

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y SOCIALES



**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG), PARA LA
ATENCIÓN OPORTUNA DE SINIESTROS**

**TESIS QUE
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN**

**PRESENTA
MARGARITA GONZÁLEZ ALEJANDRE**

Ensenada, B.C.

Agosto de 2010

Constancia de aprobación

Tesis presentada por Margarita González Alejandre, al siguiente Comité:

Directora de la Tesis:



Directora M.C. María Victoria Meza Kubo

Codirector de la Tesis:



Codirector M.C. Rodrigo Morteo Ortiz

Aprobado por el Sínodo:



Sínodo M.C. Evelio Martínez Martínez

**"A mis hijos Vicky y Gael,
por llegar a mi vida y darme la valentía de enfrentarla"**

Agradecimientos

Gracias a todos los que estuvieron presentes durante el Inicio y terminación de este proyecto y en especial...

A Dios por tantas cosas que me ha regalado.

A mis padres por heredarme su esfuerzo y dedicación.

A Vicky y Gael mis hijos, por darme la oportunidad de observar sus sonrisas que sencillamente reflejan amor y aliento hacia mi persona.

A Gabriel mi esposo, por el “tan sólo hecho” de estar en mi vida.

A la Universidad Autónoma de Baja California por impulsar la industria del conocimiento. A Rosa María Mancillas, por haber impulsado mi licenciatura mediante la beca, el cual creo que fue un paso crucial para el inicio y terminación de este y futuros proyectos. También agradezco a la Dra. Andrea L. Spears, por ofrecerme el realizar mis estudios de posgrado, al Mtro. Valencia, Coordinador de la MTIC, por jalarme las riendas para terminar este objetivo y a mis maestros, por que han sido mi guía durante estos últimos años.

Al comité integrado por la M.C. Victoria Meza, M.C. Rodrigo Morteo y el M.C. Evelio Martínez, por su ejemplo, tiempo, disposición y por haber compartido sus conocimientos conmigo.

Al Dr. Arámburo, por ofrecerme su respaldo para lograr este objetivo. Al Mtro. Walter y al C.P. Federico quienes han compartido su experiencia, conocimientos y por que estuvieron atentos en el seguimiento de este logro.

A mi Mayer por compartir sus éxitos y por esas porras que nunca las olvidaré.

A Gabita, quien mediante sus lecturas, aportaciones y apoyo incondicional se logra este objetivo.

A mis amigas y amigos que están conmigo siempre en las buenas y en las malas a los que he dejado de ver y con las que he dejado de jugar y compartir pero al final ¡siguen ahí en mi vida!

A los que dieron la funcionalidad a las versiones del sistema propuesto Juan Alberto Borrego, Karina Camorlinga y Jaime Alberto Morillon.

Ahh, olvidaba a Norita por leer estos agradecimientos...

Palabras Clave: Sistema de Información Geográfica (SIG); incendio e hidrante.

Resumen

En la actualidad se han creado tecnologías de información y comunicación (TIC) para la localización, evacuación, zonificación de áreas de alto riesgo, atención de llamadas de emergencia, entre otros. Una de estas TIC son los llamados Sistemas de Información Geográfica (SIG), las cuales aplicadas como apoyo a las actividades que realiza la Dirección de Bomberos y Protección Civil (DBPC), pueden brindar soporte en la toma de decisiones en caso de un siniestro.

Uno de los objetivos principales del presente trabajo es dar apoyo a la coordinación y comunicación de los involucrados en el control de incendios, y que durante el desarrollo de un siniestro, proporcione información oportuna y relevante sobre el estado y ubicación de hidrantes y focos de alto riesgo, entre otros. Dicha propuesta se desarrolla mediante un análisis de requerimientos utilizando la reingeniería de procesos siguiendo una adaptación de las metodologías *GIS Development Guides* y Modelo Evolutivo.

Se realizó un diseño del sistema en el que se encuentran inmersos los elementos de un SIG como los datos geográficos agregados en las capas de visualización. El sistema contiene además, la ubicación física de los hidrantes del Centro Histórico de la Ciudad de Ensenada, su estado actual y los datos descriptivos, así como las imágenes y la proyección de cobertura (125 metros de la redonda). El sistema fue implementado localmente y se realizó una evaluación del sistema por los usuarios finales, utilizando el Modelo de Aceptación Tecnológica - TAM (Davis, 1989). Los resultados muestran que los usuarios finales perciben en la herramienta la facilidad de uso y utilidad del sistema propuesto para el RO en caso de un incendio.

Tabla de Contenido

Introducción	1
Capítulo 1. Marco Teórico	11
1.1. Equipo de control de incendios	11
1.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	12
1.3. Trabajos relacionados bajo el concepto de los SIG	14
1.4. Aplicaciones de los SIG	18
1.5. Elementos de información en los SIG	20
1.5.1.Datos en los SIG	20
1.5.2.Sistema de coordenadas	20
1.5.3.Sistema de referencia	21
1.5.4.Proyección de coordenadas	22
1.5.5.Modelos espaciales de datos	24
Capítulo 2. Metodología	28
2.1. Análisis de requerimientos	30
2.2. Propuesta	31
2.3. Diseño conceptual del SIG	32
2.4. Evaluación de <i>Hardware</i> (HW) y <i>Software</i> (SW)	33
2.5. Diseño y Construcción de la Base de Datos (BD)	34
2.5.1.Identificación de los datos de los hidrantes	35
2.6. Integración del sistema del SIG	36
2.7. Desarrollo del SIG	37
2.7.1.Análisis del Sistema	37
2.7.2.Diseño del Sistema	37
2.7.3.Implementación del Sistema	37
2.7.4.Evaluación del Sistema	38
Capítulo 3. Desarrollo	39
3.1. Análisis de requerimientos	39
3.1.1.Situación Actual	39

3.1.2.	Modelado del Sistema Actual	40
3.1.3.	Descripción del Sistema Actual (Visualización gráfica del AVL)	44
3.1.4.	Características generales del visualizador AVL	44
3.1.5.	Información del Visualizador AVL	44
3.1.6.	Problemática Actual	45
3.2.	Propuesta	45
3.2.1.	Descripción del Sistema	45
3.2.2.	Aspectos sociales y técnicos de la propuesta	46
3.2.3.	Modelado de la Propuesta	49
3.2.4.	Análisis del Sistema	51
3.3.	Diseño conceptual del SIG	53
3.3.1.	Modelado de datos	53
3.3.2.	Modelo Entidad – Relación	53
3.3.3.	Requerimientos del SIG	55
3.3.4.	Diseño de datos de SIG	57
3.3.5.	Diseño de Bases de Datos (BD)	57
3.3.6.	Diseño de los metadatos en el sistema	58
3.4.	Evaluación de <i>Hardware</i> (HW) y <i>Software</i> (SW)	59
3.5.	Diseño y Construcción de la BD	60
3.5.1.	Entidades y atributos del sistema	60
3.6.	Integración del SIG	62
3.7.	Desarrollo del SIG	63
3.7.1.	Análisis del Sistema	63
3.7.2.	Diseño del Sistema	66
3.7.3.	Implementación del Sistema	70
Capítulo 4.	Evaluación y Resultados	74
4.1.	Evaluación del sistema propuesto	75
4.2.	Resultados	77
4.2.1.	Facilidad de Uso	77
4.2.2.	Percepción de utilidad	78
4.3.	Discusión	79

Capítulo 5.Conclusiones	82
Capítulo 6.Recomendaciones y Trabajo Futuro	85
Anexos	86
Referencias	100

Lista de Figuras

Número	Página
Figura 0.1 Actores que intervienen en un Incendio	5
Figura 0.2 Área de estudio -Centro Histórico de Ensenada, B.C.	10
Figura 1.1 Gestión integral de emergencia y el papel de los SIG	17
Figura 1.2 Utility GIS Solutions	19
Figura 2.1 Metodología de <i>GIS Development Guides</i>	28
Figura 2.2 Modelo Evolutivo.....	29
Figura 2.3 Metodología propuesta realizada mediante la combinación de Metodologías <i>GIS Development Guides</i> y el Modelo Evolutivo	30
Figura 2.4 Levantamiento de información de hidrantes	35
Figura 2.5 Archivos que se generan con la herramienta ArcMap 9.2®.....	36
Figura 3.1 Proceso de llamada de emergencia 066.....	40
Figura 3.2 Diagrama de Flujo del proceso Actual	41
Figura 3.3 Gráfica Rica del proceso de llamada de emergencia al 066.....	42
Figura 3.4 Gráfica de Roles y Actividades del proceso actual	43
Figura 3.5 Visualizador Cartográfico AVL del C4.	44
Figura 3.6 Gráfica Rica de la propuesta.....	49
Figura 3.7 Gráfica de Roles y Actividades del proceso a proponer.....	50
Figura 3.8 Ejemplo de relación actual de hidrantes en Ensenada	52
Figura 3.9 Diagrama Entidad Relación de la base de datos del sistema	54
Figura 3.10 Modelo Entidad-Relación de los datos espaciales del sistema.....	55
Figura 3.11 Diagrama de clases de la BD del sistema.....	58
Figura 3.12 Metadatos de cobertura de hidrantes según FGCD.....	59
Figura 3.13 Estructura de archivos del sistema propuesto	62
Figura 3.14 Estructura de datos geoespaciales	62
Figura 3.15 Caso de Uso de Acceso al Sistema	67
Figura 3.16 Caso de Uso de consulta de Metadatos y solicitudes de actualización de información.....	67
Figura 3.17 Caso de Uso de Impresión de reportes y mapas	68

Figura 3.18 Caso de Uso de visualización y consulta de información del sistema	68
Figura 3.19 Diagrama Deployment	69
Figura 3.20 Sistema propuesto con visualización de cartografía	70
Figura 3.21 Sistema propuesto con visualización de imagen digital.	71
Figura 3.22 Formulario de mostreo de datos del un hidrante consultado	71

Introducción

El crecimiento de las ciudades crea necesidades de instalación y prestación de servicios básicos a la ciudadanía, como lo es el agua, luz, drenaje, vialidades y transporte, entre otros. La dinámica de los seres humanos ha generado en la actualidad diversas necesidades sociales tales como: los servicios de comunicación (Internet y el teléfono) y el de protección civil, que hoy en día realiza diversas actividades para salvaguardar la vida de los seres humanos y su patrimonio.

La protección civil es una responsabilidad social y sobre todo gubernamental, por ello, se han hecho esfuerzos para realizar, de la mejor manera, dicha responsabilidad, donde se cubren emergencias como son: fuga de gas, derrame de líquidos químicos, asistencia en accidentes e incendios, entre otros.

En este sentido, debido a la planeación y el desarrollo sustentable de las ciudades, se observa la necesidad de mejorar el Sistema de Información Geográfica (SIG), porque se identifica la falta de información y la desactualización de la misma, ya que en la actualidad se utiliza a los SIG como una herramienta de apoyo para la gestión de infraestructuras, análisis de las ciudades, mejoramiento del medio ambiente, turismo, transporte, seguridad, ciudades futuras y sobre todo para la prevención de riesgos para la ciudadanía y sus propiedades (Angiux, 2009).

En la ciudad de Ensenada, el control de incendios es coordinado por La Dirección de Bomberos y Protección Civil de Ensenada, B.C. (DBPC); asimismo planea la prevención de los mismos y responde a éstos con el personal necesario para combatirlos. Dentro de la prevención de siniestros se establecen diversas medidas, como: el mantenimiento preventivo y correctivo de los hidrantes de la ciudad, la capacitación a personal, la asignación de recursos para la adquisición de equipo contra incendios, entre otros (Nieto, 2009).

Para el presente estudio se ha identificado mediante las entrevistas al personal de la DBPC, que los principales requerimientos para el control de incendios son los siguientes: El Cuerpo de Bomberos con su equipo de protección y de comunicación; la bombera y su equipo; los hidrantes de la ciudad; el conocimiento de la ubicación del incendio y de los hidrantes más cercanos a la emergencia.

Para la localización o ubicación del incendio y de los hidrantes contra incendios, es necesario contar con el apoyo del Radio Operador (RO) de la DBPC, quien es parte fundamental para el control de incendios, ya que da seguimiento a la cobertura de las emergencias mediante el uso de las herramientas que le proporciona el Centro de Control, Comando, Comunicación y Cómputo (C4), el cual cuenta con una infraestructura tecnológica concentrada en un edificio, para apoyo a los Radio Operadores de las diversas corporaciones que cubren los servicios de emergencia (RO de policía municipal, RO de Cruz Roja, entre otros). Estas herramientas incluyen: la utilización de equipo de comunicación, el uso de equipos de cómputo así como la consulta del SIG.

Sin embargo, una de las dificultades para llevar a cabo las actividades del RO de la DBPC es la escasez de información en lo referente a la ubicación de los hidrantes, puntos de referencia y sitios concurridos que se encuentran en los SIG de apoyo de la ciudad de Ensenada (García, 2009).

Marco de referencia

Al hablar de emergencias y en el caso específico de incendios en otras ciudades del mundo, se han planteado soluciones, tales como: leyes, reglamentos, proyectos y procesos de mantenimiento de los hidrantes.

Algunas estas soluciones son las siguientes:

- **Caso Colombia: Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público.** En base al crecimiento de la población, conflagraciones, obsolescencia del equipo contra incendios y de la inexistencia de responsabilidad de los equipos contra incendios, la Asamblea Legislativa de

Costa Rica, identifica la necesidad de hidrantes, así como su mantenimiento y reparación (Sánchez C. F., Chacón E. A. E, Taitelbaum Y. Bravo P. S., Gutiérrez G. C., Massey M.G.H., López A., Tinoco C. F., 2009).

- **Caso Ponce Puerto Rico: Reparar Hidrantes.** Se presenta un plan de reparación de hidrantes (300 hidrantes de Ponce, Puerto Rico) de 3000 hidrantes existentes. La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados menciona que es necesario establecer las acciones de vigilancia, reparación y mitigación de incendios, apoyando esto a los servicios de emergencia (Rodríguez, 2009).
- **Caso Managua: Bomberos: “Están en mal estado o sin agua”, Managua casi no tiene hidrantes.** El presente título describe las problemáticas existentes en caso de incendio de Managua, entre estas problemáticas se visualiza que existe una escasa utilización de hidrantes por que presentan problemas de vandalismo, falta de reparación, cortes de agua e inexistencia en lugares estratégicos (Álvarez, 2010).
- **Caso Somerton, Arizona: Proyecto de Reemplazo de las Líneas de Distribución de Agua Potable (Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza).** Proyecto que contempla la planeación de servicios para mantener la infraestructura de red hidráulica en buen estado, mediante el reemplazo de hidrantes, tomas domiciliarias, medidores de agua y demás (Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, 2000).

Por lo anterior, se observa que ya existe una percepción global de la creación e implementación de mecanismos de solución para el mantenimiento, ubicación y conocimiento de la información de un hidrante, destacando la necesidad de proyección de un servicio útil a la ciudadanía.

Antecedentes

En el período comprendido entre el 09 de enero del 2006 y el 24 de septiembre de 2009, los periódicos locales “El Mexicano” y “El Vigía” reportaron 70 incendios urbanos que se generaron en diferentes puntos de la ciudad de Ensenada cobrando en algunos casos pérdidas humanas, así como daños en casa-

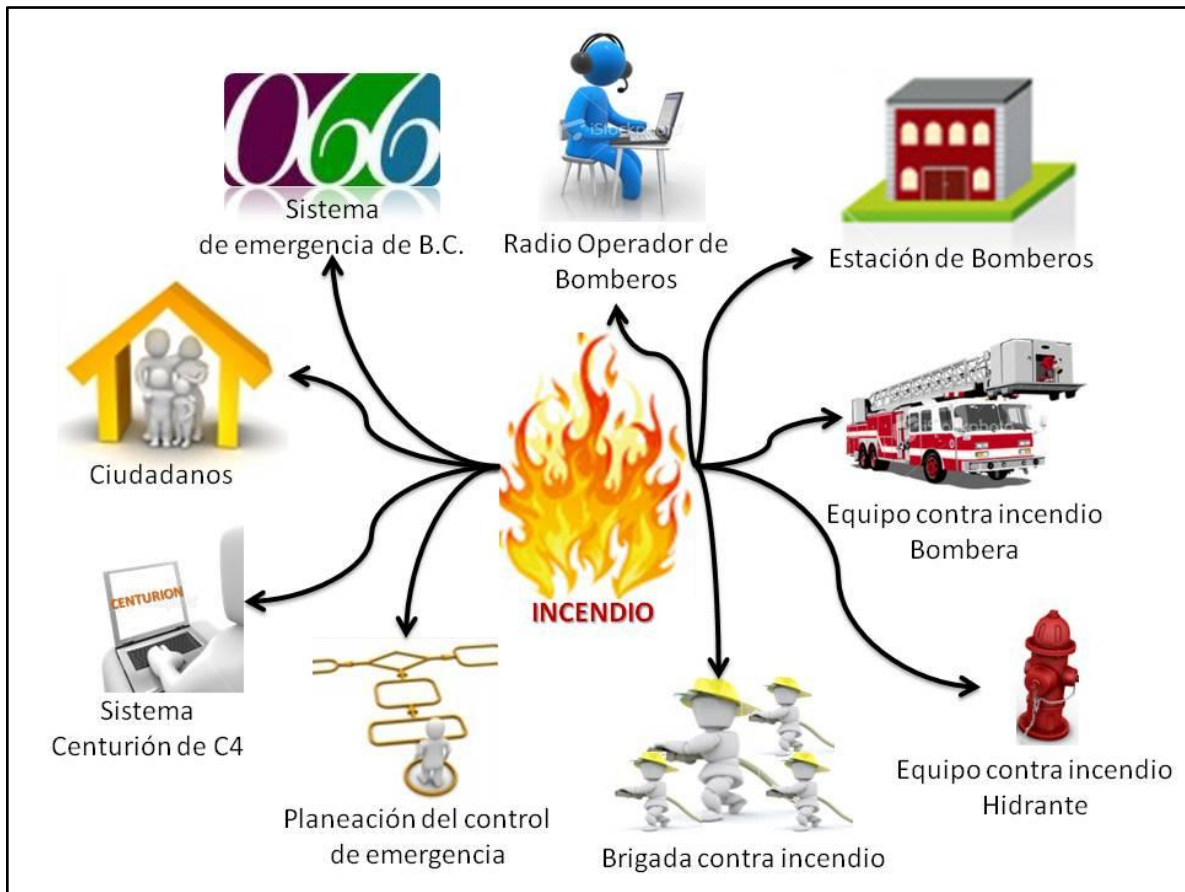
habitación, comercios, industrias y cuantiosas pérdidas económicas. De esta recolección se retoma una nota periodística denominada “Arrasa Fuego con la Abarrotera”; este comercio contaba con 40 años de antigüedad y se menciona que la magnitud del siniestro requirió de toda la fuerza operativa. Asimismo, indica que uno de los obstáculos para mitigar el incendio fue la falta de presión de agua del hidrante más cercano (Madrigal, 2006). Este es un claro ejemplo de cómo la información oportuna del estado y ubicación de los hidrantes es sustancial para la toma de decisiones en caso de un siniestro.

