. Relación de promedios de tiempo de cierre para cada tipo por año.

Tipo cierre	2008	2009	2010	Total general
Cierres por daños naturales en la red (horas)	2,91	1160,86	4,82	608,77
Cierres por daños ocurridos por terceros (horas)	2,35	2,57	2,87	2,54
Cierres programados por intervenciones en la red (horas)	4,55	4,30	4,05	4,33
Total general	**3,34**	**647,70**	**4,29**	**330,06**

Tabla 18. Rango de prioridades para promedio tiempo de cierre en horas.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES HORAS PROMEDIO POR CIERRE
BAJA PRIORIDAD	0 – 33%	0 – 2,51
MEDIA PRIORIDAD	33% - 66%	2,51 – 3,50
ALTA PRIORIDAD	66% - 100%	>3,50

- **Cobertura por hidrantes**: de acuerdo a la clase de uso, comercial, multiusuario o residencial donde se encuentren ubicados los hidrantes tienen un área de cobertura de circunferencias con radios de 100, 150 o 200 metros respectivamente, según Resolución 1096 del 17 de noviembre de 2000 del Ministerio de Desarrollo. El valor promedio de cobertura de hidrantes en la zona 1al finalizar el segundo semestre de 2009 es de 80,5 %. Los valores que definen los rangos de prioridad de acuerdo a lo establecido anteriormente son: para el rango de prioridad alta es de 0 – 67,2 %, de prioridad media es de 67,2 – 93,8 % y para la prioridad baja es de 93,8 – 100 % significando que existe mayor cobertura de hidrantes en una UME, en Tabla 19 se muestran los rangos de prioridad.

Tabla 19. Rango de prioridades para la cobertura de hidrantes.

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES HORAS PORCENTAJE DE COBERTURA DE HIDRANTES
BAJA PRIORIDAD	66 – 100 %	93,8 – 100 %
MEDIA PRIORIDAD	33 – 66 %	67,2 – 93,8 %
ALTA PRIORIDAD	0 – 33 %	0 – 67,2 %

- **Cobertura de redes de acueducto**: Indica el porcentaje de cobertura de la red de acueducto con relación al área poblada o urbanizada; todo usuario para acceder al servicio de acueducto debe tener red que pase por el frente del predio y la acometida no debe ser mayor a 20 m de longitud, según norma NS-024 de la EAAB. En la zona 1 existen 142.960 predios de los cuales 3.503 tienen la red más cercana a más de 20 metros, por lo cual la cobertura de redes de acueducto es del 97.5%. La distribución de los valores del porcentaje de cobertura de redes de acueducto por cada ASR no es similar a una normal, por lo cual la definición de los rangos de prioridad se realiza de manera parcializada. El primer rango se define desde 0 a 90% lo cual representa el 18.4 % de los datos; el segundo rango, desde 90% a 93.5% que corresponde a la media de los datos y el tercer rango de 93.5 a 100% que contempla el 50% de los datos. La meta es lograr al cabo de seis meses el 98% de cubrimiento, se logra a partir de las acometidas nuevas de acueducto.

  En la Tabla 20 se presentan los rangos de prioridad definidos para el índice de cobertura de redes de acueducto.

Tabla 20. Rango de prioridades para la cobertura de redes de acueducto

PRIORIDAD	RANGO %	RANGO VALORES HORAS PORCENTAJE DE COBERTURA REDES ACUEDUCTO
BAJA PRIORIDAD	0 – 18,4%	0 – 90%
MEDIA PRIORIDAD	18,4% - 50%	90% - 93,5%
ALTA PRIORIDAD	50% - 100%	93,5% - 100%

Para cada indicador se crea un listado de los datos que se necesitan para su cálculo con el fin de verificar si existen o es necesario adquirirlos. En los Anexo A al H se encuentra el listado de datos necesarios.

En la Tabla 21 se resumen los indicadores de primer nivel. Los valores consignados como valores actuales y metas son promedios alcanzados a nivel de zona.

Tabla 21. Relación de áreas funcionales e indicadores de gestión primer nivel.

Área Funcional	Parámetro de Gestión Primer nivel	Periodo cálculo	Valor actual	Meta	Prioridad		
					Baja	Madia	Alta
Manteniendo de la red	Longitud de redes en AC vs total redes %	Semestral	23,40%	20%	0 – 26,8	26,8 –37,4	> 37,4
	Edad de la tubería, promedio en años	Semestral	21,1	20	0 – 17,62	17,62 –24,58	> 24,58
	Cantidad de daños ocurridos por Km de red	Mensual	6,67	6	0 – 1,97	1,97 – 2,74	> 2,74
Operación de la red	Continuidad del servicio, porcentaje	Mensual	99,89%	99,95%	> 99,7 %	99,75 - 99,97 %	0 - 99,75 %
	Presión media de servicio, mca	Mensual	25,5	25	25 – 30	20 – 25 y 30 – 35	< 20 y > 35
	indicador Calidad del agua,	Mensual	cumple	cumple			
	Cantidad de usuarios por cierre	Mensual	1932	1200	0 – 1.639	1.640 – 2.287	> 2.287
	Área promedio de afectación por cierre (ha)	Mensual	28,02	17,45	0 – 37,59	37,59 – 52,45	>52,45
	Relación de válvulas operadas por cierre	Mensual	3,7	3,5	0 – 2,20	2,20 – 3,07	> 3,07
	Tiempo de cierre válvulas horas	Mensual	4,29	4	0 – 2,51	2,51 – 3,50	> 3,50
	Cobertura por hidrantes, porcentaje	Semestral	80,5%	90%	93,8 - 100	67,2 - 93,8	0 - 67,2
	Cobertura de redes de acueducto, porcentaje	Semestral	97,50%	98%	93,5 - 100	90 - 93,5	0 – 90

6.3.2 Indicadores de segundo nivel.

Los indicadores de segundo nivel tienen el carácter de ser síntesis y tienden a ser abstractos por la forma que son calculados, quiere decir, son derivados de los de primer nivel. Estos representan la gestión a nivel de área funcional que indican a nivel general el estado de la misma, estos indicadores también se encuentran desagregados por cada Unidad mínima Espacial. Cada indicador de segundo nivel está compuesto por uno o más indicadores de primer nivel.

Para calcular los parámetros de segundo nivel, se utiliza la valoración determinada como unidades de gestión para cada uno de los indicadores de primer nivel de cada área de servicio, estos se promedian y se obtiene un valor de gestión integral, el cual significa el estado de gestión en área en particular. Un ejemplo de cálculo se encuentra en la Tabla 23.

En la ecuación (4) se aprecia el cálculo de un indicador de segundo nivel:

Donde:

= Indicador de gestión de segundo nivel.

= Indicador de gestión de primer nivel.

= Es el número de indicadores de primer nivel que conforma un indicadro de segundo nivel.

Se suman todos los indicadores de primer nivel que conforman un indicador de segundo nivel.

Si podría establecer un peso específico para cada componente del indicador de segundo nivel, para ello se debe realizar pruebas y seguimientos para ajustar los pesos y conseguir un resultado acorde a la realidad. En la presente investigación no se dará alcance al estudio de ponderaciones de las variables que conforman el cálculo de los indicadores segundo nivel.

De igual manera que los indicadores de primer nivel, se establecen rango de prioridades para facilitar la presentación de los datos de forma geográfica y comprender rápidamente la gestión realizada por cada área de servicio o UME. A continuación se describen los indicadores de segundo nivel y el procedimiento de cálculo.

Mantenimiento de la Red.

- **Índice de renovación de redes**: Es el indicador que permite identificar las áreas con mayor probabilidad de daño, en este indicador se sintetizan los indicadores de primer nivel: cantidad de daños, cantidad de redes en AC y la edad de la tubería. Este indicador no se considera de gestión a corto plazo puesto que las inversiones necesarias para llevar a cabo la renovación de redes son altas. El periodo de evaluación es semestral.

  Para calcular el índice de renovación de redes se considera los valores de gestión de los tres parámetros de primer nivel que conforman este indicador según la metodología propuesta. En la Tabla 22 se presentan los componentes del indicador y los valores de gestión para cada uno de ellos.

Tabla 22. Componentes del índice de renovación de redes y definición de prioridades.

NIVEL DEL INDICADOR	EDAD	REDES AC	DAÑOS	INDICADOR DE RENOVACION
Zona 1	58.0 %	68.2%	94.5%	73.6%
Prioridad	2	1		

En la Tabla 23 se muestra un ejemplo de cálculo del índice de renovación para algunas UME.

Tabla 23. Indicador de renovación y sus componentes.

ASR	Pgestion_edad	Pgestion_AC	Pgestion_danos	Pgestion_renovacion
ASR1051-20	71,63	99,11	100,00	90,25
ASR1051-T2	60,47	52,57	80,00	64,34
ASR1052-13	67,81	48,17	100,00	71,99
ASR1052-14	82,13	86,35	100,00	89,49
ASR1052-15	42,55	54,38	100,00	65,64
ASR1052-16	57,62	43,95	100,00	67,19
ASR1052-21	54,96	64,90	100,00	73,29
ASR1052-22	50,56	12,95	100,00	54,51
ASR1052-T1	61,00	78,83	80,00	73,28
ASR1053-12	24,72	19,49	100,00	48,07
ASR1053-TANSUBA	64,45	70,54	100,00	78,33
ASR1053-19	64,45	70,54	100,00	78,33

Operación de la red.