Estos riesgos pueden ser mitigados de manera más eficiente, pero es necesario contar con los mecanismos y herramientas necesarias para el control de incendios (Nieto, 2009).

Para tal efecto, el C4 mantiene una estrecha relación con la DBPC a través de un RO en turno, quien funge como coordinador en el proceso de ubicación de incendios y proporciona apoyo a la identificación de los siguientes datos: estación de bomberos a la que le corresponde controlar el incendio, estación más cercana que dará apoyo a la asignada, hidrantes cercanos a un siniestro, así como la ubicación de los focos rojos, es decir, los edificios de alta concurrencia y los establecimientos con equipo de alto riesgo.

De esta manera, se identifica que en el proceso de atención de un incendio intervienen diversos actores como: el servicio 066, el RO de la DBPC, la estación de bomberos, la brigada contra incendio (4 elementos por bombera), el equipo contra incendio, los ciudadanos, la planeación y control de la emergencia así como el sistema centurión. Actores que serán beneficiados al contar con información actualizada utilizando el Sistema propuesto (ver Figura 0.1).

Figura 0.1 Actores que intervienen en un Incendio



El sistema actual de visualización que utiliza el C4 se llama “Sistema Centurión” y es proporcionado a las corporaciones de auxilio como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones. En él se identificó una oportunidad de mejora, ya que la información con la que cuenta no está actualizada o está incompleta. Como fue mencionado anteriormente, el RO debe contar con información veraz y oportuna para el control de siniestros; sin embargo, actualmente sólo cuenta con información general de la denuncia del siniestro, el domicilio y un SIG que sólo utiliza como referencia de colonias y calles para la ubicación de la emergencia denunciada.

Objetivo General

El presente estudio tiene como objetivo general, proponer un Sistema de Información Geográfica (SIG) que contribuya a la toma de decisiones oportunas por parte del personal de la DBPC (RO de C4), en la atención de siniestros del municipio de Ensenada, B.C.

Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar las características de un SIG de apoyo para la atención oportuna de emergencias de incendio para el RO de C4 con un alcance del polígono del Centro Histórico de la Ciudad de Ensenada, B.C.
2. Desarrollar el sistema en una aplicación de escritorio.
3. Evaluar la aceptación, usabilidad y utilidad el sistema propuesto en base al apoyo que ofrezca para la identificación de hidrantes y control de incendios por parte del RO.

Justificación

En la ciudad de Ensenada, se ha observado la importancia de ubicar, mantener y controlar el equipo contra incendios; asimismo se ha identificado la escasez de información efectiva, útil y oportuna de los mismos.

En el caso de una emergencia, los hidrantes son herramientas de control de incendios primordiales que deben contar con un mantenimiento y presión de agua adecuada (según el tipo de hidrante), de ahí la importancia de contar con información para su localización oportuna durante un incendio.

El presente estudio apoyará las actividades de la DBPC, de los RO en turno, del Batallón de Bomberos así como al Gobierno Municipal para la toma de decisiones; y contará con una trascendencia social que puede ser reflejada en la atención oportuna en el caso de un incendio en el área de estudio y a la ciudadanía que se encuentre en riesgo cerca del área del incendio. Asimismo, el desarrollo de los

objetivos del estudio presentará información que se percibe como el inicio de futuros proyectos para la ciudad de Ensenada, como lo puede ser un contacto estrecho entre el sector gobierno, sector educativo y sector empresarial.

Por otra parte, el presente proyecto es relevante en apoyo a lo que establece el Sistema Nacional de Protección Civil que propone lo siguiente: Ampliar la capacidad instalada de los tres órdenes de gobierno mediante el equipamiento y el uso de herramientas tecnológicas y sistemas de información para lograr una mejor coordinación de los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil y un mayor acercamiento con la población (Sistema Nacional de Protección Civil, 2008).

Con un enfoque tecnológico e innovador, es posible crear un vínculo en las labores de la DBPC y las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) en el que se observa la oportunidad de enriquecer el proceso de localización física del equipo de control de incendios, de los focos rojos y puntos de referencia. Mediante este enfoque se contempla que las organizaciones, instituciones, inversionistas y las administraciones gubernamentales utilicen los SIG como una herramienta para mejorar los servicios de entrega, de planificación urbana, de localización y de investigación, entre otros (Oz, 2008), pues se conoce que todo Sistema de Información debe contar con información útil, veraz y oportuna, con el fin de apoyar de la mejor manera a los encargados de la toma de decisiones.

Área de oportunidad

En la actualidad no se lleva un control del mantenimiento preventivo y correctivo de los hidrantes; dichos procesos se realizan esporádicamente y en algunos casos no se ubican de manera eficiente por el personal de la DBPC, seguridad pública o la ciudadanía en general (Obregón, 2009).

En consecuencia, los registros de los hidrantes cuentan con información incompleta; la ubicación de hidrantes, el mantenimiento y el servicio de agua de

los mismos, no se conoce con certeza. Por tanto, la problemática se hace evidente al momento de la atención a un siniestro, cuando la brigada de bomberos asignada no identifica de manera oportuna la ubicación de la emergencia y del hidrante más cercano a la misma, por lo que recurre al apoyo del RO, quien cuenta con una herramienta gráfica para guiar la localización. Sin embargo, cabe mencionar que dicha herramienta se utiliza sólo esporádicamente por el RO ya que la información con la que cuenta no es suficiente y no se encuentra actualizada. Por lo que, a la falta de información, es necesario utilizar los conocimientos de la ciudad y las habilidades de ubicación de diversos puntos de referencia, apoyándose además de manera verbal con los otros RO en turno, para localizar la emergencia (García, 2009).

Por lo anterior resulta indispensable la integración de información referenciada geográficamente que presente de manera gráfica la ubicación, el estado y el rango de cobertura de los hidrantes, así como la ubicación de las estaciones de bomberos, los cuadrantes de cobertura, la cantidad de personal que existe en el momento de un incendio, así como quién se encuentra al mando y demás información referente a los usos de suelo, los focos rojos o puntos vulnerables alrededor de un incendio.

Con base en lo anteriormente descrito, se identifican las siguientes áreas de oportunidad:

- Existe inconsistencia en las diferentes versiones de localización geográfica de hidrantes de Ensenada, B.C.
- La información con la que se cuenta no está actualizada y está incompleta, pues sólo cuenta con información general, por lo que el sistema actual de visualización de C4 resulta insuficiente.

Es necesario contar con información gráfica que presente la ubicación, estado y rango de cobertura de los hidrantes, focos rojos de un incendio y nomenclatura de calles, entre otros. Por lo cual el área de oportunidad del estudio recae en las actividades del RO y en la toma de decisiones que puede proyectarse en impactos

cualitativos y cuantitativos que recaen en las vidas humanas, el patrimonio de la población, el medio ambiente, el aprovechamiento de los recursos naturales e indudablemente al controlar un incendio son económicamente hablando un ahorro perdurable al evitar pérdidas.

Para cubrir el área de oportunidad se observa que el costo del proyecto es relativamente bajo si se utiliza: los Sistemas Abiertos (*Open Source*), el personal y herramientas visuales actuales, la capacitación al personal con el que cuenta la DBPC y C4, así como la vinculación estrecha con las entidades u organismos involucrados. Por otro lado la convergencia tecnológica puede apoyar a controlar o mitigar desastres, como lo son los incendios, mostrando los impactos en la planeación y evitando pérdidas humanas, ambientales, de infraestructura y económicas antes mencionadas.

Alcance

El área de estudio se enfoca al polígono del Centro Histórico de la Ciudad de Ensenada. (Según el acuerdo de cabildo, XVIII ayuntamiento de Ensenada, 24 septiembre 2007); dicha área forma un polígono que cubre una superficie 24.69 hectáreas y está compuesto por 20 manzanas (ver Figura 0.2) (XVIII Ayuntamiento Constitucional de Ensenada, B.C., 2007). En dicha área se identifican como beneficiados directos 196 habitantes que son residentes de 6 manzanas, según datos del Censo de población y vivienda del INEGI del año 2000, cabe mencionar que otros beneficiarios directos son el número de visitantes de la zona (Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ensenada, B.C., 2009).

Es conveniente destacar que la presente investigación está acotada a la información que se obtenga de los RO (usuario final de la propuesta), de la DBPC, y del C4, en cuanto a procesos se refiere.

Figura 0.2 Área de estudio -Centro Histórico de Ensenada, B.C.



Fuente: Ayuntamiento Constitucional de Ensenada, B.C., 2007.

1. Marco Teórico

1.1. Equipo de control de incendios

Los accidentes e incendios son emergencias que se dan en zonas urbanas y rurales que deben ser atendidas por las instituciones de gobierno asignadas para ello. Estas emergencias deben ser manejadas como lo indican Drabek y Hoetmer (1991), quien define el manejo de emergencias como la “disciplina y profesión de la aplicación de la ciencia, tecnología, planificación y, manejo para hacer frente a eventos extremos que pueden herir o matar a personas, dañar propiedades, y/o perturbar la vida de la comunidad”.

Una Estación de Bomberos se define como: Las instalaciones físicas con que cuenta el batallón y donde se encuentran localizadas las herramientas y equipos necesarios para atacar un incendio. Por otra parte, un hidrante se define como: La herramienta esencial que proporciona agua necesaria para apoyar al batallón de bomberos a atacar un incendio y se encuentran por lo general en la vía pública. Asimismo, se ha establecido en las normas técnicas para proyectos de sistemas de agua potable (Pérez, R., Pérez, L., Angulo F., Gil, S., Ceballos, J. A, 2003), que los hidrantes contarán con una cobertura de servicio de 125 metros a la redonda y, considerando que se cuenta con equipo móvil contra incendio, deberán contar con una presión mínima de 1.5 m.c.a.¹ cuando se les extraiga agua.

La factibilidad de uso de un hidrante en un control de incendio puede ser definida según el estado de los componentes del mismo. Según el Formato de Inspección de Hidrantes de la Dirección de Bomberos y Protección Civil del XVIII Ayuntamiento de Ensenada (ver Anexo 1), los componentes o elementos de un hidrante son: tipo de hidrante, número de tomas, pintura, señalización, accesibilidad, llave, válvulas, tapas, número de tomas, presión, ubicación, entre otros.

¹ Metro de columna de agua

Es así que los equipos de control de incendios son elementos fundamentales para el control y mitigación de incendios y otras emergencias; por ello los RO de la DBPC, deben contar con información útil, veraz y oportuna, incluso geográficamente referenciada para apoyar la toma de decisiones en el caso de un siniestro.

En este sentido, las NTIC presentan diversas herramientas útiles como los Sistemas de Información (SI); en la actualidad las organizaciones e instituciones se apoyan en los SI para la planeación y el control de las actividades diarias así como para la toma de decisiones. Existen diversos tipos de SI y entre ellos destacan para el presente estudio los Sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones (por sus siglas en Inglés DSS), sistemas que se utilizan a nivel administrativo en las organizaciones, y que combinan datos y modelos analíticos sofisticados o herramientas de análisis de datos para apoyar la toma de decisiones semiestructurada y no estructurada. También su procesamiento es interactivo, de simulación y análisis, llevando esto a la presentación de informes especiales, análisis de decisiones y respuestas a consultas, entre otros. A su vez, formando parte de los DSS, están los Sistemas de Información Geográfica; éstos dan apoyo para la toma de decisiones en situaciones donde se necesita conocer la distribución geográfica de personas, manejo de recursos y planificación, entre otros (Kenneth, 2004).

1.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

A través de los años, el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha constituido como una herramienta esencial para analizar y transferir conocimientos creando nuevas tecnologías de información y comunicación (Eustaquino y Quispe, s.f.). Asimismo, el incremento en versiones comerciales y libres, ha creado durante el transcurso del tiempo múltiples definiciones que se aplican según diversos enfoques; entre estas definiciones es importante destacar las siguientes:

El SIG es la colección organizada de *hardware*, *software*, datos geográficos y personal capacitado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en

todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas de planeación y gestión (Valencia, 2008).

Por su parte, *The National Center for Geographic Information and Analysis* (NCGIA), define a los SIG como un “Sistema de *Hardware*, *Software* y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente georreferenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión” (Peña, 2009).

Asimismo, la *Northern Prairie Wildlife Research Center* describe al SIG según Aronoff (1989:39) como “un sistema basado en computadora que proporciona los siguientes cuatro conjuntos de capacidades para manejar datos georreferenciados: 1) entrada, 2) la gestión de datos (almacenamiento y recuperación de datos), 3) la manipulación y análisis, y 4) de salida” (The Northern Prairie Wildlife Research Center, 2006).

Al analizar las definiciones anteriores, se puede identificar que Valencia (2008), no descarta en ningún momento la mano del hombre, ya que sin las instrucciones de los usuarios, los SIG no se pueden procesar ni analizar, ni mucho menos se resuelven los problemas por el sólo hecho de que se cuente con el SIG. De la definición por la NCGIA, se identifica que es más sistémica y describe las funciones de todo SIG. En cuanto a la definición de Aronoff, se observa que se basa en el concepto de los SI, pero incluyendo los datos que se trabajan en un SIG y especificando que son georeferenciados.

En este contexto, para el presente proyecto es importante subrayar que la unión del hombre con el sistema y equipo es importante para el desarrollo e interacción del mismo, sin olvidar que los datos que alimenten la propuesta son geográficamente referenciados, siendo éste el principal enfoque de los SIG.

De esta manera, los Sistemas de Información Geográfica se definen como un SI de Apoyo a la Toma de Decisiones que analiza y despliega geodatos, utilizando

mapas digitalizados para mejorar la planificación en el mundo real, mediante la interacción del hombre máquina. Asimismo, se identifica que el uso de los SIG en entidades gubernamentales pueden ayudar a calcular tiempos de respuesta a emergencias en catástrofes naturales (Kenneth, 2004).

Por todo esto, como parte medular del presente proyecto, sobresale que los SIG son una herramienta que sirve de apoyo para la toma de decisiones oportunas y veraces y su uso puede incidir en la mejora de los servicios de emergencia, teniendo como base los datos actuales representados gráficamente, ya que responden a las preguntas básicas que pueden ser representadas en un SIG (ver Tabla 1.1) (Maguire, s.f.).

Tabla 1.1 Preguntas básicas que pueden ser representadas en un SIG

Preguntas Básicas que pueden ser representadas en un SIG		
1	Ubicación	¿Que hay en?
2	Condición	¿Dónde está?
3	Tendencia	¿Qué ha cambiado?
4	Ruta	¿Cuál es el mejor camino?
5	Patrón	¿Cuál es el patrón?
6	Modelado	¿Qué tal si?

Fuente:modificada de: Maguire, s.f.

Por otra parte, y con el fin de mostrar algunas de las aplicaciones que se han realizado en la atención de emergencias mediante el uso de los SIG, se describen a continuación algunos sistemas semejantes al del presente proyecto.

1.3. Trabajos relacionados bajo el concepto de los SIG

En el presente apartado se muestran estudios de SIG realizados en México y en otros países. Cada SIG cuenta con objetivos específicos y presenta las utilidades para la toma de decisiones de cualquier empresa, gobierno, institución e incluso

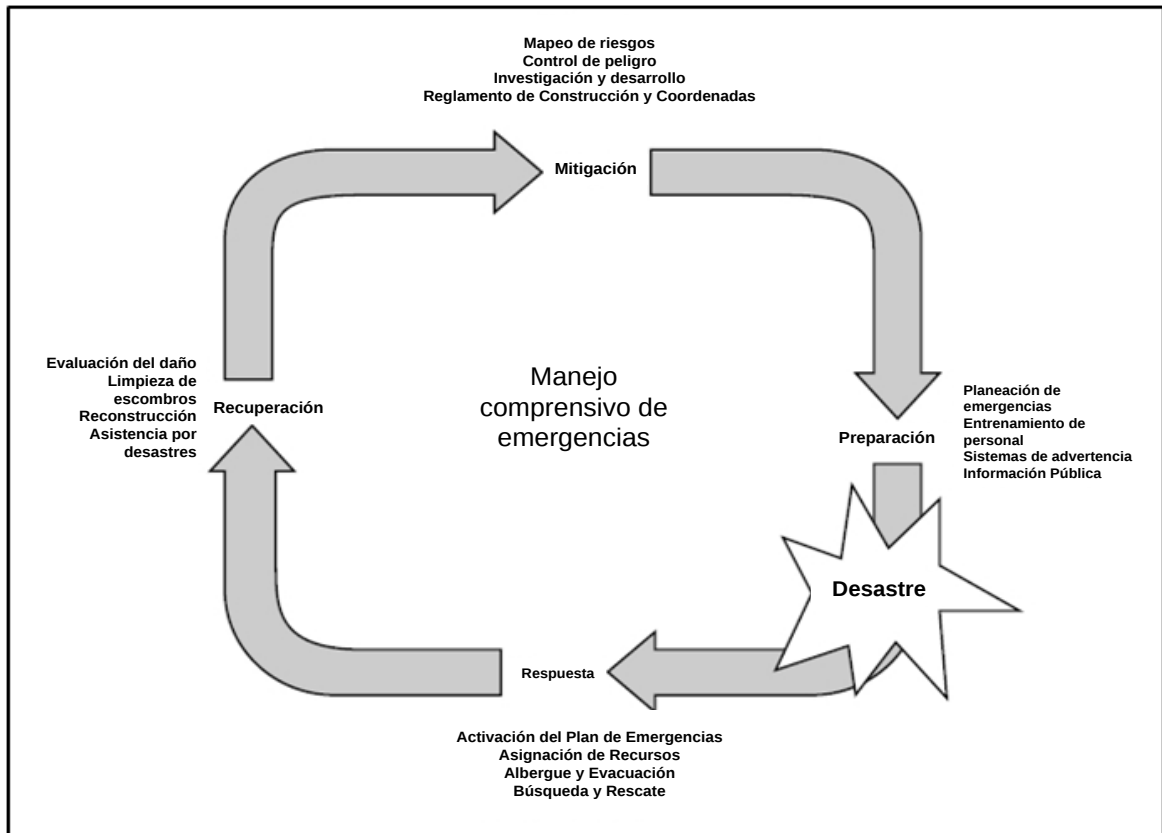
de decisiones particulares. Asimismo, estos estudios presentan el crecimiento y cobertura de los SIG, en la actualidad.