- **Calidad del servicio:** permite calificar el servicio en un periodo mensual. Comprende la continuidad del servicio y la presión de servicio. El valor actual a nivel de la zona según el cálculo propuesto es de 92.12%. En la Tabla 24 se presentan los valores actuales de cada indicador de primer nivel que son la base del cálculo del indicador de calidad de servicio.

Tabla 24. Valores del indicador calidad del servicio.

PRIORIDAD	CONTINUIDAD DEL SERVICIO	PRESION DE SERVICIO	INDICADOR DE CALIDAD DEL SERVICIO
Zona 1	99,92 %	84.33%	92.12%
Prioridad	2	1	

En la Tabla 25 se muestra el cálculo del índice de servicio para algunas UME, para cada uno de los indicadores de primer nivel se halla el valor en unidades de gestión, en la columna PGestion_servicio corresponde al valor del indicador de segundo nivel.

Tabla 25. Cálculo del índice de servicio para algunas UME.

ASR	PGestion_ictac	PGestion_presion	PGestion_servicio
ASR1051-20	100	62,85714286	81,42857143
ASR1051-T2	100	93,87864823	96,93932412
ASR1052-13	100	88,64864865	94,32432432
ASR1052-14	100	68,31632653	84,15816327
ASR1052-15	100	84,66338259	92,3316913
ASR1052-16	100	95,07936508	97,53968254
ASR1052-21	100	96,84981685	98,42490842
ASR1052-22	100	68,57142857	84,28571429
ASR1052-T1	100	89,89273183	94,94636591
ASR1053-12	100	99,93031359	99,96515679
ASR1053-TANSUBA	100	96,3904423	98,19522115
ASR1053-19	100	96,3904423	98,19522115

- **Calidad operación de la red**: Determina el nivel de gestión relacionado con la operación de la red. Permite identificar aquellas áreas donde los cierres de tuberías son extensos, son demorados o que afecten en gran medida a usuarios.

  El indicador se compone de cuatro indicadores de primer nivel: cantidad de usuarios afectados, extensión de los cierres, relación de válvulas por cierre y el tiempo promedio por cierre. El periodo de evaluación es mensual.

  Para calcular el indicador se utilizan los valores de gestión de cada indicador de primer nivel, estos se promedian y se halla el valor del indicador de operación de la red. En la Tabla 26 se muestra el indicador de gestión operativa y sus componentes de primer nivel.

  En la Tabla 27 se muestran los valores actuales a nivel de zona de los indicadores de primer nivel que conforman el indicador calidad operación de la red. Actualmente el índice de gestión operativa es de 82.32%.

Tabla 26. Indicador de segundo nivel de gestión operativa y sus componentes.

ASR	PGestion usuafec	PGestion ExtenCierre	PGestion RelValv	PGestion TiempoCierre	PGestion Operativa
ASR1051-20	100,00	0,00	100,00	100,00	75,00
ASR1051-T2	99,41	51,58	82,22	86,67	79,97
ASR1052-13	100,00	99,76	100,00	100,00	99,94
ASR1052-14	100,00	0,00	100,00	100,00	75,00
ASR1052-15	100,00	0,00	100,00	100,00	75,00

ASR	PGestion usuafec	PGestion ExtenCierre	PGestion RelValv	PGestion TiempoCierre	PGestion Operativa
ASR1052-16	100,00	0,00	100,00	100,00	75,00
ASR1052-21	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ASR1052-22	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ASR1052-T1	99,68	79,25	86,67	90,69	89,07
ASR1053-12	100,00	28,57	100,00	100,00	82,14
ASR1053-TANSUBA	99,25	0,00	86,67	73,19	64,78
ASR1053-19	100,00	0,00	100,00	100,00	75,00

Tabla 27. Relación de parámetros para identificar el índice de calidad de operación de la red.

PRIORIDAD	USUARIOS AFECTADOS	EXTENSIÓN DEL CIERRE	RELACIÓN VALVULAS CIERRE	TIEMPO PROMEDIO CIERRE	INDICADOR CALIDAD OPERACIÓN
Zona 1 valor actual	97.16%	49.32%	91.89%	90.89%	82.32%
Prioridad	2	1	3	3	

- **Indicador de cobertura**: identifica las áreas con cobertura de redes a predios existentes y la cobertura de hidrantes.

  El cálculo del indicador es la suma de los valores de los indicadores de primer nivel que lo componen. En la Tabla 28 se muestran como ejemplo los valores actuales para algunas UME. El valor del indicador de cobertura actual para la zona es de 89.9% como se aprecia en la Tabla 29.

Tabla 28. Relación de parámetros que inciden en el indicador de cobertura.

ASR	PGestion_CobHi %	PGestion_cobAcue %	PGestion_cobertura %
ASR1051-20	86,95532987	99,70238095	96,51561818
ASR1051-T2	55,66285572	85,5907781	78,1087975
ASR1052-13	34,32070734	82,22996516	70,2526507
ASR1052-14	99,57809449	72,46376812	79,24234971
ASR1052-15	96,6709488	100	99,1677372
ASR1052-16	89,07712088	98,95104895	96,48256693
ASR1052-21	99,86706533	99,61389961	99,67719104
ASR1052-22	100,0000574	100	100,0000143
ASR1052-T1	61,41510284	95,25139665	86,7923232
ASR1053-12	99,70016162	97,24770642	97,86082022
ASR1053-TANSUBA	42,05029601	98,57142857	84,44114543
ASR1053-19	42,05029601	98,57142857	84,44114543

Tabla 29. Indicadores de cobertura de primer nivel y segundo nivel a nivel de zona.

PRIORIDAD	COBERTURA HIDRANTES	COBERTURA ACUEDUCTO	INDICADOR DE COBERTURA
Zona 1 Valor actual	78.1 %	97,1 %	89.9%
Prioridad	3	1	

Los indicadores de primer nivel y segundo nivel definidos para cada área de la primera fase se describen en la Tabla 30. Los números indicados como valores actuales y metas son los promedios calculados al nivel de zona.

Tabla 30. Relación de indicadores de primer y segundo nivel de gestión.

Área Funcional	Indicador de Gestión Primer nivel	Periodo cálculo	Valor actual	Meta	Prioridad			Indicador de Gestión Segundo nivel	Valor actual	Meta
					Baja	Madia	Alta			
Manteniendo de la red	Longitud de redes en AC vs total redes %	Semestral	23,40%	20%	0 – 26,8	26,8 –37,4	> 37,4	Indicador de renovación de redes	73.6%	80%
	Edad de la tubería, promedio en años	Semestral	21,1	20	0 – 17,62	17,62 – 24,58	> 24,58			
	Cantidad de daños ocurridos por Km de red	Mensual	6,67	6	0 – 1,97	1,97 – 2,74	> 2,74			
Operación de la red	Continuidad del servicio, porcentaje	Mensual	99,89%	99,95%	> 99,7 %	99,75 - 99,97 %	0 - 99,75 %	Indicador calidad del servicio	92.12%	95%
	Presión media de servicio, mca	Mensual	25,5	25	25 – 30	20 – 25 y 30 – 35	< 20 y > 35			
	indicador Calidad del agua,	Mensual	cumple	cumple						
	Cantidad de usuarios por cierre	Mensual	1932	1200	0 – 1.639	1.640 – 2.287	> 2.287	indicador calidad operación de la red	82.32%	90%
	Área promedio de afectación por cierre (ha)	Mensual	28,02	17,45	0 – 37,59	37,59 – 52,45	>52,45			
	Relación de válvulas operadas por cierre	Mensual	3,7	3,5	0 – 2,20	2,20 – 3,07	> 3,07			
	Tiempo de cierre válvulas horas	Mensual	4,29	4	0 – 2,51	2,51 – 3,50	> 3,50			
	Cobertura por hidrantes, porcentaje	Semestral	80,50%	90%	0 - 67,2	67,2 - 93,8	93,8 - 100	Indicador de cobertura	89.9%	95%
	Cobertura de redes de acueducto, porcentaje	Semestral	97,50%	98%	0 – 90	90 - 93,5	93,5 - 100			

6.4 DISEÑO DEL MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS.

Para el diseño del modelo de datos geográficos se siguieron tres etapas: modelamiento conceptual, modelamiento lógico y el modelamiento físico.

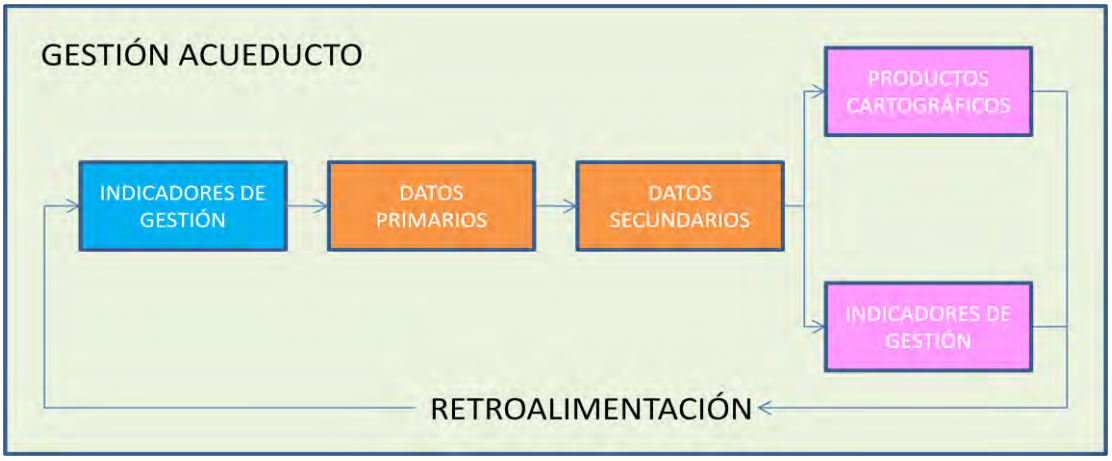
6.4.1 Modelamiento conceptual.

El diseño del modelo conceptual del modelo de datos geográficos, permite representar el funcionamiento del sistema de manera global, las relaciones entre los componentes, así como delimitar el sistema definiendo sus alcances, recursos y disponibilidad.

Con los indicadores de gestión propuestos inicialmente, se han definido los datos necesarios para cada uno ellos, en esta etapa el objetivo es estructurar los datos de manera lógica de tal manera que represente el flujo de información desde los datos de entrada, sus relaciones con los demás, la información de salida y como se retroalimenta el sistema.

La estructuración de datos se inicia con los procesos de modelamiento temático y básico, a partir de ellos se definen los datos primarios y como se derivan los datos secundarios, para obtener dos clases de información: la primera es la consecución de los indicadores de gestión y la segunda son los productos operativos y descriptivos que muestran los datos de una manera en particular, permitiendo describir una situación más detallada, es el caso de las diferentes cartillas de mapas configurados a diferentes escalas, así mismo, estos productos retroalimentan el sistema actualizando los datos inmersos en un entorno de gestión de acueducto. En la Figura 25 se representa el modelo conceptual del diseño del modelo de datos geográficos.

Figura 25. Modelamiento conceptual para el diseño del modelo de datos geográficos para la gestión empresarial de acueducto.



El modelamiento conceptual está definido en cuatro elementos:

1. Indicadores de gestión.

Los indicadores definidos anteriormente son la pregunta de entrada para iniciar el diseño conceptual del modelo de datos, los datos primarios y secundarios son la respuesta que el modelo de datos ofrece para permitir medir los indicadores de gestión. Definir los datos necesarios para realizar la evaluación de los mismos.

2. Datos primarios.

Son los datos que se obtienen de una fuente primaria, son por ejemplo los obtenidos por GPS o la geocodificación de una dirección, no son derivados de otros, no requieren de modificación o adaptación. En el caso del modelo de datos geográficos de gestión empresarial de acueducto, son datos fuente.

3. Datos secundarios.

Son los obtenidos a partir de herramientas de análisis espaciales procesando datos primarios. En algunos casos como la sectorización, que depende de la configuración de las redes de transmisión y distribución.

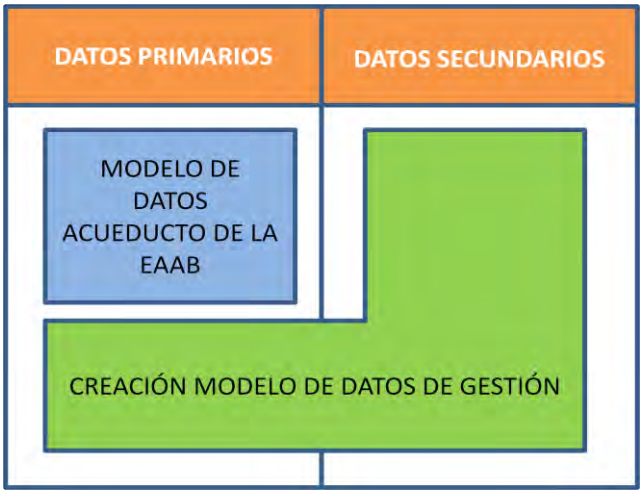
4. Productos cartográficos.

Es la información proveniente del procesamiento o presentación de los datos primarios y/o secundarios. La presentación de datos a una escala determinada, el uso adecuado de símbolos que hagan comprensible la comunicación en un espacio de trabajo y la interrelación con otros datos; hace que los datos se conviertan en información sin existir un procesamiento de estos.

Alcance del modelamiento conceptual.

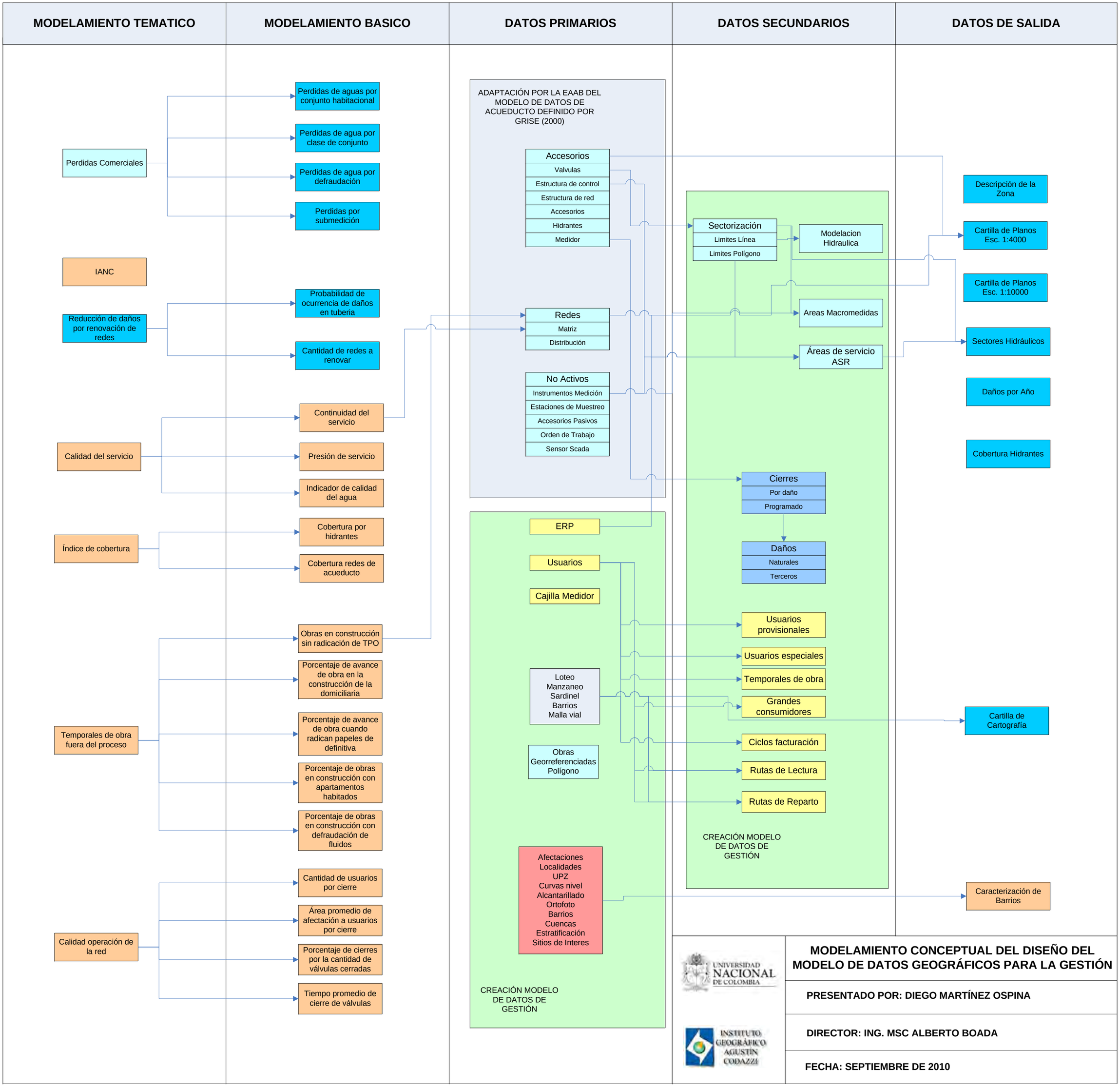
El modelo de datos geográficos de gestión de acueducto, tiene el alcance de diseñar el modelo de datos de gestión empresarial, que integre los objetos asociados a la gestión y a la actividad operativa y comercial. El modelo de datos de gestión de acueducto adopta el modelo de datos de representación hidráulica que adaptó la EAAB del modelo de Grise en el año 2002. Los dos modelos se integran para estructurar un solo modelo de datos geográficos de gestión. En la Figura 26 se representa el alcance de la propuesta de manera gráfica.

Figura 26. Alcance del modelamiento conceptual.



En la Figura 27 se encuentra de manera detallada el modelamiento conceptual del diseño del modelo de datos de gestión.

Figura 27. Modelamiento conceptual del modelo de datos geográficos de gestión empresarial.