- **GEOCONCEPT versión 4.2.-** Es un sistema de planificación de riego y drenaje que trabaja con objetos gráficos geográficamente representados, que asocia datos de una ciudad, casa, oficina, industria, que conjunta la información necesaria para realizar consultas, análisis y planear diversas actividades mediante el uso de capas que integra en este caso la administración de diversas áreas como: talleres, tuberías, red de agua, carreteras, hidrantes y estaciones de bomberos. Y que es utilizado para la toma de decisiones y planificación del tipo de cultivo, fecha de las cosechas, tipos de riego, entre otros (Gonzalez, López, Gonzalez B. y Cesneros, 2004).
- **Sistema para la Ayuda a la Gestión de Servicios de Conservación.-** El SIG para Conservación de Bocas de Riego, Fuentes e Hidrantes de Madrid.- Creado para la red de riego municipal, utilizado para las áreas verdes, parques, limpieza mecánica de las calles, así como la localización de los hidrantes y que planea trabajos de inspección, limpieza, mantenimiento (Vázquez, 2004).
- **Servicios es el Servicio de Emergencias Sanitarias del Ayuntamiento de Madrid (SAMUR).-** Servicio que se encuentra estrechamente relacionado con Bomberos. Dispone de una plataforma de intercambio de comunicación con el Sistema del Centro de Emergencias de Madrid (112), por medio del cual el RO recibe la solicitud de emergencia georreferenciada y asigna los recursos de emergencia, utilizando el sistema SITREM que facilita la continuidad de casos abiertos, la identificación de recursos disponibles como: el tipo de vehículo, la proximidad al incidente, el estado, el cálculo de rutas, entre otros. De manera general el proceso del sistema se describe por la recepción de la llamada de emergencia que se identifica georreferenciadamente, el RO la recibe y asigna recursos necesarios, da seguimiento a las intervenciones vía radio, se activan los sistemas de alertas en las estaciones de bomberos que intervienen (Prieto, 2009).
- **GIS Development Guides.-** Guía creada en el Estado de New York, que contiene una metodología con el agregado de diferentes unidades

gubernamentales, para la integración de Información geoespacial, en base a su estrategia de coadyuvancia gubernamental, para el desarrollo y creación de un SIG Integral. La Guía tiene como objeto “la realización de controles de calidad, definición de especificaciones previas de metadatos, utilización de metodologías estándar de modelado, diseño lógico, planificación y construcción de la Base de Datos (por sus siglas en Inglés DB) y definición de especificaciones de integración, implantación y Mantenimiento” (Morant, Quiñonero, Rivero y Palacios, 2008).

- **Infraestructura de Datos Espaciales de México (IDEMex).**- Sistema en México desarrollado bajo la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. IDEMex que se define como “el conjunto de recursos, normas, tecnologías, políticas, marco legal, administrativo y organizacional, necesarios para la efectiva creación, recopilación, manejo, acceso, distribución, compartición y uso de datos espaciales” (INEGI, 2009).
- **Estudios de Tom Cova.**- Desde 1991, el investigador y experto en SIG ha demostrado, la Utilidad de los SIG en la planificación, organización y control de desastres. Asimismo, menciona que el control de emergencias se realiza a través una gestión integral; esto quiere decir que se trabaja a través del riesgo, la mitigación, la preparación, la respuesta y la recuperación de una emergencia, y que de manera general las emergencias pueden ser trabajadas antes, durante y después de un desastre mediante el apoyo de los SIG, como se ilustra en la Figura 1.1, donde se muestra el papel que juegan los SIG en las fases de una emergencia (control, planificación de evacuación, mitigación de incendios y evaluación de los daños ocasionados por un desastre) (Cova, 1999).

Figura 1.1 Gestión integral de emergencia y el papel de los SIG



Fuente: modificada de: Cova, 1999.

Con base en la gestión integral de un desastre, Cova (1999), muestra un listado de Sistemas de Información Geográfica utilizados en diversas emergencias (ver Anexo 2).

Los SIG han crecido de manera rápida y genérica, por lo que actualmente son utilizados por los internautas, mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica siguientes: *Google Maps*; *Google Maps con street view*; *Live Search Maps*; *MapQuest*; *Yahoo Maps* y *World Wind*; estas herramientas cubren necesidades genéricas de los usuarios de Internet. Es importante destacar que estos SIG no cubren actualmente las necesidades de información para el RO de la DBPC, según los servicios que ofrece. Por tal motivo, para el desarrollo del proyecto, se visualiza a los SIG como una herramienta importante en la

integración, control y uso de la información, presentándola de manera gráfica; además su uso se apoyará a la toma de decisiones en el caso de una emergencia.

Finalmente se puede describir que la propuesta, presenta información general al igual que los anteriores, como la traza urbana, nomenclatura de calles, datos georeferenciados muy generales, entre otros. A diferencia de los anteriores se puede destacar que la propuesta contiene datos de los hidrantes con sus características definidas, presentación grafica y el área de cobertura del mismo. Asimismo, se adhiere una imagen satelital en el proyecto mostrando el “mundo real”. Como ventaja de la propuesta podemos señalar que el contar con los metadatos de la información es relevante para su actualización y conocimiento de la localización del elemento más importante del SIG, que son los datos. Por esta propuesta se atreve a señalar que no existe este tipo de aplicaciones de SIG en lo que corresponde a la fuerza de los datos como lo es de los hidrantes y por su puesto del alcance local.

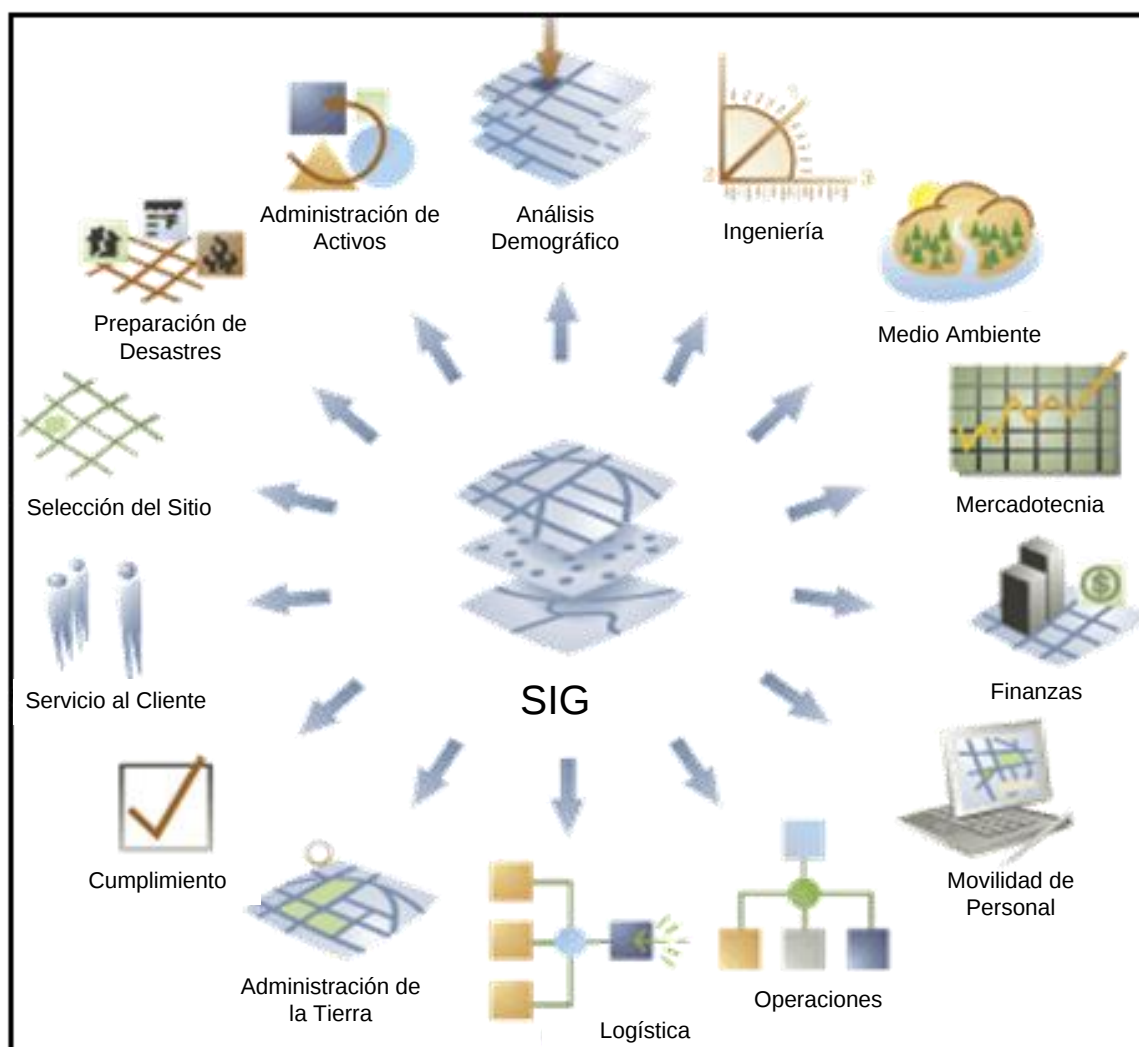
1.4. Aplicaciones de los SIG

Desde mediados del siglo XX se han venido desarrollando diversos modelos de datos en SIG como lo son: Computer-Aided Desing (CAD), Gráficos (no topológicos), Imagen, Rastreo/Red, Vector/Topología Georelacional, Triangulated Irregular Network (por sus siglas en inglés TIN) y el modelo de objetos. Estos modelos de datos son aplicados en diseños de ingenierías, mapas simples, análisis espaciales, análisis de transportación de redes, entre otros; y son representados en diferentes capas que contienen información similar de entidades geográficas. El modelo de datos de imagen es el adecuado para trabajar con imágenes del mundo real, pues trabaja en una base de datos los atributos de cada entidad referenciada geográficamente; asimismo trabaja con fotografías y planos digitalizados de construcción (Longley, Goodchild, Maguire, & Rhind, 2005).

Extendiendo los usos de los SIG, el *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), menciona que existen diversas aplicaciones de los SIG que sirven de apoyo para la toma de decisiones (ver Figura 1.2), en las que se trabajan

actividades, procesos y planeación para las organizaciones, instituciones y gobierno. Como es el caso de control de las emergencias (ESRI Canadá, 2009).

Figura 1.2 Utility GIS Solutions



Fuente: Modificada de: ESRI Canadá, 2009

Una vez conociendo las aplicaciones de los SIG, se pueden identificar los elementos que constituyen estos sistemas y cómo se complementan para lograr un sistema integral, con la finalidad de lograr el mejor apoyo a las actividades para las que fue creado.

1.5. Elementos de información en los SIG

Son varios los elementos de información que constituyen los SIG; involucran diversos tipos de datos, sistema de referencia y la proyección de las mismas, así como modelos espaciales de datos; de ahí la importancia de describirlos, pues implican en conjunto la necesidad de acoplarlos en un SI. A continuación se describen esos elementos en relación al presente proyecto.

1.5.1. Datos en los SIG

Para desarrollar un SIG, es necesario contar con diversos tipos de datos que hacen referencia a un espacio geográfico cuya ubicación se conoce (bajo un sistema de coordenadas), tales como datos espaciales, datos geoespaciales, datos georeferenciados y geodatos. Los SIG almacenan la localización del dato, su relación espacial con otros datos (Topología) y una descripción a través de sus atributos propios (Franco, 2010).

De lo anterior se identifica el hecho de que un dato georreferenciado debe estar en un sistema de coordenadas geográficas, el cual contiene datos de georeferenciación como se muestra en el punto siguiente.

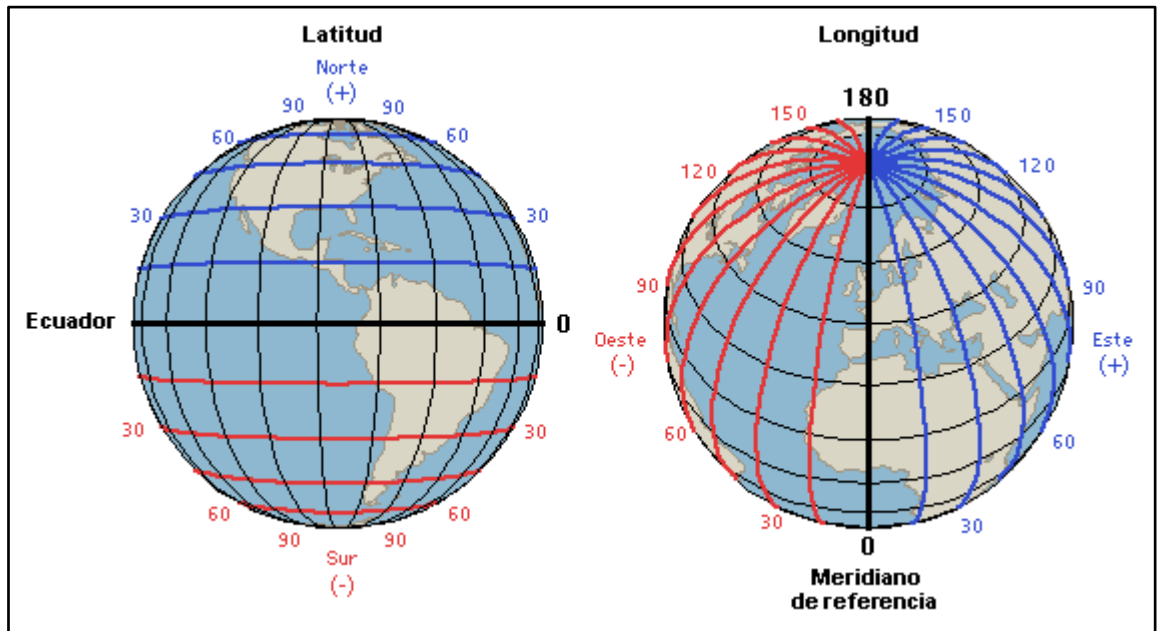
1.5.2. Sistema de coordenadas

Se dice que el sistemas de coordenadas es: la realización física del sistema mediante la materialización de puntos sobre la superficie terrestre, directamente accesibles por ocupación u observación (Vazquez, 2007), es decir son: “Los paralelos y meridianos forman una red geográfica de líneas imaginarias que permiten ubicar la posición de un punto cualquiera en la superficie terrestre” (Soopernova, 2010). También se indica que para “representar el mundo real se utiliza un sistema de coordenadas en el cual, la localización de un elemento está dado por los valores de latitud y longitud en unidades de grados, minutos y segundos esto para coordenadas geográficas” (Mena, 2007).

Latitud es la magnitud que se mide a partir del Ecuador a los polos Norte/Sur sobre un meridiano o es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el ecuador de norte a sur y la Longitud, es la magnitud que se mide a partir del

Meridiano de Greenwich sobre el ecuador hasta el meridiano que contiene el punto o es la distancia de un punto terrestre y el Meridiano de Greenwich y va de este a oeste (Vazquez, 2007 y Mena H, 2007) (ver Figura 1.3).

Figura 1.3 Sistema de Coordenadas geográficas



Fuente: Soopernova, 2010.

1.5.3. Sistema de referencia

Una de las definiciones del sistema de referencia “consiste de una serie de prescripciones y convenciones junto con un modelo requerido (elipsoide de referencia) para definir en cualquier momento un sistema de ejes coordenados” (Vazquez, 2007).

Asimismo, el sistema de referencia que se utilizó en este proyecto es un sistema de referencia terrestre que corresponde a un elipsoide el cual su centro coincide con el centro de las masas de la tierra y al que todas las coordenadas están referidas.

El sistema de referencia, que se utilizó en este proyecto, es el WGS84 (*World Geodetic System of 1984*) o sistema geodésico mundial. La razón por la que se

empleó el WGS84 es debido a que en las normas técnicas para levantamiento geodésicos del INEGI indican que el marco de referencia utilizado en México es el ITRF92 época 1988 determinado a partir del elipsoide GRS80 (*Geodetic Reference System* of 1980) o sistema geodésico de referencia que es muy similar al elipsoide WGS84 (INEGI,1998).

1.5.4. Proyección de coordenadas

Las coordenadas anteriormente descritas, Longitud y Latitud, deben ser basadas bajo una proyección cartográfica, donde se representa la totalidad o parte de la tierra sobre una superficie plana; dicho de otra manera, son proyecciones planas en donde el globo terráqueo deja de ser curvo para ser representado como tal.

Algunos de los tipos de proyección existentes son: el *Globe*, *Mercator*, *Transverse Mercator*, *Oblique Mercator*, entre otras; cada una de ellas cuenta con diversas características, ventajas y desventajas, por lo que es importante recalcar que es necesario identificar el área de estudio para seleccionar el tipo de proyección a utilizar, donde; para el presente estudio se seleccionó la Proyección *Universal Transverse Mercator* (por sus siglas en Inglés UTM, ya que se hace tangente al meridiano y se expresa en metros con distorsiones menores en la información representada (USGS Mapping Applications Center, 2000) y a continuación se describen sus características.

El *Universal Transverse Mercator* (UTM), utiliza la proyección de Gauss-Kruger que es una unidad de medida en metros; el UTM divide al mundo de oeste a este en 60 Zonas, enumeradas del 1-60 donde cada una mide 6° de longitud por 4° de latitud con su respectivo meridiano central (ver Figura 1.4) (PathAway, 2004).

Figura 1.4 Zonas de la Proyección Universal Transverse de Mercator

Zonas UTM para México y resto del mundo					
<i>Universal Transversa de Mercator</i>					
Zonas de la proyección Universal Transversa de Mercator, meridianos centrales y rangos de longitudes. Todos los valores son en grados este (E) u oeste (W) del meridiano principal de Greenwich (0).					
Zona	Meridiano central	Rango	Zona	Meridiano central	Rango
1	177W	180W-174W	31	3E	6E-0
2	171W	174W-168W	32	9E	6E-12E
3	165W	168W-162W	33	15E	12E-18E
4	159W	162W-156W	34	21E	18E-24E
5	153W	156W-150W	35	27E	24E-30E
6	147W	150W-144W	36	33E	30E-36E
7	141W	144W-138W	37	39E	36-42E
8	135W	138W-132W	38	45E	42E-48E
9	129W	132W-126W	39	51E	48E-54E
10	123W	126W-120W	40	57E	54E-60E
11	117W	120W-114W	41	63E	60E-66E
12	111W	114W-108W	42	69E	66E-72E
13	105W	108W-102W	43	75E	72E-78E
14	99W	102W-96W	44	81E	78E-84E
15	93W	96W-90W	45	87E	84E-90E
16	87W	90W-84W	46	93E	90E-96E
17	81W	84W-78W	47	99E	96E-102E
18	75W	78W-72W	48	105E	102E-108E
19	69W	72W-66W	49	111E	108E-114E
20	63W	66W-60W	50	117E	114E-120E
21	57W	60W-54W	51	123E	120E-126E
22	51W	54W-48W	52	129E	126E-132E
23	45W	48W-42W	53	135E	132E-138E
24	39W	42W-36W	54	141E	138E-144E
25	33W	36W-30W	55	147E	144E-150E
26	27W	30W-24W	56	153E	150E-156E
27	21W	24W-18W	57	159E	156E-162E
28	15W	18W-12W	58	165E	162E-168E
29	9W	12W-6W	59	171E	168E-174E
30	3W	6W-0	60	177E	174E-180E

En negritas se muestran los meridianos centrales y zonas UTM para México. Las zonas UTM ocurren cada 6° de longitud. Las zonas UTM en el Hemisferio Sur son indicadas con un signo negativo antes de número de la zona.
Ejemplo: Zona 17 tiene un meridiano central de 81° W y un norte falso (Y) de 10,000,000 metros del Ecuador. La siguiente figura muestra las zonas UTM para México.

Fuente: Universidad Autónoma de Baja California Sur, 2010

Por lo anterior, la razón principal por la que se emplea la proyección UTM, es debido a que es la que mejor ajusta o representa los datos o coordenadas (X,Y), siendo estas de mayor precisión o menor distorsión sobre el plano, en su proyección. Otra razón no menos importante que debe ser tomada en cuenta, es que la Cartografía en México (elaborada por INEGI), es representada en UTM, por

lo que este SIG permitirá el empleo de cartografía en papel y en el sistema como información de apoyo existiendo homogeneidad en la información.

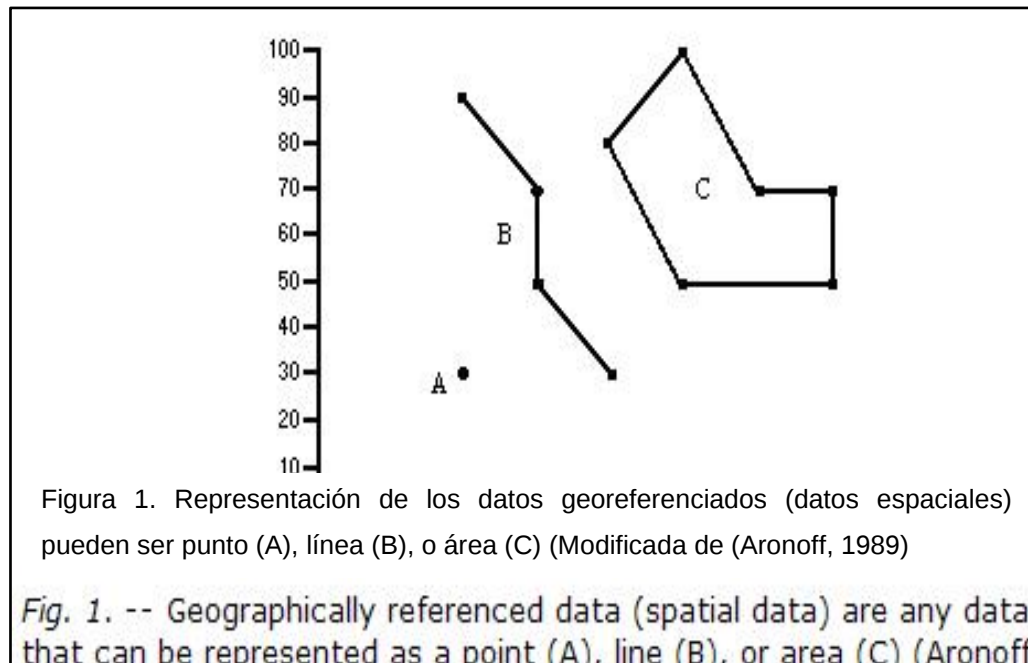
Los datos geográficos representan una herramienta para la toma de decisiones; el trabajo a realizar con los datos geoespaciales, simbolizan la realidad en lo que se refiere a los elementos que contiene el sistema, visualizados en la Integración de los datos del sistema.

Una vez identificada la utilidad y aplicación de los SIG, además de conocer que sus datos geoespaciales deben contener coordenadas que, a su vez deben ser representadas en un tipo de proyección cartográfica, por último es necesario identificar la representación que se dará a los datos, pudiendo ser polígono, punto o línea, es decir, el modelo espacial de datos.

1.5.5. Modelos espaciales de datos

Los SIG cuentan con variedad de datos actualizados, administrados y presentados de la mejor manera posible para cualquier usuario, y pueden ser ordenados por sistemas de archivos o por tablas dentro de un gestor de base de datos, como pueden ser: Microsoft Access®, Oracle®, Microsoft SQL Server®, IBM® DB2® e Informix® (ESRI España Geosistemas S.A., 2010). Según *The Northern Prairie Wildlife Research Center* (2006), Aronoff, menciona que los datos georreferenciados se pueden representar en un mapa como un punto, línea o área, este último llamado polígono (ver Figura 1.5).

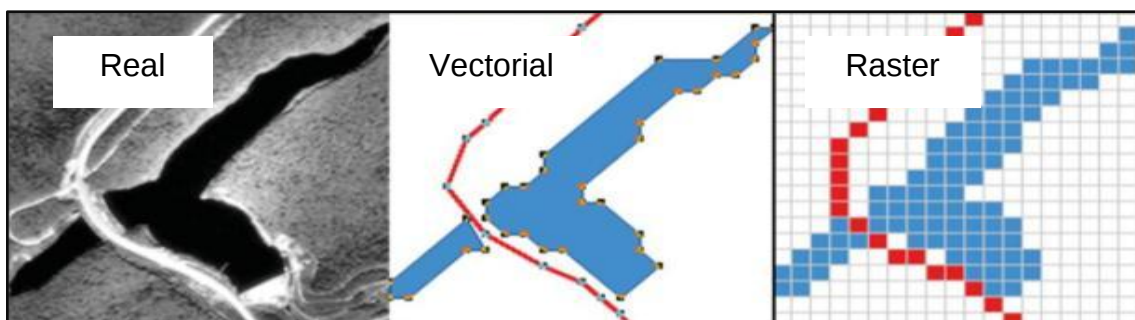
Figura 1.5 Representación de los datos georeferenciados



Fuente: Modificada de: Aronoff, 1989

Los datos espaciales son capturados desde campo (mundo real) o adquiridos de terceros; deben ser administrados por una base de datos que integre datos geográficos y son representados en modelos de tipo real, vectorial y raster (ver Figura 1.) (Peña, 2009).

Figura 1.6 Modelos de representación de datos geográficos



Fuente: modificada de: Peña, 2009

En lo que respecta al modelo real se encuentra representado por imágenes digitales satelitales. El modelo vectorial mantiene características geométricas que

se centran en la precisión de la localización de algún elemento en el mundo; los elementos deben contar con límites definidos como área de un terreno y un punto en específico y por último los modelos raster “son una abstracción del mundo real, donde los datos espaciales se expresa como una matriz de celdas o píxeles, con la posición espacial implícito en el orden de los píxeles y se adecuan a determinados tipos de operaciones espaciales” (The University of Melbourne, 2001). Para identificar el tipo de modelo a utilizar en el presente proyecto es necesario conocer las ventajas y desventajas de los mismos (ver Tabla 1.2)

Tabla 1.2 Ventajas y Desventajas de los modelos raster y vector

Ventaja o desventaja	Raster	Vector
Precisión en los gráficos	X	✓
Cartografía tradicional	X	✓
Volumen de datos	X	✓
Topología	X	✓
Cálculo	✓	X
Actualización	✓	X
Espacio Continuo	✓	X
Integración	✓	X
discontinuo	X	✓

Fuente: modificada de: *The University of Melbourne*, 2001

Estas ventajas son reflejadas en el SIG a implementar, mostrando con mayor detalle y precisión los datos capturados y son localizados mediante sistemas de recolección de datos como el *Global Positioning System* (por sus siglas en Inglés GPS), la digitalización manual, la fotografía digital o el escaneo de mapas, entre otros. El GPS es una “red de satélites, orbita de la Tierra a una distancia aproximada de 20 mil kilómetros de la superficie y sirve para obtener posiciones

muy precisas con respecto a ella y a un sistema de coordenadas seleccionado, el cual, en el caso del GPS, es el que se denomina *World Geodetic System* de 1984 (WGS84)” (Ruiz, 2007).

En resumen, los datos geoespaciales utilizados en todo SIG deben contar con un objetivo, un procedimiento y una estructuración, en los cuales se deben aplicar las herramientas necesarias para la creación de dicho sistema, de modo que la información sea representada de manera sencilla y práctica, y que contenga datos espaciales necesarios para el apoyo a la toma de decisiones. Es por ello que cabe señalar que en cuanto al posicionamiento geográfico se refiere, la manipulación de la información debe ser cuidadosa, ya que es propia de cada SIG, pues conlleva en sí una estructura particular; por lo anterior, al encontrarse con cualquier información errónea, ésta debe volverse a recolectar y representar.

Finalmente, se han mostrado en su mayoría los elementos de información que se involucran en un SIG, que deben estar en la misma concordancia para su aplicación en un sistema consultable, incrementable y adaptable a una necesidad específica que apoye de manera visual a la toma de decisiones en la DBPC con información oportuna y veraz.

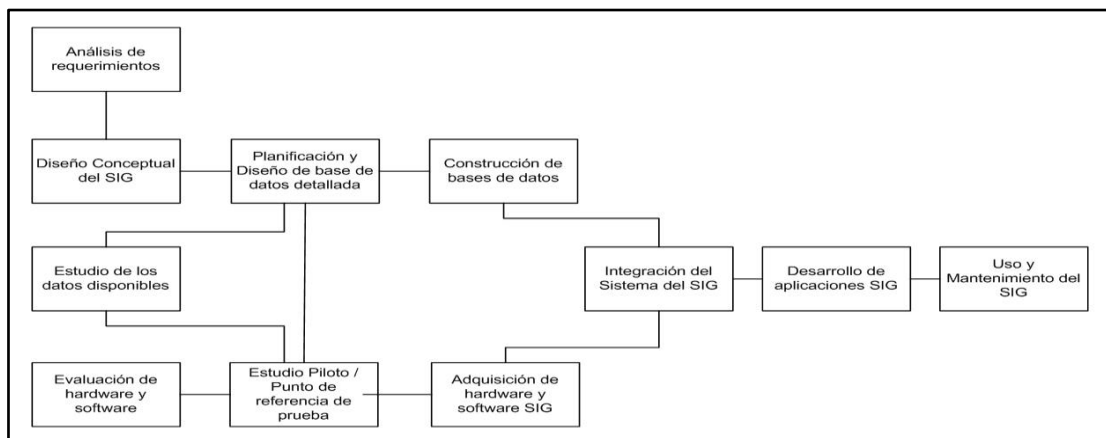
2. Metodología

Las actividades de planificación, control y mitigación de siniestros pueden ser apoyadas con tecnología innovadora que dé soporte a quienes toman las decisiones; por tanto, considerando que cada siniestro cuenta con diferentes características según la emergencia involucrada, es necesario aplicar metodologías probadas en el desarrollo de SIG así como en el ámbito de atención a emergencias.

Por esta razón y, con el fin de proporcionar mejores resultados, para el presente proyecto se seleccionó la metodología *GIS Development Guides* del estado de Nueva York, puesto que involucra la colaboración de entidades gubernamentales, presentando controles de calidad y definición de especificaciones; también muestra la localización de la información mediante el uso de los Metadatos es decir, datos de los datos (Morant et al., 2008).

La *GIS Development Guides*, señala 11 actividades para el desarrollo de un SIG exitoso (ver Figura 2.1), mediante el uso de la metodología de desarrollo en el que se definen la localización, documentación, descripción de datos y demás para lograr el desarrollo del SIG (Becker, Calkins, Coté, Finneran, Hayes & Murdoch, 1996) y se adapta a las necesidades del presente proyecto.

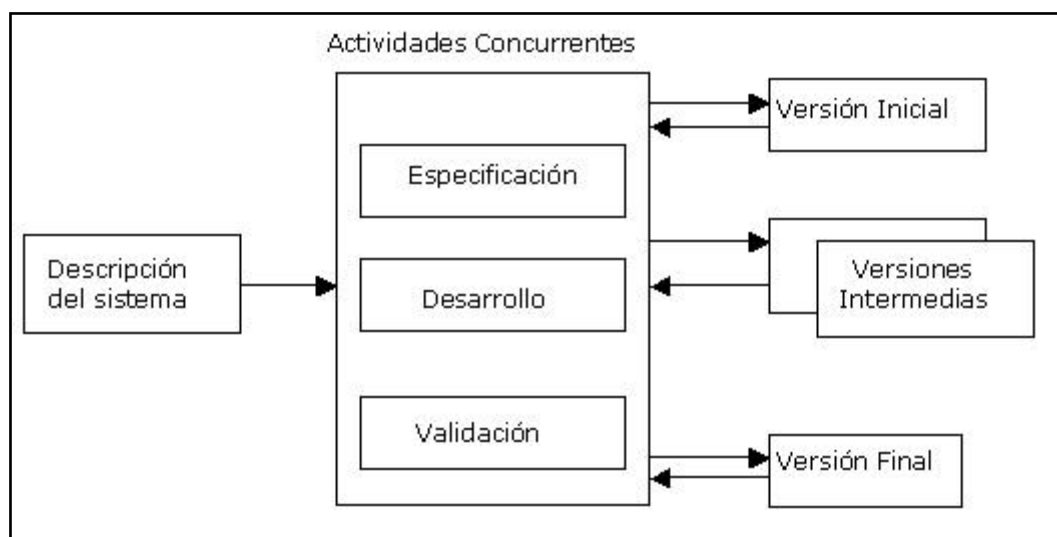
Figura 2.1 Metodología de *GIS Development Guides*



Fuente: modificada de: Becker et al., s.f.

De esta manera, para la etapa de Desarrollo de la aplicación, se eligió el modelo evolutivo (ver Figura 2.2) ya que logra un mejor entendimiento del sistema hacia los usuarios y desarrolladores; este modelo es utilizado de manera eficaz en proyectos pequeños o medianos con poco tiempo para su desarrollo, y además crea un sistema global para su futura implementación. El modelo evolutivo inicia con la implantación de un sistema que se expone a los comentarios del usuario, se refina en N versiones hasta que se desarrolle el sistema adecuado detallando las actividades concurrentes como la especificación, el desarrollo y la validación, que se realizan durante el desarrollo de cada una de las versiones hasta llegar al producto final (Letelier, s.f., P. 6).

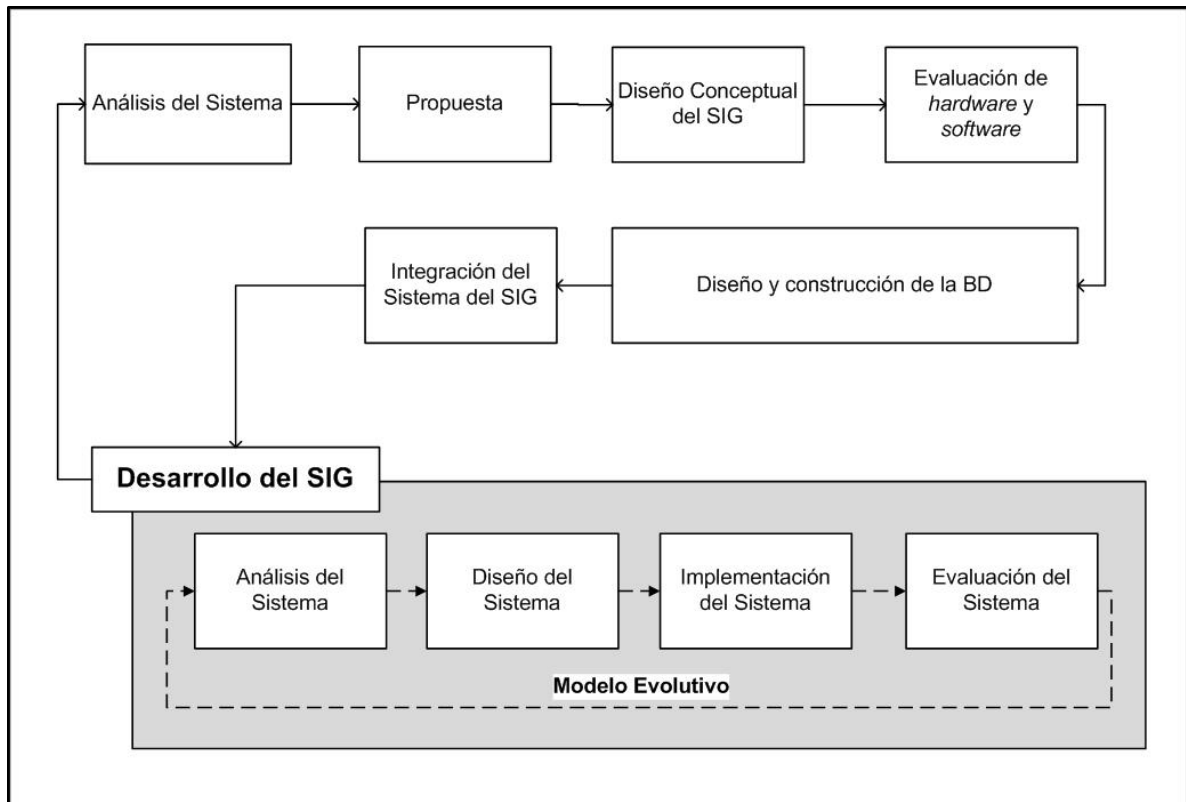
Figura 2.2 Modelo Evolutivo



Fuente: modificada de: Letelier, s.f., P. 6

Como se mencionó anteriormente, con el propósito de lograr resultados óptimos y abordar de la mejor manera posible las necesidades de los usuarios, se realizó la combinación de ambas metodologías, tomando de la primer metodología todo lo que concierne a los SIG y complementando con el modelo evolutivo lo correspondiente al Desarrollo de la aplicación SIG, como se muestra en la Figura 2.3.