MODELAMIENTO TEMATICO
MODELAMIENTO BASICO
DATOS PRIMARIOS
DATOS SECUNDARIOS
DATOS DE SALIDA
Perdidas Comerciales
Perdidas de aguas por conjunto habitacional
Perdidas de agua por clase de conjunto
Perdidas de agua por defraudación
Perdidas por submedición
IANC
Reducción de daños por renovación de redes
Probabilidad de ocurrencia de daños en tuberia
Cantidad de redes a renovar
Calidad del servicio
Continuidad del servicio
Presión de servicio
Indicador de calidad del agua
Índice de cobertura
Cobertura por hidrantes
Cobertura redes de acueducto
Temporales de obra fuera del proceso
Obras en construcción sin radicación de TPO
Porcentaje de avance de obra en la construcción de la domiciliaria
Porcentaje de avance de obra cuando radican papeles de definitiva
Porcentaje de obras en construcción con apartamentos habitados
Porcentaje de obras en construcción con defraudación de fluidos
Calidad operación de la red
Cantidad de usuarios por cierre
Área promedio de afectación a usuarios por cierre
Porcentaje de cierres por la cantidad de válvulas cerradas
Tiempo promedio de cierre de válvulas
ADAPTACIÓN POR LA EAAB DEL MODELO DE DATOS DE ACUEDUCTO DEFINIDO POR GRISE (2000)
Accesorios
Valvulas
Estructura de control
Estructura de red
Accesorios
Hidrantes
Medidor
Redes
Matriz
Distribución
No Activos
Instrumentos Medición
Estaciones de Muestreo
Accesorios Pasivos
Orden de Trabajo
Sensor Scada
ERP
Usuarios
Cajilla Medidor
Loteo
Manzaneo
Sardinel
Barrios
Malla vial
Obras Georreferenciadas Polígono
Afectaciones
Localidades
UPZ
Curvas nivel
Alcantarillado
Ortofoto
Barrios
Cuencas
Estratificación
Sitios de Interes
CREACIÓN MODELO DE DATOS DE GESTIÓN
Sectorización
Limites Línea
Limites Polígono
Modelacion Hidraulica
Areas Macromedidas
Áreas de servicio ASR
Cierres
Por daño
Programado
Daños
Naturales
Terceros
Usuarios provisionales
Usuarios especiales
Temporales de obra
Grandes consumidores
Ciclos facturación
Rutas de Lectura
Rutas de Reparto
CREACIÓN MODELO DE DATOS DE GESTIÓN
Descripción de la Zona
Cartilla de Planos Esc. 1:4000
Cartilla de Planos Esc. 1:10000
Sectores Hidráulicos
Daños por Año
Cobertura Hidrantes
Cartilla de Cartografía
Caracterización de Barrios
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI
MODELAMIENTO CONCEPTUAL DEL DISEÑO DEL MODELO DE DATOS GEOGRÁFICOS PARA LA GESTIÓN
PRESENTADO POR: DIEGO MARTÍNEZ OSPINA
DIRECTOR: ING. MSC ALBERTO BOADA
FECHA: SEPTIEMBRE DE 2010

6.4.2 Modelamiento lógico.

En esta etapa se diseña el modelamiento lógico teniendo en cuenta la plataforma que soporte la estructura de los datos geográficos y las reglas topológicas y de conectividad. Las herramientas de modelación empleadas son las del lenguaje UML[39] en el software VISIO, después de diseñar el Schema[40] se exporta al software nativo de ESRI.[41]

Teniendo en cuenta el modelo de datos de acueducto diseñado por Grise y luego adaptado por la EAAB, se integra al proceso de diseño del modelamiento del modelo de datos geográficos de gestión empresarial.

El modelo de datos geográficos de gestión de acueducto, se denomina así porque su concepción es a partir del análisis de parámetros o indicadores de gestión, donde se definen los datos necesarios para obtener la información solicitada y culmina con una serie de salidas gráficas que muestran la gestión en un periodo en particular.

El objetivo del modelamiento lógico es estructurar los datos bajo un mismo esquema, representando los comportamientos y relaciones que tienen los diferentes objetos que componen el sistema. El modelamiento de datos empleado es el orientado a objetos el cual representa las necesidades del sistema y la relación con el entorno.

En la primera etapa se describe de manera general el modelo de datos que la EAAB adaptó del modelo teórico de Grise en el 2002. En segunda instancia, se describe de manera detallada los objetos que conforman el modelo diseñado de datos geográficos de gestión empresarial.

---

[39] **UML**, por sus siglas en inglés, *Unified Modeling Language,* Lenguaje Unificado de modelado.

[40] Schema es la estructura de datos según el lenguaje de modelación UML.

[41] http://support.esri.com/index.cfm?fa=downloads.dataModels.matrix se encuentra los modelos de datos diseñados para las diferentes industrias.

6.4.2.1 Adaptación del modelo de datos de acueducto por parte de la EAAB.

La adaptación del modelo de datos de acueducto se realizó con base en el modelo teórico de Grise[42] en el 2002, éste se encuentra como modelo típico en el soporte de ESRI.[43] el cual se presenta en la Figura 28. A continuación se presenta la descripción de cada objeto componente del modelo de datos de acueducto.

El modelo de datos de acueducto está compuesto por feature class, clases abstractas y objetos. Los feature class son objetos que tienen características espaciales geométricas (puntos, líneas o polígonos).

Grise (2000) describe los elementos que componen una red de acueducto, en el presente trabajo se describe la función de los objetos y componentes, si hay necesidad de ampliar la información remitirse a la obra referida.

A. Clase abstracta Network Acueducto.

1) Nodos de acueducto.

Objeto Hidrante, elemento de la red de acueducto destinado para uso de los bomberos para contrarrestar incendios, proveer agua de manera temporal, como ventosa permite la salida del aire de la tubería y también como punto de drenaje para el lavado de la misma.

Objeto Accesorio, elemento que permite unir las redes de acueducto.

Objeto Punto Acometida, elemento utilizado para unir una red de acometida o línea lateral a una red de distribución o línea presurizada.

Objeto Medidor, equipo de registro de consumos de agua que un usuario utiliza.

Objeto Válvula, elemento que permite suspender el servicio.

---

[42] GRISE, Op. cit.

[43] http://support.esri.com/index.cfm?fa=downloads.dataModels.matrix se encuentra los modelos de datos diseñados para las diferentes industrias.

Figura 28. Modelo lógico de datos geográficos de acueducto adaptado por la EAAB, elementos activos.

MODELO DE DATOS ACUEDUCTO EAAB

ArcGIS™ Water Distribution Release, February 2006

Copyright © 2005 Environmental Systems Research Institute, Inc. All rights reserved. ESRI is a trademark of Environmental Systems Research Institute, Inc., registered in the United States and certain other countries; registration is pending in the European Community. ArcGIS is a trademark of Environmental Systems Research Institute, Inc.

Subsistemas de Clases – REDES ACUEDUCTO

Guideline: FacilityID should be globally unique.