Figura 2.3 Metodología propuesta realizada mediante la combinación de Metodologías *GIS Development Guides* y el Modelo Evolutivo



Fuente: Modificada de: Becker et al., s.f. y Letelier, s.f., P. 6

Después de identificar las metodologías a utilizar, se describen a continuación las fases o etapas que se emplearon para el inicio, desarrollo y fin de la propuesta (ver Figura 2.3).

2.1. Análisis de requerimientos

Para comenzar a describir las fases de la metodología, Becker (s.f.), menciona que en el análisis de requerimientos se recaban las necesidades de información del sistema a implementar, mediante el uso de métodos de recolección de información (entrevistas y cuestionarios, entre otros), y en las que mediante su análisis, se identifica la problemática y beneficios que pueden encontrar al utilizar el SIG.

A partir de lo anterior, se identificaron las entidades que podían proporcionar información relevante para el desarrollo del SIG; dicha información se describe a detalle en la justificación, las áreas de oportunidad y el alcance del presente documento. También, se capturaron los procesos actuales mediante la solicitud de información electrónica y el uso de entrevistas, mismas que se pueden definir como la visita y plática de dos o más personas en un lugar, para tratar un tema en específico (Real Academia Española, 2001).

Asimismo, para la captura de los procesos se emplearon las metodologías de diagramación como la Gráfica Rica y el Diagrama de Roles y Actividades (RAD). La primera es una técnica de modelado que se originó de la Metodología de Sistemas Suaves (SSM), Asimismo, el proceso actual se representa en el Diagrama de Roles y Actividades (RAD), en el que se identifican los roles, estados, actividades, interacciones y decisiones (Checkland, 1970). En suma estas técnicas se complementan para mostrar y percibir de mejor manera los procesos actuales.

A partir de lo anterior, en esta fase se obtuvo la mayoría de la información que dio soporte a la identificación de las necesidades del sistema, retomando las entrevistas realizadas a usuarios, supervisores, directores y encargados de la base de datos actual.

2.2. Propuesta

Fase en la que el desarrollo puede ser factible y en la cual se realiza la construcción del sistema de información, utilizando las funciones de todo sistema como lo son la entrada, proceso y salida de información así como su retroalimentación.

Por consiguiente, la propuesta inició en esta fase con el modelo evolutivo, en el cual se elaboró el primer prototipo del sistema (de seis versiones); para ello fue necesario crear el medio, contenido de la presentación de la propuesta, mediante una interfaz de usuario sencilla, eficiente, lógica y retroalimentada (Kenneth, 2004), y se retomaron los resultados hasta la fase anterior. En seguida se realizó

el diseño de base de datos, se identificaron los informes necesarios y se establecieron los procesos de la propuesta, todo esto conforme a los requerimientos de información.

Posteriormente, se realizó el sistema SIGHIDRANTE, mediante el uso de herramientas de creación de sistemas como Microsoft Visual Studio® versión 2005, con los siguientes módulos: altas, bajas, modificaciones, consultas y reportes de la información relevante de un hidrante, presentando además la información de usos de suelo y equipamiento urbano. Fue así como se generaron las formas necesarias del sistema y la codificación de la aplicación, mediante el apoyo de personal con los conocimientos necesarios en lenguaje C#.

Finalmente, el sistema creado fue implementado y presentado a los usuarios finales, para su evaluación.

2.3. Diseño conceptual del SIG

Esta fase se realiza mediante la integración de la fase de estudio de los datos disponibles mediante la metodología *GIS Development Guides* y dan inicio al Diseño conceptual del SIG que será integrado a la propuesta.

Según Becker (s.f.), el Diseño conceptual planifica, identifica y evalúa las bases de Datos (BD). De igual manera incluye los datos necesarios para el diseño de modelos de BD; también menciona que esta fase es la más importante de los SIG. De esta manera, la creación de los diseños de BD no debe olvidar el objetivo del proyecto, para lograr un sistema de la base de datos “deseable”.

Por otro lado, el modelo de la BD debe retomar los requerimientos del sistema a fin de contar con un sistema integral. En otras palabras, los datos obtenidos durante el análisis de requerimientos, mapas, fotos, cartografía y demás se modelaron para la integración de imágenes digitales, preparación del modelo de datos, estudio y evaluación de los datos disponibles tomados en campo y de otras fuentes de información.

Por todo esto, al realizar la planeación de la base de datos, fue necesario identificar los metadatos que se definen como los datos de los datos o la información de la información. Esta información o datos describen el contenido, la calidad, la condición y otras características de los mismos (Hansen, s.f.). Los metadatos de la información, detallan el contenido de datos, características, propietario, naturaleza y su ubicación de estos.

Cabe mencionar que los resultados de esta fase o etapa fueron el modelo de datos del SIG, las especificaciones del sistema geográfico y la representación de los metadatos.

2.4. Evaluación de *Hardware* (HW) y *Software* (SW)

Becker (s.f.), señala que en la etapa de identificación de necesidades de *software* y *hardware*, debe estar respaldada en las propuestas de los Sistemas de Información. Pero también indica que el estudio de SW y HW arroja que la mayoría de los gobiernos confían en el SW existente en el mercado. No obstante, es necesario señalar que los recursos del gobierno local no se adaptan generalmente en sistemas del mercado; por el contrario, el o los usuarios cuentan con requerimientos mínimos para implementar el sistema.

Para terminar la descripción de esta fase, es necesario mencionar que en la metodología se realiza un estudio y evaluación de los sistemas actuales, mientras que para el *hardware*, el estudio se realiza al momento de la implementación.

Por consiguiente, las actividades que se realizaron dentro de esta fase fueron primeramente un estudio de factibilidad y después una evaluación de costos (ver Anexo 3). Mediante el estudio de factibilidad se buscó determinar si la solución podía o no ser factible, tomando en cuenta los factores económico, técnico y organizacional (Kenneth, 2004), y bajo la percepción de quien promueve el proyecto. En cuanto a la evaluación de costos, se determinaron los costos estimados del sistema actual y se evaluaron contra los costos de la propuesta, basándose en la información disponible en Internet y un análisis de costos, así como en los requerimientos mínimos de funcionalidad para el sistema. Es

importante mencionar que, dada la restricción de información en C4 por cuestiones de seguridad, esta actividad resultó ser muy delicada, por lo que los costos del sistema actual, tanto de equipo como de software, son costos estimados.

2.5. Diseño y Construcción de la Base de Datos (BD)

Continuando con la metodología *GIS Development Guides*, para el presente proyecto se determinó que estas fases se integraran en una misma, ya que se es en ella donde se realiza el desarrollo lógico y físico del diseño de las bases de datos.

En esta fase, se identificó primero la cantidad de datos geográficos necesaria para determinar las aplicaciones requeridas en la integración y acceso a la información. Para ello, el desarrollo lógico y físico de la BD se diseñó en base al modelado de datos y se identificaron los datos potenciales, fuentes, cantidad de datos geográficos y el costo de construcción del SIG (ver Anexo 3).

Para el Desarrollo de la BD Lógica se utilizó el modelo de datos lógico basado en objetos Entidad – Relación (M-E/R), creado por Peter Chen en el año 1976, el cual consiste en desarrollar, de manera completa y detallada, el modelo de las entidades encontradas en los procesos, con los agregados del diseño de tablas, relaciones y atributos de los datos, entre otros (Marqués, 2001).

Al contar con el Diagrama Entidad-Relación, posteriormente se retomaron de la *GIS Development Guides* los diagramas de E-R específicos para SIG, con la finalidad de representar datos geográficos, identificando las jerarquías de la información, su ordenamiento y la manera en que será presentada la información al usuario, con el objetivo de facilitar la integración de futuros datos.

Por último en esta fase se elaboraron tablas de los datos más relevantes del SIG para su integración.

2.5.1. Identificación de los datos de los hidrantes

Como se ha presentado en los capítulos anteriores, la identificación del Equipo de Control de Incendios es de relevancia para el proyecto; específicamente la ubicación de los hidrantes dentro del área delimitada en el alcance. Esta ubicación se realizó mediante la captura física de campo utilizando formatos impresos (ver Anexo 4) que describen las características de un hidrante (tipo y estado, entre otros).

Asimismo, la identificación de la ubicación física georeferenciada se hizo mediante el uso de un *Global Positioning System* (GPS), con el apoyo de 3 aforadores (personas que realizan el levantamiento de información de campo), quienes son los responsables de verificar la información que presenta el GPS y plasmarla en el formato de padrón de hidrantes en Centro Histórico (Ver Anexo 4); después de lo anterior se señaló la ubicación de cada uno de los hidrantes aforados en un mapa impreso del alcance (Ver Figura 2.4).

Figura 2.4 Levantamiento de información de hidrantes



Esta actividad se realizó con el propósito de contar con información suficiente para el sistema, recabando gráficamente los datos de la ubicación y estado de los hidrantes. Posteriormente se jerarquizó y ordenó la información para el sistema propuesto, pues serán un indicador para la integración de futuros datos o metadatos.

2.6. Integración del sistema del SIG

En esta etapa con la información obtenida en la fase anterior, da inicio a la creación de las capas (o *layers* en Inglés) que deben ser utilizadas en el proyecto; éstas se desarrollaron mediante el uso del sistema *Autocad 2008®*, en el que se identificaron los números de terrenos, manzanas y traza urbana guardándolos en formato *.dwg* y exportándolos en formato *shape* para ser trabajados en el sistema ArcMap 9.2® mediante el cual se trabajaron las capas para generar los *shapes* necesarios representados en el sistema. De esta manera se crearon formatos de varios tipos de los cuales el formato *.shp*, *.dbf* y *.shx* son los necesarios para implementar el sistema propuesto (ver Figura 2.5).

Figura 2.5 Archivos que se generan con la herramienta ArcMap 9.2®.

	Export_Output	1 KB	PRJ File
	Export_Output	2 KB	AutoCAD Shape Source
	Export_Output	1 KB	AutoCAD Compiled Shape
	Export_Output.dbf	23 KB	Microsoft Visual FoxPro Table
	Export_Output.lyr	145 KB	LYR File
	Export_Output.sbn	1 KB	SBN File
	Export_Output.sbx	1 KB	SBX File
	Export_Output.shp	11 KB	XML Document

La información de cartografía, usos de suelo, nombres de calles, y equipamiento se retomó del Programa Parcial de Mejoramiento Urbano de la Zona Centro y Frente de Mar 2030 (IMIP, 2009).

La construcción de bases de datos geoespaciales es un factor crítico para este proyecto, ya que alimentará al Sistema de Información, creando mapas y

visualizaciones gráficas, información que se presenta al usuario final, para que éste a su vez la proporcione vía radio a quien corresponda, para la identificación de emergencias y equipo como apoyo a la toma de decisiones en siniestros.

2.7. Desarrollo del SIG

En esta fase se adaptaron las necesidades de los usuarios finales en las visualizaciones que se presentaron para el sistema propuesto en sus diferentes módulos como el visualizador principal con las opciones de imagen satelital, cartografía, equipamiento urbano, usos de suelo, entre otros. Todo ello siguiendo los siguientes puntos:

2.7.1. Análisis del Sistema

El análisis se llevó a cabo con un enfoque de identificación de las tareas a realizar y utilizando la Reingeniería de procesos El análisis del sistema se presentó para el desarrollo de los requerimientos básicos de la propuesta, donde se identificaron los requerimientos de seguridad, los perfiles de los usuarios y sus iteraciones, con la finalidad de dar mayor soporte a la propuesta.

2.7.2. Diseño del Sistema

Esta etapa representa cuales serán las salidas de la propuesta, la interactividad entre sus componentes y que es lo que ofrece la propuesta, por lo que para demostrar esto se realizaron los diagramas de casos de uso correspondientes al Modelado de Objetos para sistemas de software.

2.7.3. Implementación del Sistema

En esta fase se lleva a cabo la construcción y comprobación de los sistemas (Fernández, 2006).

Una vez contando con la estructura de los datos se visualiza la implementación de estos en la propuesta donde se realizaron primeramente del diseño de las interfaces necesarias para cubrir las expectativas del usuario final y seguidamente se presentaron estas interfaces a los encargados de la funcionalidad de las mismas creando el código necesario para su desarrollo.

En consecuencia, se realizaron las comprobaciones del sistema con el visualizador mediante la verificación de la comunicación con las bases de datos, sistema y equipo.

Cabe mencionar que, en esta fase recaen las visualizaciones identificadas como requerimientos de la propuesta, y que son presentadas en un equipo de cómputo para la evaluación.

2.7.4. Evaluación del Sistema

Para seguir la metodología evolutiva es necesario realizar evaluaciones periódicas a la propuesta con la finalidad de mejorar el sistema y obtener resultados sobre cómo perciben los usuarios finales al sistema o si en realidad puede ser adoptado por ellos.

El Método de evaluación seleccionando para este fin fue el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM por sus siglas en inglés), evaluando la percepción de usabilidad y utilidad del sistema (Davis, 1989), para así mostrar los resultados de uso y aceptación. Algunos autores mencionan que es un modelo que evalúa básicamente la predisposición al uso, y el uso en sí, del sistema.

Como actividad inicial en la implementación, se realizó una presentación introductoria de los objetivos, alcances y funciones del sistema a los usuarios finales y a sus supervisores, con el fin de lograr una apertura de su parte y seguir con la siguiente etapa.

La siguiente actividad fue la utilización de la propuesta por parte de los usuarios finales, con un escenario ficticio de una emergencia, manejando un punto de referencia dentro del área geográfica delimitada en el alcance, debido a que esa es la información que se encuentra integrada en el sistema y fue requerida por los usuarios.

Para la obtención de los resultados, se aplicó una encuesta de evaluación de aceptación del sistema a dos usuarios finales y a un supervisor (Ver Anexo 5).

3. Desarrollo

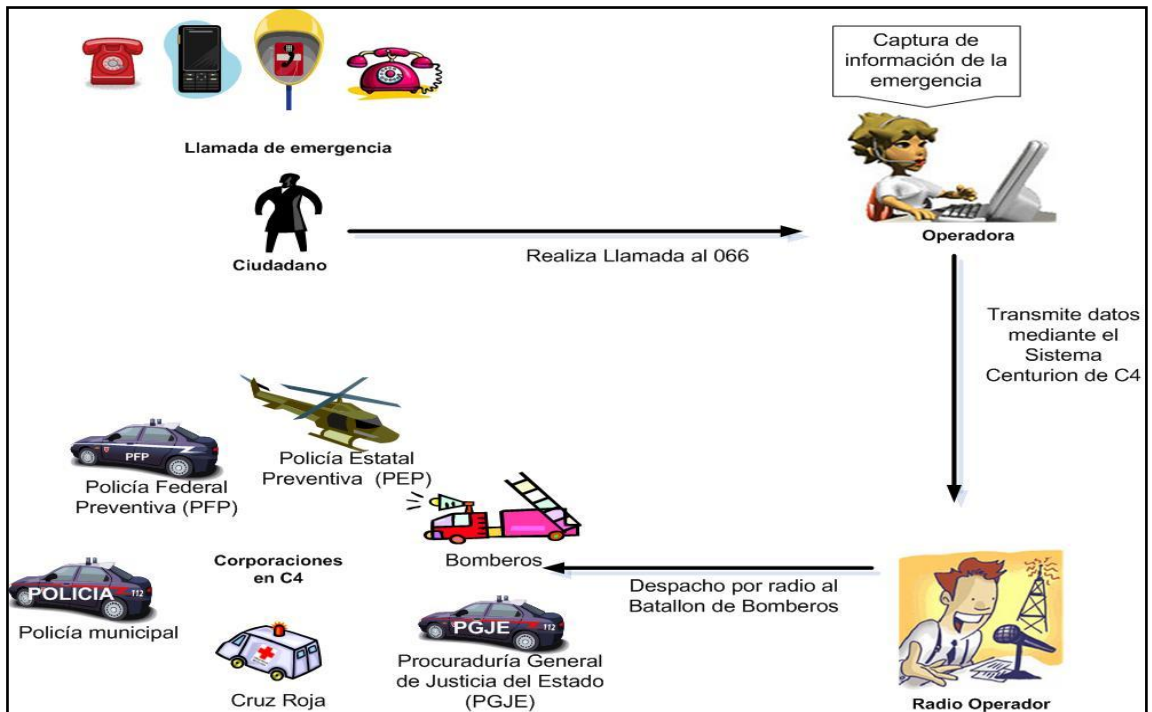
3.1. Análisis de requerimientos

Los análisis y requerimientos a los que nos referimos en este apartado, serán tomados en cuenta para el desarrollo de la aplicación con SIG (sistema propuesto). Por otro lado, al utilizar la metodología *GIS Development Guides*, se brindará apoyo para la terminación del proyecto, es así como se plasmarán los beneficios de contar con un SIG estructurado antes de implementarlo a un sistema, que para ello se necesita una estructura y visualización amplia y una configuración necesaria para que sea adaptable a un sistema integral.

3.1.1. Situación Actual

La identificación del sistema actual se realiza iniciando con una entrevista al Centro de Operaciones Policiales (COP), seguidamente a la DB, quien remite a PC y por último a C4. Es así como se llega al inicio del proceso que, en este caso, son las llamadas de emergencia (número telefónico 066) que es el número telefónico que brinda atención a emergencias y tiene por objetivo auxiliar al ciudadano que se encuentra en estado crítico, de riesgo o cuando se considere un motivo de riesgo en la seguridad personal o la de otros. Es decir llamada de reportes varios en caso de una emergencia, como los incendios (Gobierno de Baja California, 2010). Dichas llamadas son realizadas por los ciudadanos cuando deciden reportar una emergencia en la que proporcionan los datos generales al RO de C4, quien asigna a las corporaciones encargadas de resguardar la integridad física de los ciudadanos y de su patrimonio y se encuentran conjuntadas en las instalaciones de C4 (ver Figura 3.1).

Figura 3.1 Proceso de llamada de emergencia 066



Fuente: Rosarito, B.C., 2009

Las corporaciones que se encuentran concentradas en C4 hacen uso de la tecnología proporcionada por el centro, quien ofrece un sistema de captura de emergencia (Centurión) y el sistema visualizador (AVL) con la traza urbana, sistemas de radio comunicación y telefonía.

3.1.2. Modelado del Sistema Actual

La información obtenida se representó mediante el uso de los modelos de procesos, como el diagrama de flujo que mostró la funcionalidad de los procesos actuales, asimismo en el diagrama de Gráfica Rica se identificaron los roles, actividades y artefactos y en lo que respecta al modelado RAD se representa la organización de los procesos actuales.

Una de las funciones principales del proceso actual es la identificación geográfica de emergencias, representadas mediante el Diagrama de Flujo (ver Figura 3.2), Gráfica Rica (ver Figura 3.3) y Gráfica de Roles y actividades (ver Figura 3.4).

Figura 3.2 Diagrama de Flujo del proceso Actual

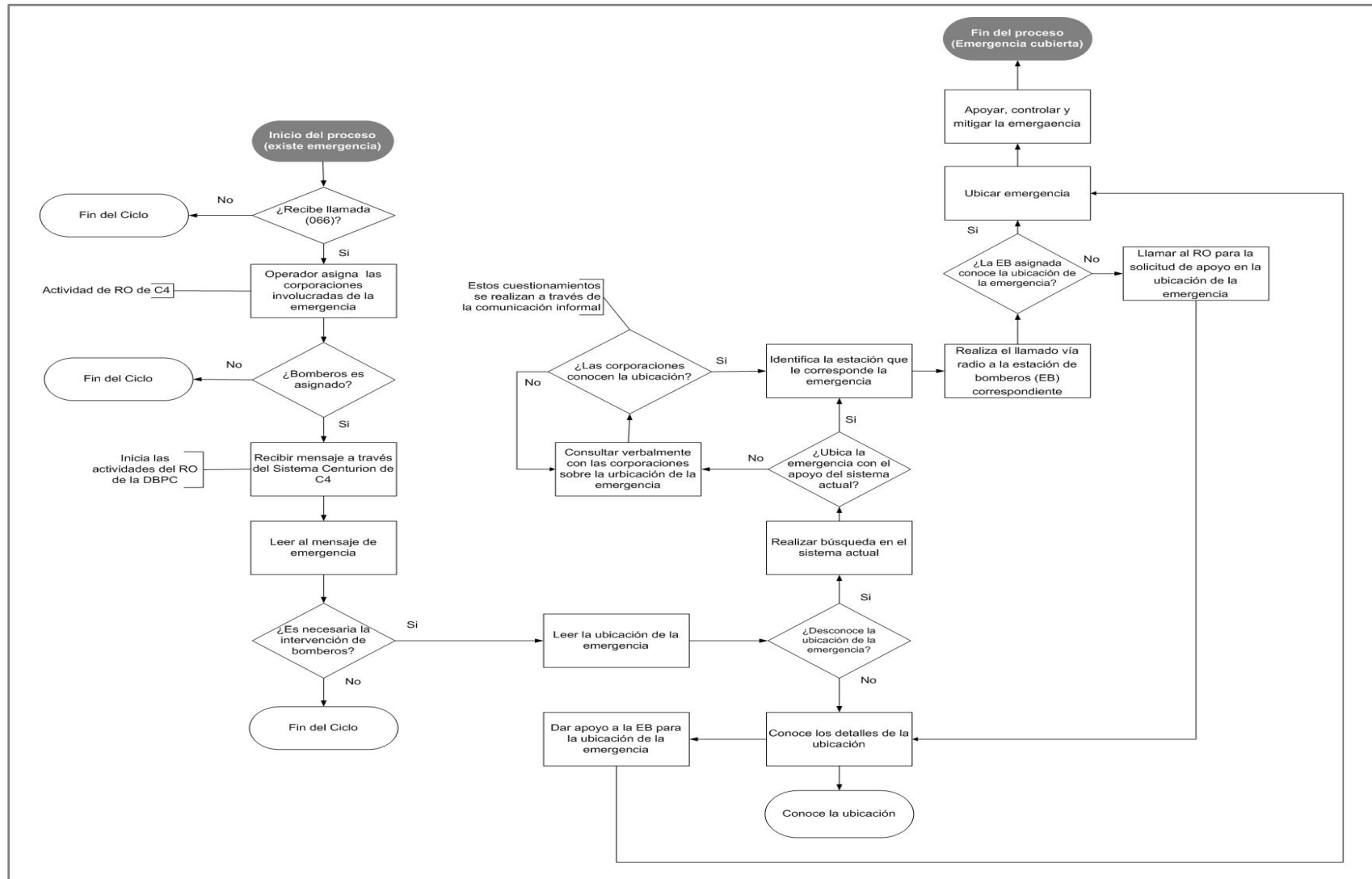


Figura 3.3 Gráfica Rica del proceso de llamada de emergencia al 066.

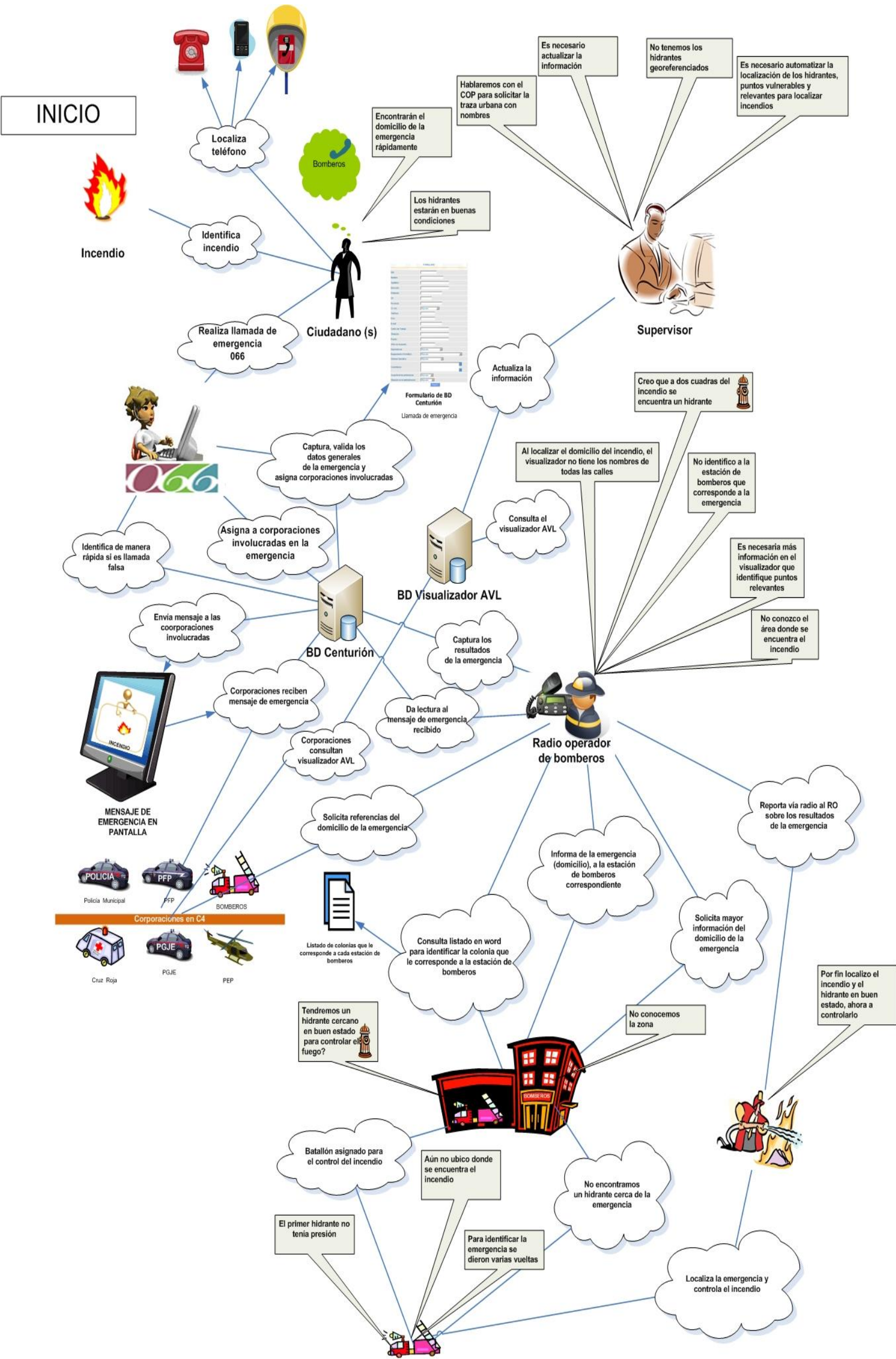
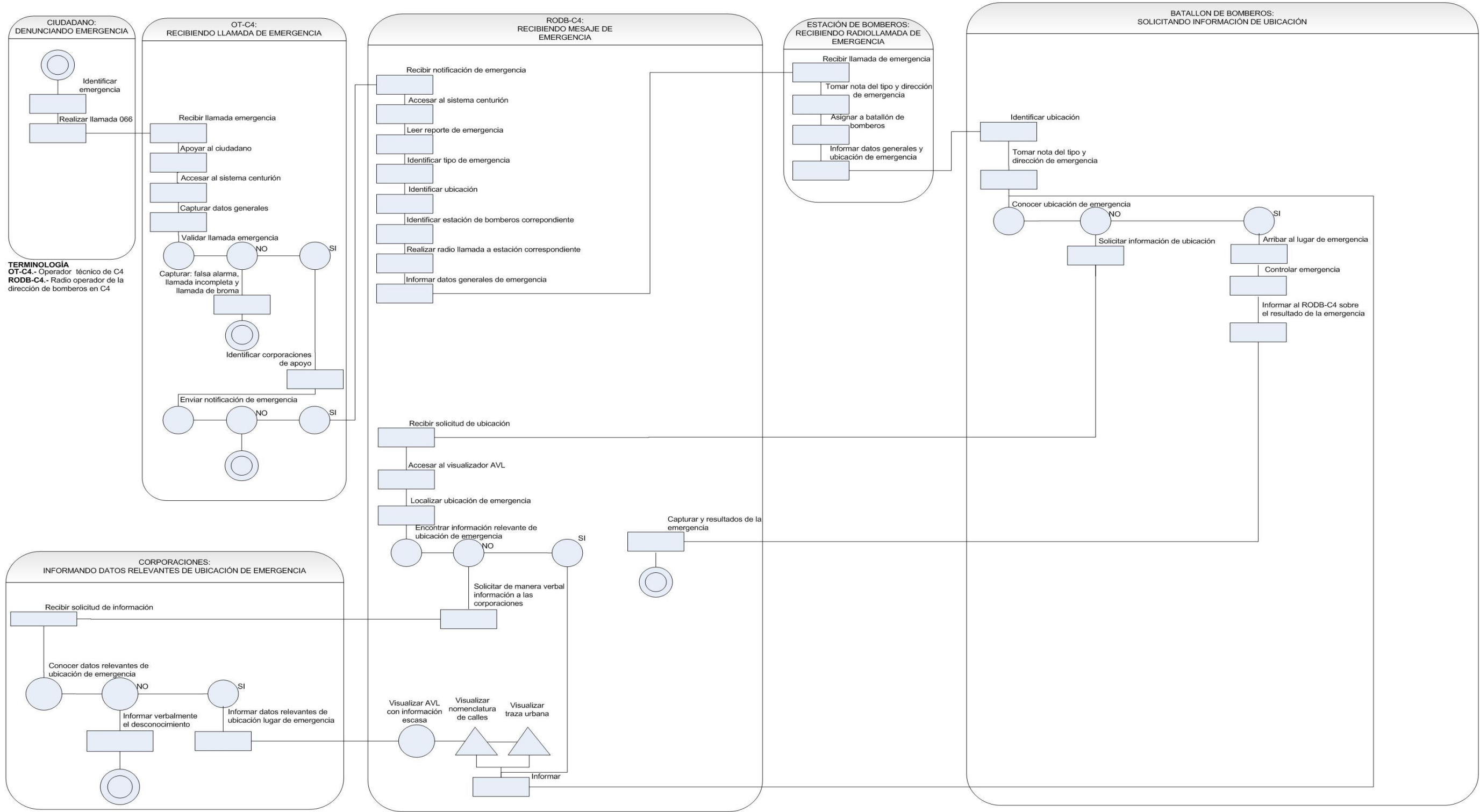


Figura 3.4 Gráfica de Roles y Actividades del proceso actual

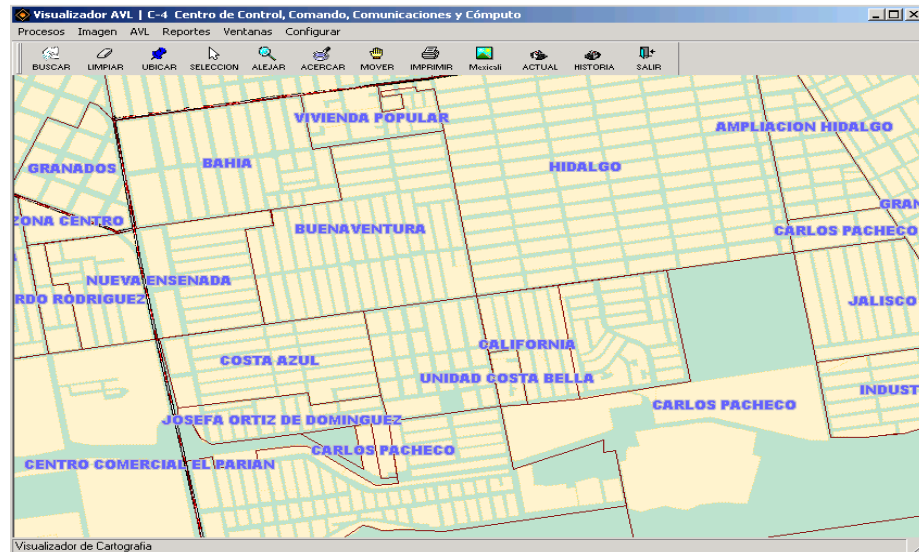
GRÁFICA DE ROLES Y ACTIVIDADES DEL PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE EMERGENCIAS DE LA DIRECCIÓN DE BOMBEROS



3.1.3. Descripción del Sistema Actual (Visualización gráfica del AVL)

Visualizador que muestra las capas geográficas a nivel colonias, manzanas, nombres de calles, vialidades y se encuentran para su acceso de modo local en cada centro C4 en el que se le presenta una pantalla principal que contiene las herramientas necesarias para navegación (ver Figura 3.5).

Figura 3.5 Visualizador Cartográfico AVL del C4.



3.1.4. Características generales del visualizador AVL

El Sistema Actual (Visualizador AVL) contiene las siguientes características:

- Fue desarrollado en el 2003
- Programado en Powerbuilder®
- Administrado por la Subdirección de Sistemas de Información del Estado
- La cartografía se trabaja con el sistema Mapinfo®
- El Mantenimiento de cartografía se realiza localmente
- La actualización de la información de visualización se recopila con apoyo de áreas del gobierno que cuentan con información cartográfica

3.1.5. Información del Visualizador AVL

De acuerdo a los privilegios con los que cuente, el usuario puede acceder a un listado de los diferentes puntos de referencia a visualizar. Las capas existentes de puntos de referencia se muestran mediante un listado para habilitar según el

acceso para su proyección en pantalla. Cabe mencionar que en la actualidad el Radio Operador no cuenta con el acceso a diversas capas del visualizador.

3.1.6. Problemática Actual

A partir las entrevistas realizadas y del análisis del proceso del sistema actual, se han identificado algunas problemáticas que pueden afectar en la atención oportuna de la DB; las más importantes se mencionan a continuación:

- Falta de clasificación y actualización de la información existente.
- Necesidades de información e integración.
- Falta de presentación gráfica de datos esenciales (hidrantes, ubicación de estaciones de bomberos, puntos relevantes, etc.) para cubrir un incendio.
- Necesidad de contar con una selección de puntos relevantes para el apoyo a las corporaciones y en este caso de la DBPC.
- Falta de coordinación entre instituciones involucradas en el servicio de emergencias y sobre todo en el del equipo contra incendios (hidrantes).

Una de las soluciones a la problemática es la presencia de un SIG que integre los requerimientos necesarios para abatir los problemas.

3.2. Propuesta

3.2.1. Descripción del Sistema

La ciudad de Ensenada cuenta actualmente con un padrón de hidrantes sin mantenimiento, sin señalización y su existencia es prácticamente desconocida. De modo similar las instituciones vinculadas con el equipo contra incendio, cuentan con diversos formatos y versiones del padrón de hidrantes, lo que genera información inconsistente. Por consiguiente, no existen registros sistematizados que le permita llevar un control del estado, mantenimiento y localización geográfica de los hidrantes ubicados en el Centro Histórico de Ensenada. Asimismo, no se cuenta con la información de equipamiento urbano como: servicios de administración pública, de educación y cultura; de salud, recreación, entre otros, ni tampoco se cuenta con datos de usos de suelo de determinado

terreno o lote urbano rural (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, del Gobierno del Distrito Federal, 2010).

La información oportuna, veraz y confiable del equipo contra incendios, y la representación gráfica mas apegada al “mundo real” puede dar apoyo mediante su uso a las actividades del RO en lo que respecta a la identificación, control o mitigación de un incendio. Entonces, si se observa la propuesta con una perspectiva social como una herramienta de importancia para la integridad de la población y de su patrimonio, se puede señalar como un apoyo al RO, también a la ciudadanía ya que en la actualidad, se han registrado un aproximado de 136 incendios en el estado de Baja California en lo que corresponde a una temporada del año 2009, siendo Ensenada el Municipio más afectado hasta la fecha (Vargas, 2009).