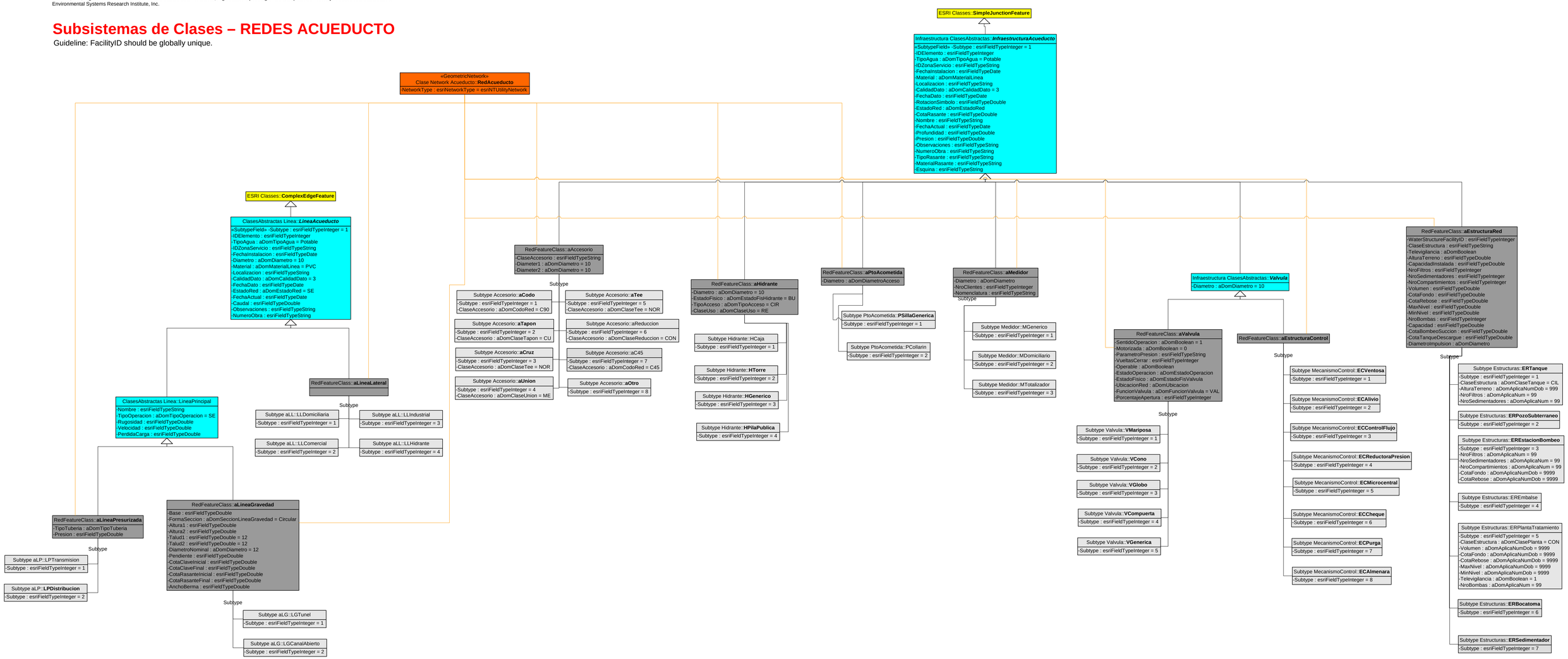


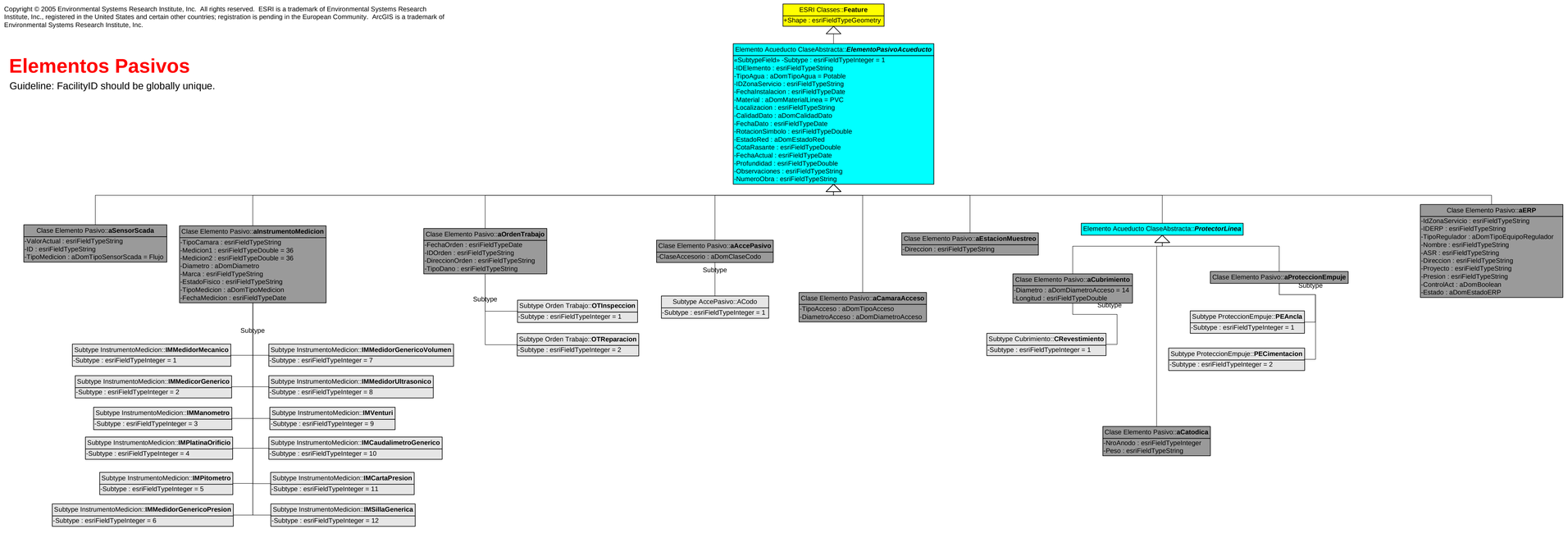
Figura 29. Modelo lógico de datos geográficos de acueducto adaptado por la EAAB, elementos pasivos.

MODELO DE DATOS ACUEDUCTO DE BOGOTA EAAB

Copyright © 2005 Environmental Systems Research Institute, Inc. All rights reserved. ESRI is a trademark of Environmental Systems Research Institute, Inc., registered in the United States and certain other countries; registration is pending in the European Community. ArcGIS is a trademark of Environmental Systems Research Institute, Inc.

Elementos Pasivos

Guideline: FacilityID should be globally unique.



MODELO DE DATOS ACUEDUCTO DE BOGOTA EAAB

ArcGIS™ Water Distribution Release February 2006

Copyright ©2005 Environmental Systems Research Institute, Inc. All rights reserved. ESRI is a trademark of Environmental Systems Research Institute Inc., registered in the United States and certain other countries; registration is pending in the European Community. ArcGIS is a trademark of Environmental Systems Research Institute, Inc.

Dominios

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomAplicaNum**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeInteger
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- NA : esriFieldTypeInteger 99

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomSeccionLineaGravedad**
- FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
- MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Circular: esriFieldTypeString Circular
- Herradura: esriFieldTypeString Herradura
- Rectangular: esriFieldTypeString Rectangular
- Desconocido: esriFieldTypeString Desconocido

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomEstadoFisValvula**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
+ SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDefaultValue
- Bueno: esriFieldTypeString BU
- Falta Tapa: esriFieldTypeString FT
- Sin Cabezote: esriFieldTypeString SC
- Nivelar Camara: esriFieldTypeString NC
- Loca Desconocida: esriFieldTypeString LD
- Loca Abierta: esriFieldTypeString LA
- Loca Cerrada: esriFieldTypeString LC
- Trabada: esriFieldTypeString TR
- Inaccesible: esriFieldTypeString IN
- Desaguar: esriFieldTypeString DE
- Perdida: esriFieldTypeString PE
- Cambiar Tapa: esriFieldTypeString CA
- Tiene Fuga: esriFieldTypeString TF
- Otro: esriFieldTypeString OT

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomEstadoFisHidrante**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
+ SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Bueno: esriFieldTypeString BU
- Falta Tapa Superior: esriFieldTypeString FTS
- Falta Boquerel: esriFieldTypeString fb
- Falta Pintar: esriFieldTypeString FP
- Levantar Nivel: esriFieldTypeString LN
- Relocalizar: esriFieldTypeString RL
- Fuga: esriFieldTypeString FU
- Reinstalar: esriFieldTypeString RI
- Por Renovar: esriFieldTypeString PR
- Falta Mantenimiento: esriFieldTypeString FM

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomEstadoOperacion**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Desconocida: esriFieldTypeString D
- Abierto: esriFieldTypeString A
- Cerrado: esriFieldTypeString C

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomUbicacion**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Desconocida: esriFieldTypeString DES
- Generico: esriFieldTypeString GE
- By Pass: esriFieldTypeString BP
- Hidrante< unspecified> = HI

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomMaterialRasante**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Concreto: esriFieldTypeString Concreto
- Asfalto: esriFieldTypeString Calzada
- Adoquin: esriFieldTypeString Adoquin
- Recebo: esriFieldTypeString Recebo
- Tierra: esriFieldTypeString Tierra

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoRasante**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Anden: esriFieldTypeString Anden
- Calzada: esriFieldTypeString Calzada
- Zona Verde: esriFieldTypeString Zona Verde

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomAplicaNumDob**
+ FieldType: esriFieldTypeDouble: esriFieldTypeDouble
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- NA : esriFieldTypeDouble 9999

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomClaseTapon**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Desconocida: esriFieldTypeString DES
- Con Brida: esriFieldTypeString CB
- Con Soldadura: esriFieldTypeString CS
- Con Union: esriFieldTypeString CU

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomClaseTee**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Desconocida: esriFieldTypeString DES
- Reducida: esriFieldTypeString RED
- Normal: esriFieldTypeString NOR

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomCodoRed**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- C 90 : esriFieldTypeString C90
- CV 90 : esriFieldTypeString CV90
- C 45 : esriFieldTypeString C45
- CV 45 : esriFieldTypeString CV45

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoAgua**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Agua Tratada: esriFieldTypeString Tratada
- Agua Combinada: esriFieldTypeString Combinada
- Agua Potable: esriFieldTypeString Potable
- Agua Cruda: esriFieldTypeString Cruda
- Agua Recuperada: esriFieldTypeString Recuperada
- Agua Residual: esriFieldTypeString Residual
- Agua Lluvia: esriFieldTypeString Lluvia

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomEstadoRed**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Servicio: esriFieldTypeString SE
- Fuera Servicio: esriFieldTypeString FS

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomFuncionValvula**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
+ SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDefaultValue
- Valvula Generica: esriFieldTypeString VAL
- Cierre Permanente: esriFieldTypeString VCP
- Cierre Temporal: esriFieldTypeString VCT
- Aislamiento Total: esriFieldTypeString VAT

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomClaseTanque**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
+ SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDefaultValue
- Cilindrico: esriFieldTypeString CIL
- Prismatico: esriFieldTypeString PRI
- Irregular: esriFieldTypeString IRR
- Elipticc: esriFieldTypeString ELI
- No Aplica: esriFieldTypeString NA

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomClaseReduccion**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- EXC: esriFieldTypeString Excentrica
- CON: esriFieldTypeString Concentrica
- DES: esriFieldTypeString Desconocida

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoObra**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Cambio Válvula: esriFieldTypeString O01
- Instalación Nueva Válvula: esriFieldTypeString O02
- Renovación Red: esriFieldTypeString O03
- Reubicación Redes: esriFieldTypeString O04
- Desvío: esriFieldTypeString O05
- Tapones: esriFieldTypeString O06
- Empates: esriFieldTypeString O07
- Instalación y Empates: esriFieldTypeString O08
- Instalación Hidrante: esriFieldTypeString O09
- Prolongación: esriFieldTypeString O10
- Retiro Hirante: esriFieldTypeString O11
- Retiro Válvula: esriFieldTypeString O12
- Retiro VRP: esriFieldTypeString O13

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomMaterialLinea**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Hierro Ductil: esriFieldTypeString HD
- Hierro Fundido: esriFieldTypeString HF
- Cloruro de Polivinilo: esriFieldTypeString PVC
- Asbesto Cemento: esriFieldTypeString AC
- Polietileno Alta Densidad: esriFieldTypeString PE
- Hierro Acerado: esriFieldTypeString HA
- Acero: esriFieldTypeString A
- Hierro Galvanizado: esriFieldTypeString HG
- Concreto Reforzado: esriFieldTypeString CR
- Cobre: esriFieldTypeString CU
- Concrete Cylinder Pipe: esriFieldTypeString CCP
- Postensado Concrete Cylinder Pipe: esriFieldTypeString PCCP
- Pipe Flex Ultra Densidad: esriFieldTypeString PF+UA
- Desconocido: esriFieldTypeString DES
- Otro: esriFieldTypeString Otro