Por todo lo anterior, se visualiza la oportunidad de optimizar la localización de hidrantes mediante el uso de tecnología, a través de una propuesta de un Sistema de Información Geográfica local, que apoye al RO, en la ubicación geográfica de emergencias (incendios), hidrantes más cercanos a un incendio y su cobertura, así como las condiciones en que se encuentren para ser utilizado en caso de un incendio. Por lo que para la realización de la propuesta es necesario contar con la identificación de aspectos Sociales y Técnicos, tanto como positivos y negativos, con la finalidad de identificar de manera general hacia donde puede seguir la propuesta.

3.2.2. Aspectos sociales y técnicos de la propuesta

Al analizar el sistema actual se identifican los aspectos sociales, en los que interactúa el grupo laboral, en este caso el RO de la DBPC y los aspectos técnicos, son referidos por la tecnología y procedimientos (ver Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Aspectos Sociales y Técnicos, positivos y negativos

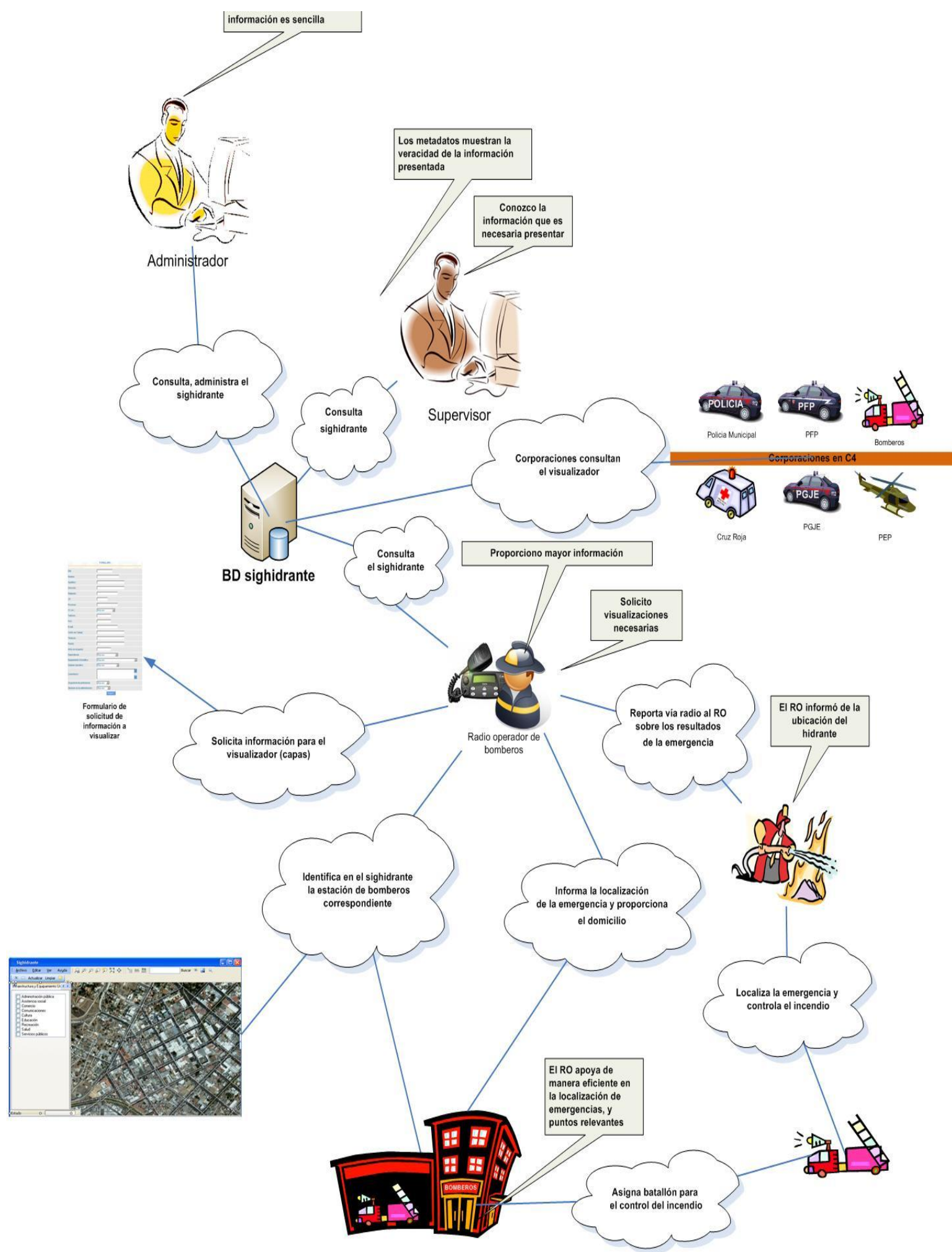
Aspectos Positivos	
Sociales	Técnicos
Brindar un mejor servicio de atención de emergencias proporcionada por la DBPC.	Existe la infraestructura técnica suficiente para elaborar la propuesta
La administración de la Subdirección de Sistemas de Información de C4 cuenta con amplia apertura para proponer alternativas de solución	Los RO se encuentran capacitados para la migración a la propuesta
En proceso de implementación de otras la herramientas como Google Earth®	Existe vinculación con otras instituciones y/o dependencias
El personal involucrado muestra interés en visualizar gráficamente los puntos de referencia y vulnerables ante un incendio	
Los Usuarios y encargados de los Sistemas cuentan con disposición de involucrarse en el desarrollo	
Aspectos Negativos	
Sociales	Técnicos
Resistencia al cambio	Las responsabilidades de puntos geográficamente referenciados se encuentran centralizadas en Mexicali.
El cambio de gobierno	Falta de personal asignado para llevar a cabo el mantenimiento y uso de la propuesta
	La información presentada solo cuenta con las coordenadas Latitud y longitud geográfica.

Después de identificar los aspectos técnicos y sociales se identifica las suposiciones o dependencias de la propuesta con el fin de visualizar un panorama amplio en caso de que el desarrollo o implementación cuenten con desventajas.

3.2.3. Modelado de la Propuesta

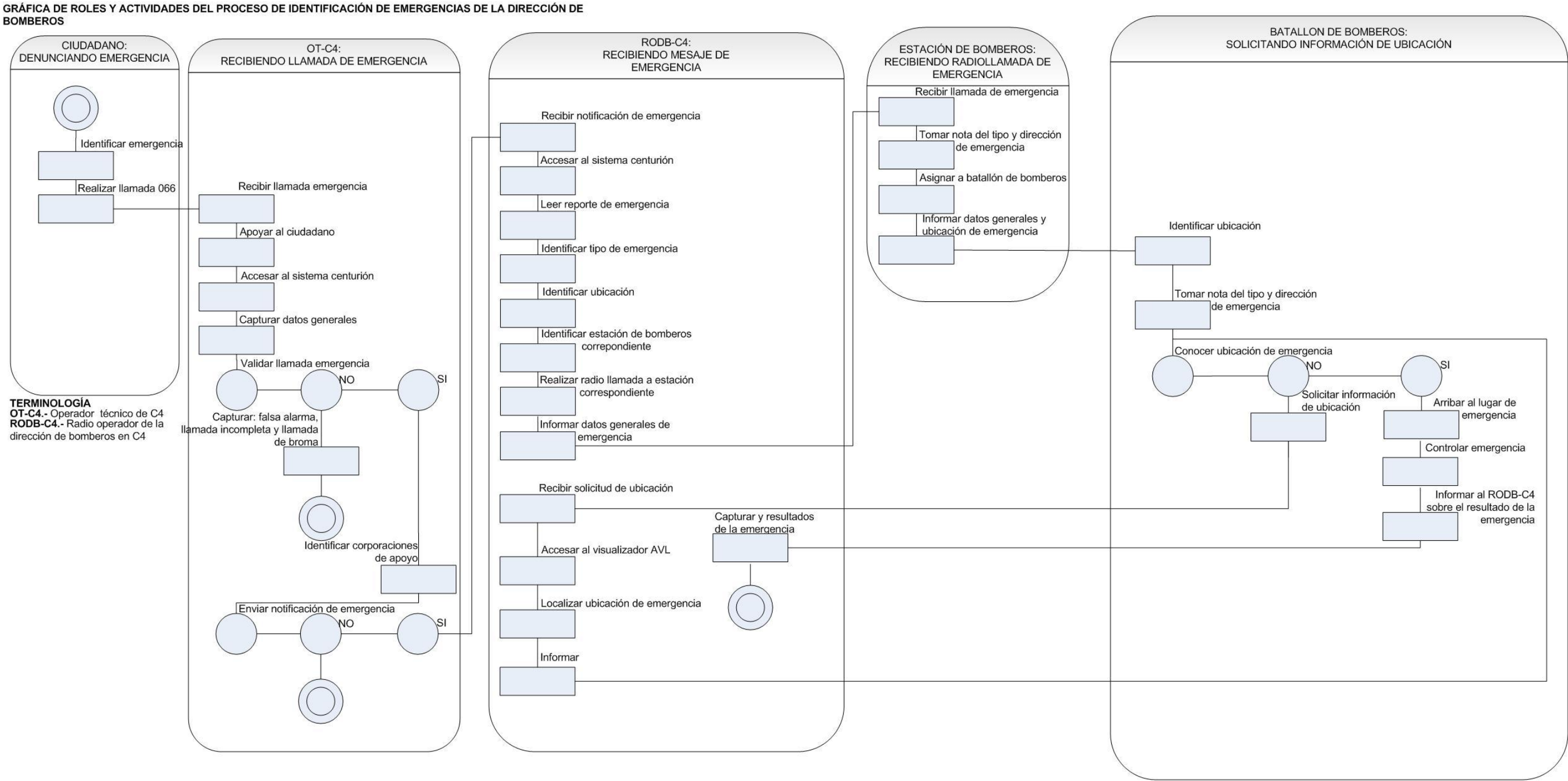
Para realizar la representación gráfica del proceso a proponer se extraen las actividades que influyen del proceso actual, justificando la propuesta mediante la eliminación de tareas repetitivas, de esfuerzo que se realizan actualmente, proponiendo de la siguiente manera el proceso representado en Gráfica Rica (Ver Figura 3.6) y RAD (ver Figura 3.7).

Figura 3.6 Gráfica Rica de la propuesta



En la presente propuesta se identifica y eliminan Roles y Actividades más redundantes para así agregar detalles con el fin de mejorar las actividades del RO y presentar un sistema integral

Figura 3.7 Gráfica de Roles y Actividades del proceso a proponer



3.2.4. Análisis del Sistema

El Análisis del sistema consta de definir el problema, identificar sus causas, especificar la solución y requerimientos de información para resolver un problema con un sistema de información (Kenneth, 2004). Por ello, al describir el proceso actual se puede identificar que las corporaciones de servicios de emergencia cuentan con un RO en turno, a quien se les proporciona el sistema actual Centurión de C4 y un Visualizador Cartográfico AVL, muestra de manera gráfica y simplificada la traza urbana, nombre de colonias, etc. Por lo que se define, que la generalidad de la información proporcionada a los RO y en este caso a las RO de la DBPC presenta la falta de uso del sistema actual.

La definición del problema se realiza mediante el estudio de Identificación los procesos del Sistema Actual, identificando los procesos duplicados, cuellos de botella, tareas repetitivas, resultando la siguiente problemática:

- Se visualiza la necesidad de contar con un despliegue de información de puntos relevantes que pueden dar apoyo en las actividades de los RO de la DBPC (o de las corporaciones localizadas en C4).
- La información presentada solo cuenta con las coordenadas de Latitud y Longitud geográfica, sin información de las características o estado de los hidrantes.
- Falta de integración y mantenimiento de la información.
- Tiempos de respuesta altos en los servicios de emergencia (incendio).
- El sistema actual presenta débil apoyo en la toma de decisiones del RO.
- Falta de representación del “mundo real”.
- Existencia de procesos repetitivos y cuellos de botella.
- Diversidad de formatos referente a la información de un hidrante.
- Desconocimiento de existencia de información por parte de las dependencias, instituciones y organizaciones involucradas en el servicio a emergencias.

Estas problemáticas se conjuntan en un elemento que sirve de apoyo para el control de incendios como lo es un hidrante, en la utilización de la herramienta de apoyo para la toma de decisiones (sistema actual).

En cuanto al sistema actual se refiere, se identifica la falta de información de la traza urbana (nombre de calles, colonias y demás). En lo que corresponde al hidrante se hace relevante para la propuesta, ya que se identifican diversas bases de datos en distintas corporaciones mostrando información general con una actualización aproximada de 2 a 3 años anteriores y a su vez existen diferentes versiones tales como: Excel ® (formato xls y dbm) (ver Figura 3.8), Google Earth ® (formato kml) y Autocad ® (formato dwg).

Figura 3.8 Ejemplo de relación actual de hidrantes en Ensenada

RELACION DE		HIDRANTES EN		ENSENADA		
# ID	FECHA DE REVISION	TIPO DE HIDRANTE	# DE TOMAS	UBICACIÓN	CONDICIONES	OBSERVACIONES
A-1	4/11/2007	BARRIL HUMEDO	2	C. FRESNO, ARBOLEDAS II		TRES HIDRANTES BIEN Y UNO FUERA DE SERVICIO
A-2	4/11/2007	BARRIL HUMEDO	2	C. DIEZ Y AZTECA, Z.C.	MALA	REQUIERE REPARACION EN GENERAL
A-3	4/11/2007	BARRIL HUMEDO	2	DIEZ Y RYERSON, Z.C.	BUENA	
A-4	4/11/2007	BARRIL HUMEDO	2	RYERSON Y OCTAVA, Z.C.	MALA	REQUIERE REPARACION EN GENERAL

Fuente: DBPC

Debido a la necesidad de datos (características y localización geográfica) que muestren el estado físico de los hidrantes para el control de incendios de Ensenada, la presente propuesta identifica como solución a los SIG, los cuales son una herramienta gráfica de visualización que apoya a la toma de decisiones sistematizando y presentando la información necesaria de hidrantes, así como el nombre de calles, puntos de referencia, entre otros para la localización de los mismos o de una emergencia o el tan solo hecho guiar al batallón de bomberos.

3.3. Diseño conceptual del SIG

3.3.1. Modelado de datos

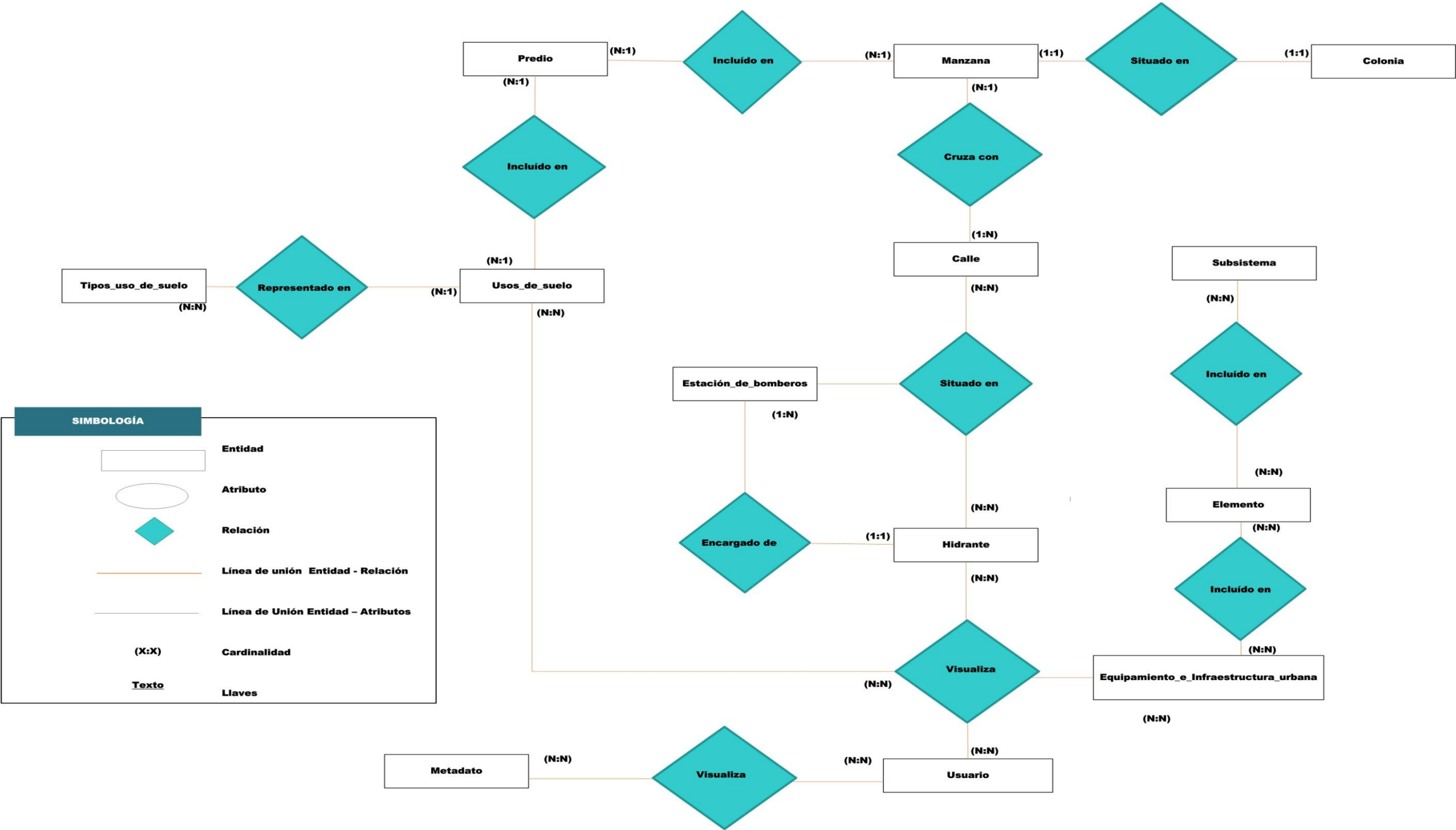
En el modelado de datos se identifica la naturaleza de los datos geográficos y se describe las entidades como las representaciones y los atributos estos últimos son los términos de identificación de cada entidad en la Base de Datos (BD), asimismo se identifica su presentación en el mapa.

3.3.2. Modelo Entidad – Relación

En el modelo de E-R se identifican las necesidades de información y se representan a detalle los atributos y relaciones de las entidades, representadas en el diagrama E-R (ver Figura 3.9).