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomDiametro**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeDouble
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDefaultValue
- 1/2": esriFieldTypeDouble 0.5
- 3/4": esriFieldTypeDouble 0.75
- 1": esriFieldTypeDouble 1
- 1 1/2": esriFieldTypeDouble 1.5
- 2": esriFieldTypeDouble 2
- 2 1/2": esriFieldTypeDouble 2.5
- 4": esriFieldTypeDouble 4
- 6": esriFieldTypeDouble 6
- 8": esriFieldTypeDouble 8
- 10": esriFieldTypeDouble 10
- 12": esriFieldTypeDouble 12
- 14": esriFieldTypeDouble 14
- 16": esriFieldTypeDouble 16
- 18": esriFieldTypeDouble 18
- 20": esriFieldTypeDouble 20
- 24": esriFieldTypeDouble 24
- 36": esriFieldTypeDouble 36
- 42": esriFieldTypeDouble 42
- 48": esriFieldTypeDouble 48
- 60": esriFieldTypeDouble 60
- 72": esriFieldTypeDouble 72
- 78": esriFieldTypeDouble 78
- 86": esriFieldTypeDouble 86
- Desconocido: esriFieldTypeDouble 0
- Otro: esriFieldTypeDouble -1

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomClaseUnion**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
+ SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDefaultValue
- Gibault: esriFieldTypeString GIB
- De Reparacion: esriFieldTypeString RE
- Dresser: esriFieldTypeString DR
- Otra: esriFieldTypeString Otra
- Desconocida: esriFieldTypeString DES
- Mecanica: esriFieldTypeString ME
- Manguito: esriFieldTypeString MA
- Multisolo Universal: esriFieldTypeString MU
- Soldada: esriFieldTypeString MS
- PVC: esriFieldTypeString PVC
- Tripiec: esriFieldTypeString TR
- DobleZ: esriFieldTypeString DZ
- Adaptador Generico: esriFieldTypeString AG

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomClasePlanta**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Convencional: esriFieldTypeString CON
- Filtracion Directa: esriFieldTypeString FIL
- Directa: esriFieldTypeString DIR
- Compacta: esriFieldTypeString COM

«RangeDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomDiametroAcceso**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeInteger
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
+ SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDefaultValue
+ MinValue: esriFieldTypeInteger 0
+ MaxValue: esriFieldTypeInteger 72

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoOperacion**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Troncal: esriFieldTypeString TR
- Matriz: esriFieldTypeString MZ
- Primaria: esriFieldTypeString PR
- Secundaria: esriFieldTypeString SE

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomClaseUso**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Comercial: esriFieldTypeString CO
- Residencial: esriFieldTypeString RE
- Industrial: esriFieldTypeString IN
- Multiusuario: esriFieldTypeString MU

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoSensorScada**
- FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
- MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Amperage: esriFieldTypeString Amp
- Cloro Residual: esriFieldTypeString CR
- Chlorine Tank Weight: esriFieldTypeString CTW
- Profundidad: esriFieldTypeString Profun
- Presion Descarga: esriFieldTypeString PD
- Elevacion: esriFieldTypeString Elev
- Flujo: esriFieldTypeString Flujo
- Presion: esriFieldTypeString Presion
- Presion Succion: esriFieldTypeString PS
- Nivel Tanque: esriFieldTypeString NT
- Temperatura: esriFieldTypeString Temp
- Turbiedad: esriFieldTypeString Turbiedad
- Velocidad: esriFieldTypeString Velocidad
- Voltage: esriFieldTypeString Volt
- Nivel Pozo: esriFieldTypeString NP

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomCalidadDato**
- FieldType< unspecified> = esriFieldTypeInteger
- MergePolicy: esriMergePolicyType: esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy: esriSplitPolicyType: esriSPTDefaultValue
- Bueno: esriFieldTypeInteger 0
- Regular: esriFieldTypeInteger 1
- Malo: esriFieldTypeInteger 2
- Desconocido: esriFieldTypeInteger 3

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoTuberia**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Expresa: esriFieldTypeString E
- Impulsion: esriFieldTypeString I

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoAcceso**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
+ SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDefaultValue
- Circular: esriFieldTypeString CIR
- Elipse: esriFieldTypeString ELI
- Desconocido: esriFieldTypeString DES

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomClaseOT**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Reparar Tuberias: esriFieldTypeString B01
- Reparar, Instalar Accesorios: esriFieldTypeString B02
- Cambiar Válvulas: esriFieldTypeString B03
- Reparar, Instalar Hidrantes: esriFieldTypeString B04
- Mantenimiento VRP: esriFieldTypeString B05
- Reconstrucción Mampostería: esriFieldTypeString B06
- Recoger Sobrantes: esriFieldTypeString B07
- Reparar, Instalar Acometidas: esriFieldTypeString B08
- Reparar, Instalar Totalizadoras: esriFieldTypeString B09
- Instalar, Cambiar Medidores: esriFieldTypeString B10
- Taponamiento: esriFieldTypeString B11
- Instalar Redes: esriFieldTypeString B12

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomClaseCodo**
+ FieldType: esriFieldTypeString: esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- C22.5: esriFieldTypeString C22.5
- C11.25: esriFieldTypeString C11.25
- CHG: esriFieldTypeString CHG
- CV22.5: esriFieldTypeString CV22.5
- CV11.25: esriFieldTypeString CV11.25
- CVG: esriFieldTypeString CVG

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomBoolean**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeSmallInteger
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Falso: esriFieldTypeSmallInteger 0
- Verdadero: esriFieldTypeSmallInteger 1

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoValvulaRegulacion**
- FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
- MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Flujo: esriFieldTypeString Flujo
- Presion: esriFieldTypeString Presion

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoMedicion**
+ FieldType< unspecified> = esriFieldTypeString
+ MergePolicy< unspecified> = esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy< unspecified> = esriSPTDuplicate
- Permanante: esriFieldTypeString P
- Transitoria: esriFieldTypeString T

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomCodSuspencion**
- FieldType< unspecified> = esriFieldTypeInteger
- MergePolicy: esriMergePolicyType: esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy: esriSplitPolicyType: esriSPTDefaultValue
- Programado: esriFieldTypeInteger 1
- Imprevisto: esriFieldTypeInteger 4

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomEstadoERP**
- FieldType: esriFieldTypeString
- MergePolicy: esriMergePolicyType: esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy: esriSplitPolicyType: esriSPTDefaultValue
- Construida Funcionando: esriFieldTypeString CF
- Construida No Funcionando: esriFieldTypeString CNF
- No Construida: esriFieldTypeString NC

«CodedValueDomain»
Dominios Clase Acueducto::**aDomTipoEquipoRegulador**
- FieldType: esriFieldTypeString
- MergePolicy: esriMergePolicyType: esriMPTDefaultValue
- SplitPolicy: esriSplitPolicyType: esriSPTDefaultValue
- VRP: esriFieldTypeString VRP
- Tanque: esriFieldTypeString TAN

Objeto Estructura Control, equipos cuyo propósito es controlar el suministro del agua, regular presiones y caudales.

Objeto Estructura Red, son equipos o instalaciones para almacenar agua o elevar las presiones.

2) Líneas de acueducto.

Objeto Línea Presurizada, son redes de transmisión y de distribución que transportan el agua desde los puntos de captación hasta los puntos de consumo.

Objeto Línea Lateral, son tramos de tuberia que conectan las redes de distribución con los puntos de consumo los cuales son hidrantes y medidores.

Objeto Línea Gravedad, son canales abiertos por donde se conduce el agua a plantas de tratamiento.

B. Clase Abstracta Red Acueducto.

La red de acueducto es la clase que permite interrelacionar los diferentes objetos del modelo para que cumplan con ciertas reglas de conectividad.

C. Clase Abstracta Elementos Pasivos.

Los elementos pasivos son accesorios que se encuentran en la red que no afectan la geometría de la misma pero densifican la red de acueducto haciéndola más pesada para su rendimiento, por esta razón estos accesorios se encuentran sobrepuestos en la red pero no son parte activa de ella. Estos elementos son instrumentos de medición o codos de ángulos pequeños.

1) Elemento Pasivo Acueducto.

Objeto Sensor Scada, es elemento para realizar mediciones remotamente.

Objeto Instrumento Medición, son los instrumentos usados para medir presión, velocidad y caudal en la red de distribución.

Objeto Orden trabajo, son órdenes de mantenimiento o de inspección sobre cualquier equipo de la red de acueducto.

Objeto Accesorio Pasivo, son accesorios que complementan la geometría de la red, no son parte activa de la red de acueducto.

Objeto Estación Muestreo, elementos de la red utilizados para tomar muestras de agua con fines de análisis en el laboratorio.

Objeto ERP, Estaciones reductoras de presión, cuenta con un conjunto de válvulas para controlar la presión aguas abajo en la red de acueducto.

2) *Protección Línea de acueducto.*

Objeto Cubrimiento, es un sistema de protección contra los daños físicos instalados generalmente debajo de las vías férreas, tráfico pesado o cuando la red está muy superficial.

Objeto Protección Empuje, es un sistema de protección para prevenir movimiento de las tuberías.

Objeto Catódica, sistema de protección eléctrico para la prevención de corrosión en tuberías metálicas producto del contacto con el agua o suelo.

6.4.2.2 Creación del modelo de datos de gestión de acueducto.

En esta instancia se presenta el diseño modelo de datos geográficos de gestión empresarial en donde se estructuran los datos necesarios para evaluar los indicadores de gestión previamente definidos. En la Figura 30 se presenta el esquema general del modelamiento lógico del modelo de datos geográficos de gestión empresarial.

Figura 30. Modelamiento lógico de datos geográficos de gestión empresarial.

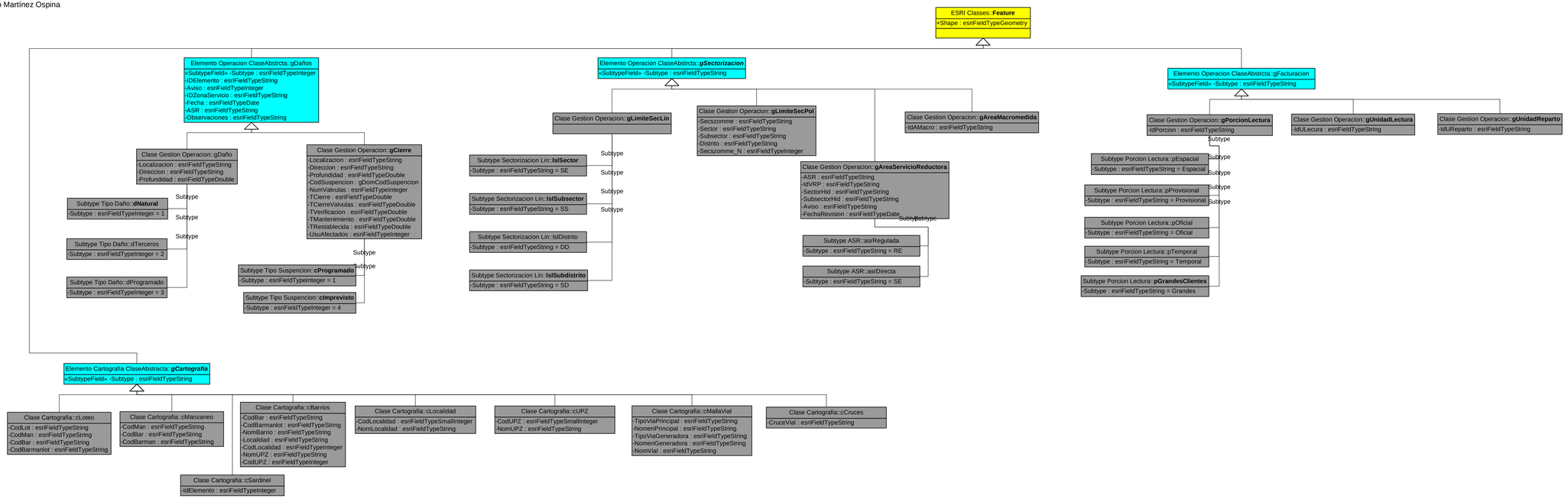
MODELO DE DATOS GESTION ACUEDUCTO AGUAS KAPITAL

Modelo de gestión, Julio 2009

Modelo de datos Gestión acueducto, con base en la información de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

Subsistemas de Clases – GESTION ACUEDUCTO

Diseñado por: Diego Martínez Ospina



A continuación se describe cada uno de los componentes del modelo.

A. Clase abstracta Sectorización.

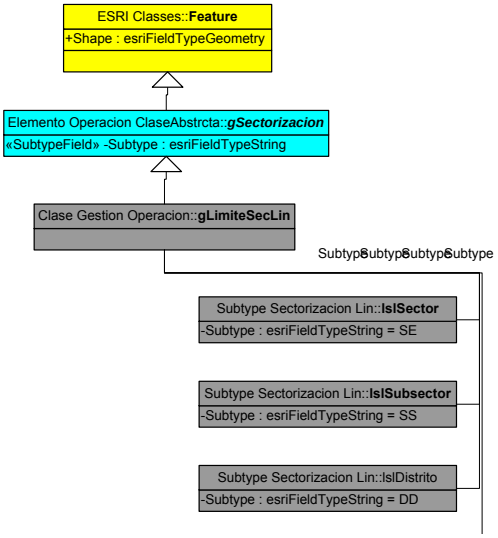
Objeto Limite Sectorización tipo Línea.

Corresponde al límite de la sectorización hidráulica y se define como una línea que divide dos áreas de sectorización. Según el nivel de dichas áreas se especifica el tipo de símbolo, ver en la Tabla 31. El atributo del objeto es el tipo de límite. Para mantener la estructura topológica, se han definido reglas de conectividad para el objeto línea de sectorización como: todas las líneas deben estar conectadas. El objeto está definido según el modelo de datos como se presenta en la Figura 31.

Tabla 31. Símbolos para la línea de sectorización.

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN SÍMBOLO	DEFINICIÓN
	Línea línea, morado	Delimita los sectores
	Línea, punto, color azul	Delimita los subsectores
	Línea punto punto, color verde	Delimita los distritos
	Línea punto punto punto, color café	Delimita los sudistritos

Figura 31. Objeto Límite de sectorización tipo línea.



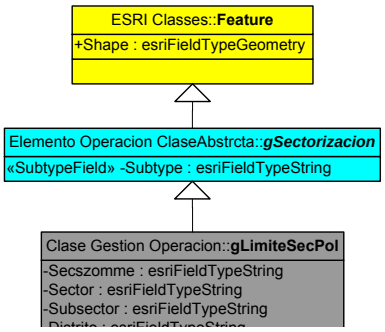
Objeto Limite Sectorización Polígono.

Corresponde a la sectorización hidráulica y se define como el área que contiene cierta cantidad de redes, identificando las entradas principales de flujo. Cada área es hidráulicamente independiente o en algún momento puede aislarse. Existen cuatro niveles sectorización: sector, subsector, distrito y subdistrito. Este objeto es de tipo polígono. Los atributos asociados se presentan en la Tabla 32. La estructura del objeto se aprecia en la Figura 32.

Tabla 32. Atributos para Limite sectorización línea.

ATRIBUTO	DESCRIPCION
Secszomme	Identificación del área.
Sector	Unidad de mayor nivel de sectorización.
Subsector	Segundo nivel de sectorización.
Distrito	Tercer nivel de sectorización.
Subdistrito	Cuarto nivel de sectorización

Figura 32. Objeto Límite de sectorización tipo polígono.



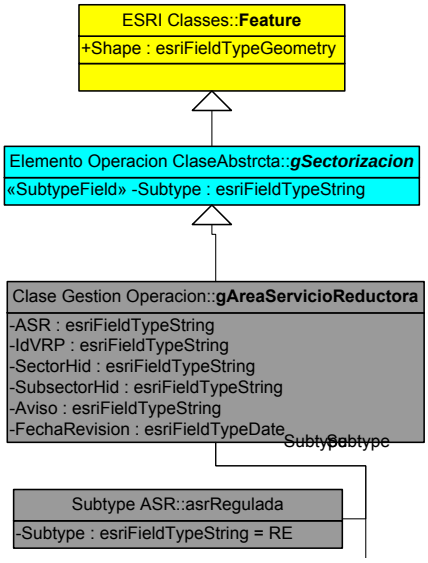
Objeto Área de Servicio de Reductora.

El área de servicio de reductora es el conjunto de redes de acueducto que están controladas por una la estructura de control ERP (Estructura Reductora de Presión) o en algunos casos por los tanques de distribución. Son áreas independientes con una sola entrada de flujo de agua y tiene la posibilidad de medir la cantidad de agua que entra. Las áreas son controladas para mantener uniforme la presión de servicio y evitar grandes cambios de presión que pueden generar daños en la red. En algunos casos las áreas no están controladas y tienen conexión directa con la red matriz o las ERP se encuentran en proceso de construcción. Estas áreas corresponden a las unidades mínimas espaciales UME. El objeto es de tipo polígono y la descripción de los atributos se observan en la Tabla 33. Ver Figura 33.

Tabla 33. Atributos para el área de servicio de reductora.

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
ASR	Identificación del área de servicio de reductora.
IdVRP	Identificación de Estructura reductora de presión.
SectorHid	Corresponde al nivel de sector de la sectorización.
SubsectorHid	Corresponde al nivel se sectorización de subsector.
Aviso	Orden de servicio de mantenimiento para verificar si se encuentra aislada o independiente.
FechaRevisión	Fecha cuando se ejecuta la orden de mantenimiento.

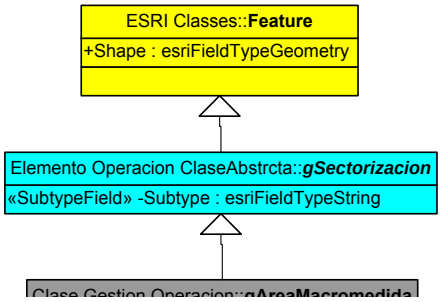
Figura 33. Objeto Área de servicio de reductora.



Objeto Área Macromedida.

Es el área que corresponde a las redes de acueducto medidas desde un instrumento de medición fijo a la sálida de una red matriz, generalmente corresponde a cierta cantidad de áreas de sectorización o de servicio de reductora servidas por una sola entrada de agua de red matriz; lo común es que la salida sea de un diámetro mayor a Ø12”. El atributo asociado es el IdMacro el cual es la identificación de cada área. La estructura del objeto según el modelo se observa en la Figura 34.

Figura 34. Objeto área macromedida.



B. Clase Abstracta Facturación.

Objeto Porción de Lectura.

La porción de Lectura es el área que comprende una cantidad de clientes a los que se toma lectura del medidor en máximo dos días calendario. La cantidad aproximada de clientes por porción es de 20.000. Las porciones de lectura están clasificadas según la clase de facturación:

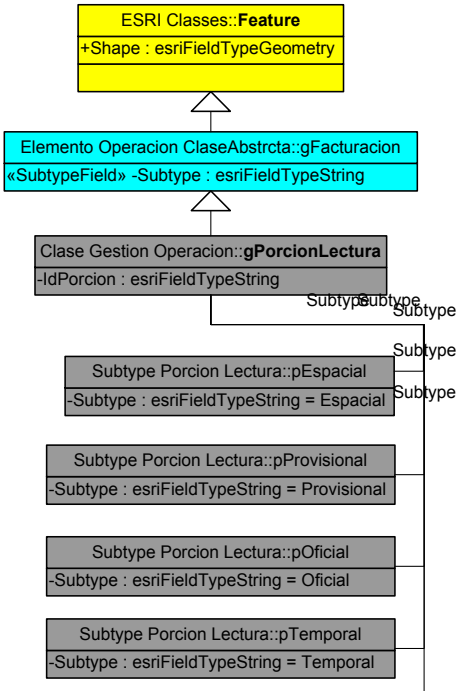
- Espacial: son usuarios normales que son facturados cada dos meses y se distribuyen geográficamente.
- Provisional: Son usuarios que se les factura cada dos meses con un consumo fijo, no tienen medidor, y se localizan en predios no legalizados por razones sociales, porque están afectados por alguna condición natural (deslizamientos) o planificación urbana (construcción de vías).
- Oficial: Son clientes institucionales cuyo pagador es la nación o el distrito.
- Temporal: Son clientes que se facturan cada mes y el uso del agua es autorizado por un año que puede ser prorrogable según las consideraciones técnicas de la Empresa de Acueducto. Se destinan para obras de construcción, circos, etc.
- Grandes Clientes: son clientes que facturan cada mes y sus consumos son mayores a 1.000 m3 / mes.

Los atributos del objeto porción de lectura están en la Tabla 34. La estructura del modelo de datos se observa en la Figura 35.

Tabla 34. Atributos para porción de lectura.

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
IdPorcion	Identificación de la porción
TipoPorcion	Identificación la clasificación de la porción..

Figura 35. Objeto Porción de Lectura.



Objeto Unidad de Lectura.

Es el área que está definida por la cantidad de clientes a los cuales un lector les puede leer los medidores durante un día, el número máximo de clientes por unidad es de 600. El atributo asociado es IdUlectura y es la identificación de la unidad de lectura. La estructura del objeto se aprecia en la Figura 36.

Objeto Unidad de Reparto.

La Unidad de reparto es el área definida por la cantidad de usuarios a los cuales el repartidor hace entrega de la factura en un solo día, la cantidad depende de la densidad de usuarios. Se identifica por IdUReparto. La estructura del objeto se observa en la Figura 37.

Figura 36. Objeto Unidad de Lectura.

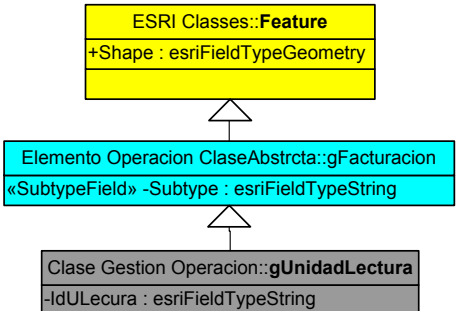
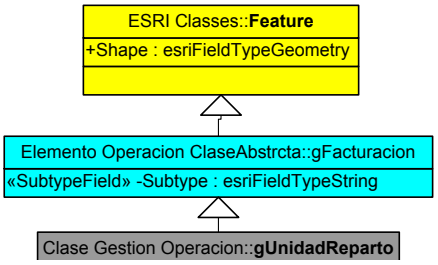


Figura 37. Objeto Unidad de reparto.



C. Clase Abstracta Daños.

Objeto Daños.

Son las intervenciones que se realizan para reparar la red de acueducto. Se clasifican en:

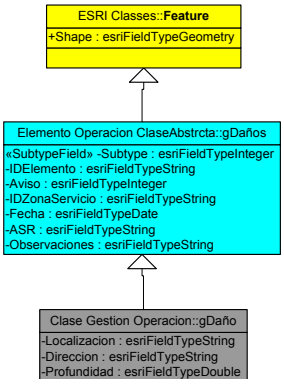
- Imprevistos: son los daños que aparecen en la red de acueducto sin ninguna advertencia.
- Por terceros: son los daños ocasionados por terceras personas como las construcciones.
- Programados: aunque no son daños, son intervenciones en la red que implican cerrar el suministro por un tiempo determinado.

Los atributos del objeto daños están descritos en la Tabla 35. En la Figura 38 se aprecia la estructura del modelo de datos para el objeto daños.

Tabla 35. Atributos del objeto daños.

ATRIBUTO	DESCRIPCION
IdElemento	Identificador interno.
Aviso	Es el número de orden de trabajo para reparar el daño.
IDZonaServicio	Es el identificador de la sectorización donde ocurrió el daño.
Subtipo	Tipo de daño. Imprevisto, programados, por terceros.
ASR	Es el identificador del área de servicio de reductora donde ocurrió el daño.
Observaciones	Es el atributo que se utiliza para indicar lo relativo al daño por ejemplo la persona que rompió la red.

Figura 38. Objeto Daños.



Objeto Cierres.

Es el área afectada por el cierre de válvulas. Mediante un cierre se deja sin suministro a varios tramos de red y paralelamente a los usuarios que dependen de esas tuberías. Los cierres se clasifican en:

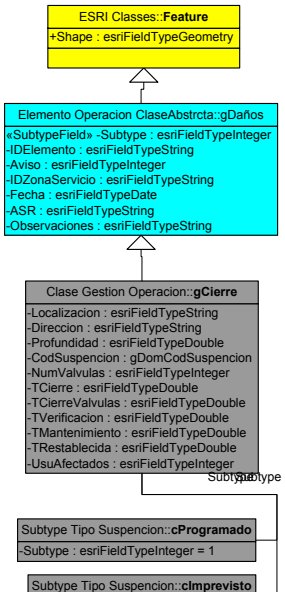
- Imprevistos: son cierres causados por daños imprevistos o por terceros.
- Programados: Son cierres programados con antelación para realizar un empate o reparar un tubería.

En la Tabla 36 se observan los atributos del objeto cierres. La estructura según el modelo de datos para el objeto cierres se observa en la Figura 39.

Tabla 36. Atributos del objeto cierres.

ATRIBUTO	DESCRIPCION
Localización	Es la ubicación o costado por donde está la red con respecto a la vía pública.
Dirección	Es el lugar donde se reparó el daño o se realizó el empate.
Profundidad	Es la medida de profundidad a la que se encontra el tubo.
CodSuspención	Define si es imprevisto o programado.
NumValvulas	Es el número de válvulas que fueron cerradas para lograr el cierre de la tubería.
TCierre	Tiempo de duración del cierre.
TCierreValvulas	Es el tiempo que duro el cierre de las válvulas.
TVerificación	Es el tiempo que utiliza el verificador para dar respuesta a un daño.
TMantenimiento	Es el tiempo empleado para realizar la reparación del daño.
TRestablecida	Es el tiempo utilizado para abrir las válvulas que fueron cerradas.
UsuAfectados	Es la cantidad de usuarios afectados por un cierre.

Figura 39. Objeto Cierres.



D. Clase Abstracta Cartografía.

El conjunto de datos geográficos denominados cartográficos son suministrados por instituciones gubernamentales, de modo que la información contenida en ellos no es responsabilidad de la EAAB o de Aguas Kapital.

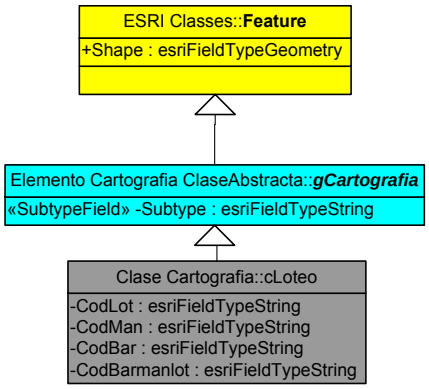
Objeto Loteo.

Son los predios catastrales que tiene la ciudad. Los atributos asociados al objeto se definen en la Tabla 37. La estructura del objeto se ve en la Figura 40.

Tabla 37. Atributos del objeto loteo.

ATRIBUTO	DESCRIPCION
CodLot	Es el código del predio dentro de la manzana catastral.
CodMan	Es el código de la manzana donde se ubica el lote.
CodBar	Es el código del barrio donde está incluida la manzana catastral.

Figura 40. Objeto Loteo.



Objeto Manzaneo.

Son las áreas catastrales que definen el límite de la construcción. En la Tabla 38 se definen los atributos del objeto manzaneo. La estructura del objeto se aprecia en la Figura 41.

Tabla 38. Atributos del objeto manzaneo

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
CodMan	Es el código de la manzana donde se ubica el lote.
CodBarMan	Es el código unido del barrio y la manzana.
CodBar	Es el código del barrio donde está incluida la manzana catastral.