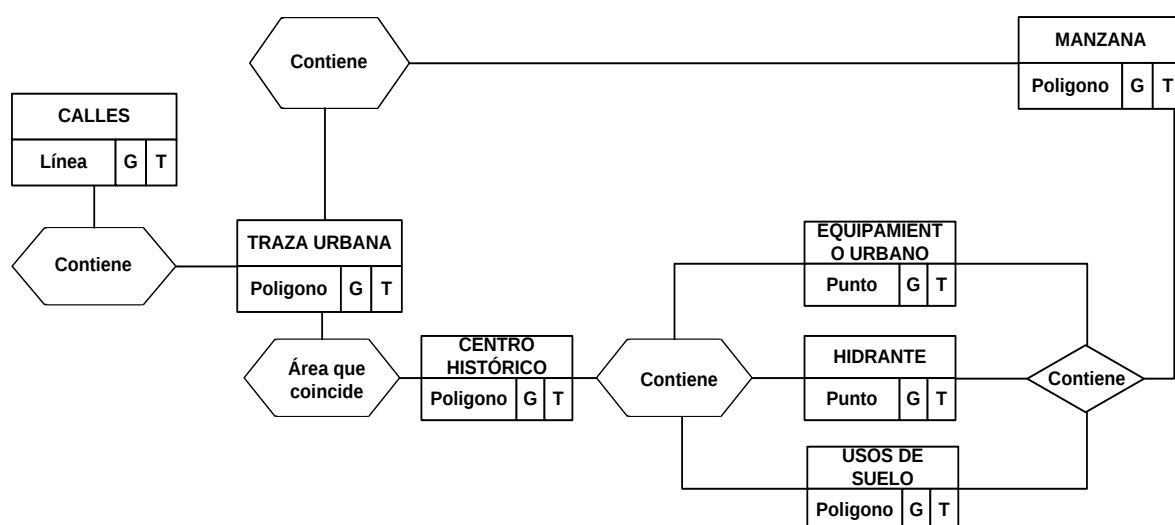
A continuación se presenta el Modelo Entidad-Relación de la base de datos del cual se identifican 13 entidades con sus atributos y relaciones deseables del sistema, estas a su vez se representan de manera tabular.

Figura 3.9 Diagrama Entidad Relación de la base de datos del sistema



La representación de un modelo Entidad - Relación de base de datos en SIG, se realiza identificando las capas que integran el sistema y se utiliza el modelo denominado *Entity – Relationship for Designing GIS Databases* (Becker et al.,1996), en el cual se identifica como principal el modelo tradicional, aportando la simbología para datos espaciales. Para el presente sistema se retoman las entidades y atributos necesarios para presentar el modelo E – R para el diseño de bases de datos de SIG el cual denominaremos E-R SIG (ver Figura 3.10).

Figura 3.10 Modelo Entidad-Relación de los datos espaciales del sistema



El diagrama anterior muestra de manera general las relaciones entre las entidades, los tipos de datos espaciales, sin mostrar a mayor detalle las coordenadas y topologías, por lo que estas anteriores estarán representadas en el SIG integrado para el desarrollo del sistema.

3.3.3. Requerimientos del SIG

Al inicio de esta fase se identifica como organismos principales que aportaron información para la realización del sistema propuesto a: La Comisión de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE), Dirección de Bomberos y Protección Civil (DBPC), al Centro de Control, Comando, Comunicaciones y Cómputo de Ensenada y Mexicali (C4), El Instituto Municipal de Investigación y Planeación de

Ensenada, B.C. (IMIP) y el Radio Operador de la DBPC, quien es el usuario final del sistema propuesto.

Las capas presentadas en el visualizador son localizadas en el área de estudio y representadas mediante iconos referenciales según el caso.

- Capas de presentación gráfica de los polígonos de usos de suelo del centro histórico:
 - Baldíos
 - Comercial y Servicios
 - Equipamiento
 - Habitacional
 - Industrial
 - Mixto
 - Turístico
- Presentación de los Metadatos de la información del sistema.
- Captura geográfica de hidrantes (altas, bajas, modificaciones, consultas y reportes).

La visualización es parte fundamental del sistema propuesto por lo se puede señalar como requerimientos de visualización a los siguientes:

- Visualización de la información geográfica (cartografía e imagen satelital georeferenciada).
- Presentación de las herramientas necesarias para navegación (alejar, acercar, mover, entre otros).
- Selección de información proporcionada al usuario como lo son los hidrantes, cobertura, estaciones de bomberos y más.
- Proyección de datos en WGS 1984 UTM Zone 11N

3.3.4. Diseño de datos de SIG

Como anteriormente se ha indicado el presente sistema se realiza mediante el uso del sistema de coordenadas WGS84.

Las bases de datos creadas en los SIG son especialmente identificadas por el tipo geoespacial, en el presente caso se utilizarán los puntos, líneas y polígonos geoespaciales, estos tipos de datos estarán representados en el desarrollo del diseño conceptual y por su puesto en el desarrollo del sistema.

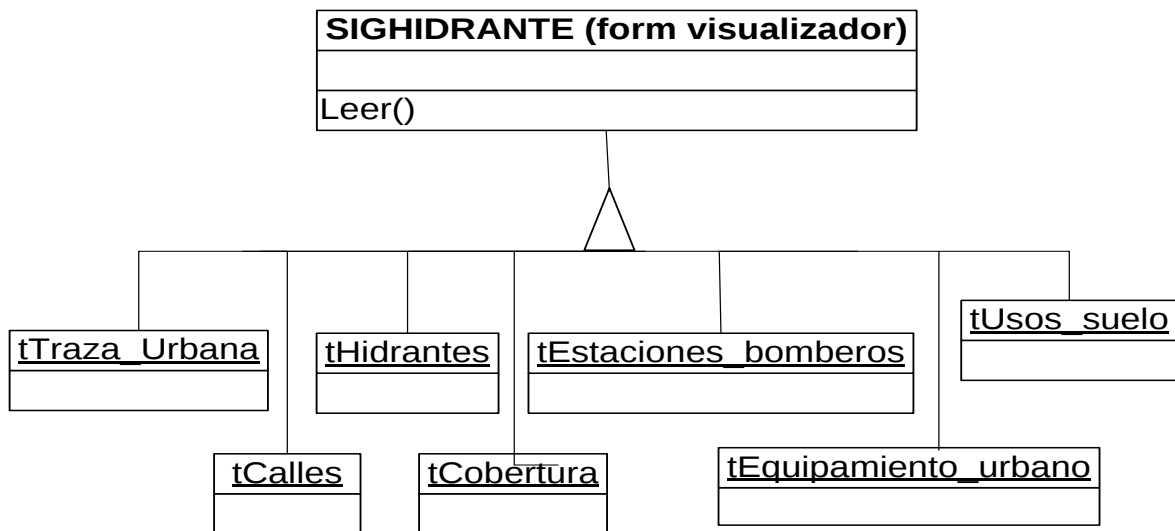
La topología juega un papel muy importante en las base de datos de SIG, ya que al referirse en un punto, línea y polígono geoespacial, las bases de datos son relacionadas de acuerdo al tipo de datos geoespacial. Por ejemplo se puede describir que algunas líneas tienen intersecciones como lo es el caso de calles en el que una dirección se encuentre en una esquina de Calle Cuarta y Avenida Gastélum. Otro ejemplo son los usos de suelo presentados en el sistema, se identifica los límites de los terrenos de los cuales uno no debe sobreponerse a otro y mucho menos dejar espacios en el trazado de los terrenos. Por último los puntos geoespaciales no pueden ocupar la misma latitud y longitud de otro punto.

3.3.5. Diseño de Bases de Datos (BD)

La estructura de la base de datos a utilizar en el sistema se representa el diagrama de clases general de la BD. Estructura que proporcionará el almacenamiento de información, la consulta, la consistencia y la integridad de los datos contenidos en las tablas representadas de cada entidad.

Las entidades que se presentan a continuación son las creadas para el sistema de información geográfica que serán utilizadas en el visualizador. Con el objetivo de dar a conocer la integración de la BD del SIG, será representada de manera estática (ver Figura 3.11).

Figura 3.11 Diagrama de clases de la BD del sistema



3.3.6. Diseño de los metadatos en el sistema

La elección de utilizar metadatos en el sistema se identifica en la *GIS Development Guides*, misma que apoya al ordenamiento de la información y que al contar con la información ordenada se conoce de su ubicación de manera veraz y oportuna, asimismo muestra la disponibilidad de los datos, se administra de una mejor manera y se evita la duplicidad esfuerzos en la elaboración de los datos a presentar.

La representación de los metadatos geospaciales en el presente sistema se realiza utilizando las características del estándar *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (CSDGM), creado por el Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC por sus siglas en inglés), de los Estados Unidos de América, un estándar que es utilizado en Canadá, Reino Unido y otros países (Hansen, s.f.).

Los metadatos que describiremos en el presente apartado son creados mediante el uso del ArcMap 9.2 ® y presentados en formato .txt. En el sistema en el que se presenta los metadatos básicos según la FGDC de cada una de las capas a visualizar en el sistema, ver Figura 3.12.

Figura 3.12 Metadatos de cobertura de hidrantes según FGCD



3.4. Evaluación de *Hardware* (HW) y *Software* (SW)

Después de contar con el diseño conceptual de los datos del sistema, en este caso del SIG, es necesario conocer las necesidades del equipo y/o aplicaciones que pueden utilizarse para el diseño y construcción de la Base de Datos, en lo que respecta a sistemas se pueden mencionar que, para crear el diseño implican diversos elementos, que en su conjunto son de utilidad para el sistema.

Los software utilizados para el diseño del sistema son:

- ArcMap 9.2 ®, para la creación de los .shp, .shx y dbf
- Microsoft Office 2007 ®, utilizado la consulta de los datos necesatios.
- Google Earth 4.3 ® - utilizado para la obtención de la imagen digital georeferenciada (creada por persona externa).
- Kml2Shp Online®, Convert Google Earth data to a Shapefile, Google Chrome (Windows®), utilizado para conversión de archivos de Kml to Shape (c) 2006-2010
- MapSource®. Trip and WaitPoint manager v2 1995 Garmin Ltd. Utilizado para bajar datos de los GPS y plasmarlos la BD.

Estos sistemas son necesarios para la creación del diseño y Construcción del SIG.

Por otro lado, en lo que se refiere al equipo de cómputo, para el presente proyecto fue de gran ayuda el contar con las características necesarias para el proceso e implementación de la propuesta; Pavilion a1240n Desktop, 3.0GHz Intel Pentium® 4, 1GB DDR, 200GB, DVD±RW DL, Windows XP Media Center Edition®, suficiente para elaborar la propuesta de Diseño y construcción de la BD. Esta solución es la más apegada a los requerimientos de funcionalidad, rendimiento, sistemas operativos y licencias de software. Asimismo, es importante mencionar que no se adquirió equipo de cómputo para la propuesta para evitar costos adicionales en el desarrollo del proyecto.

3.5. Diseño y Construcción de la BD

Al mostrar de manera general el diagrama E-R SIG de los datos espaciales que integran el proyecto, se pueden representar de manera detallada cada una de las entidades que intervienen en el sistema, mostrando sus atributos y sus llaves. Esta representación se realiza a partir de la combinación de los modelos E-R y el *Entity – Relationship for Designing GIS Databases*, utilizada en *Local Government GIS Demonstration Grant*.

El detalle de las entidades que se presentan en los modelos de E-R SIG del sistema como lo son las coordenadas y topología se simbolizan en cada entidad como G y T respectivamente, serán representadas en los metadatos y las Entidades restantes se detallan en el Anexo 6.

3.5.1. Entidades y atributos del sistema

Las entidades y sus atributos juegan un papel muy importante en el desarrollo de las aplicaciones, por lo que en el presente proyecto se describen a continuación las principales entidades con la declaración de los atributos de las entidades del sistema propuesto (ver Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Tabla de atributos del sistema (SIG)

Entidad	Atributos	Modelo espacial
Centro_historico	(fid, shape, id, perimeter, área y hectáreas).	Polígono
Traza_urbana	(fid, shape, name y uso).	Poligono
Calles	(fid, shape, id y nombre).	Poligono
Equipamiento_Urbano	(fid, shape, id, subsistema, elemento, nombre, colonia, ubicación, teléfono, fuente).	Nodo
Usos_de_Suelo	(fid, shape, id, cve_col, no_manzana, no_predio, uso de suelo, tipo, subtipo, num_pisos, act_ec, num_establ, observ, área y hectáreas).	Poligono
Hidrante	(fid, shape, fecha, x, y, num_hidra, manzana, num_predi, calle_1, calle_2, frente_a, cuadrante, fecha de rev, tipo_hid, num_toma, num_llave, num_tapas, color_pin, edo_pint, edo_pint, edo_llave, edo_valvu, edo_tapas, acceso, señal, observ, edo_general, cond_espec y fotos).	Nodo
Estación_de_Bombas	(fid, shape, id, subsistema, elemento, nombre, colonia, ubicación, telefono, fuente).	Nodo
Usuario	(id, nombre, primer_ape, segundo_ape, correo, tel, dependencia y contra)	No Aplica
Metadatos	(title, presentation format, dataset language, spatial representation type, processing environment, geographic extent, bounding rectangle, extent type, extent contains the resource, west longitude, east , longitude, north latitude y south latitude).	No Aplica

NOTA: Al definir las entidades y sus atributos se pueden identificar las relaciones existentes. En el presente sistema se identifican las relaciones de tipo N:N (varios a varios), 1:N (uno a varios) y de N:1 (varios a uno), que reflejan la interacción entre entidades y son necesarias para demostrar el funcionamiento de la propuesta.

Por consiguiente, y con el fin de demostrar la propuesta del diseño y construcción de los datos, se presenta la estructura de los archivos del sistema propuesto (ver Figura 3.13).

Figura 3.13 Estructura de archivos del sistema propuesto

Nombre	Tamaño	Tipo	Fecha de modificación
bin		Carpeta de archivos	10/29/2009 1:08
Data		Carpeta de archivos	10/29/2009 1:08
ICONOS		Carpeta de archivos	10/29/2009 1:08
IMAGENES		Carpeta de archivos	10/29/2009 1:08
meta		Carpeta de archivos	10/29/2009 1:08
raster		Carpeta de archivos	10/29/2009 1:08

3.6. Integración del SIG

Una vez trabajados los datos del sistema la integración de las tablas de datos mediante una estructura general se encuentra listo para su adaptación en la propuesta (ver Figura 3.14).

Figura 3.14 Estructura de datos geoespaciales

Calles_Cortadas	3 KB	Archivo DBF	9/29/2009 10:23 AM
Calles_Cortadas	1 KB	Archivo SBN	10/28/2009 7:36 PM
Calles_Cortadas	5 KB	Recurso de forma d...	9/29/2009 10:23 AM
Calles_Cortadas	1 KB	Forma compilada de...	9/29/2009 10:23 AM
Calles_Cortadas.sbx	1 KB	Archivo SBX	10/28/2009 7:36 PM
Cobertura	12 KB	Archivo DBF	9/29/2009 9:48 PM
Cobertura	29 KB	Recurso de forma d...	9/30/2009 11:48 AM
Cobertura	1 KB	Forma compilada de...	9/30/2009 11:48 AM
Estaciones_Bomberos	4 KB	Archivo DBF	9/29/2009 6:11 PM
Estaciones_Bomberos	1 KB	Recurso de forma d...	9/29/2009 6:11 PM
Estaciones_Bomberos	1 KB	Forma compilada de...	9/29/2009 6:11 PM
Hidrantes	12 KB	Archivo DBF	10/18/2009 1:12 PM
Hidrantes	1 KB	Archivo SBN	10/18/2009 1:10 PM
Hidrantes	1 KB	Recurso de forma d...	10/18/2009 1:12 PM
Hidrantes	1 KB	Forma compilada de...	10/18/2009 1:12 PM
Hidrantes.sbx	1 KB	Archivo SBX	10/18/2009 1:10 PM
Traza_Urbana	494 KB	Archivo DBF	9/29/2009 1:29 PM
Traza_Urbana	63 KB	Archivo SBN	10/20/2009 8:23 AM
Traza_Urbana	1,497 KB	Recurso de forma d...	9/29/2009 1:29 PM
Traza_Urbana	53 KB	Forma compilada de...	9/29/2009 1:29 PM
Traza_Urbana.sbx	3 KB	Archivo SBX	10/20/2009 8:23 AM
Usos_Suelo	93 KB	Archivo DBF	9/29/2009 9:16 AM
Usos_Suelo	3 KB	Archivo SBN	9/29/2009 9:21 AM
Usos_Suelo	39 KB	Recurso de forma d...	9/29/2009 9:16 AM
Usos_Suelo	3 KB	Forma compilada de...	9/29/2009 9:16 AM
Usos_Suelo.sbx	1 KB	Archivo SBX	9/29/2009 9:21 AM
Vialidades	2 KB	Archivo DBF	10/28/2009 7:36 PM
Vialidades	1 KB	Archivo SBN	10/28/2009 7:36 PM
Vialidades	13 KB	Recurso de forma d...	10/28/2009 7:36 PM
Vialidades	1 KB	Forma compilada de...	10/28/2009 7:36 PM
Vialidades.sbx	1 KB	Archivo SBX	10/28/2009 7:36 PM

3.7. Desarrollo del SIG

3.7.1. Análisis del Sistema

Al extraer los detalles del análisis del proceso actual, se obtienen las especificaciones de requisitos del sistema a proponer, detallando los requerimientos.

3.7.1.1. Requerimientos básicos o generales

Dentro de los requerimientos básicos o generales del sistema se definen los siguientes.

- Acceso al sistema.
- Visualización de Traza Urbana con las siguientes opciones de activación: nomenclatura de calles, colonias, zona de estudio, imagen satelital
- Visualización de hidrantes geográficamente referenciados, ubicados en la zona de estudio y presentados según su estado: bueno, malo y regular.
- Visualización del área de cobertura de un hidrante presentado en el visualizador que se encuentra dentro del alcance del proyecto.
- Visualización de Infraestructura y Equipamiento caracterizado por: Administración pública, Asistencia social, Comercio, Comunicaciones, Cultura, Educación, Recreación, Salud y Servicios públicos
- Realizar consultas de datos de los hidrantes según selección.
- Muestreo de atributos de los elementos presentados.
- Solicitudes de información a visualizar (capas), con el fin de mantener actualizada la información y presentar la información necesaria para el RO.
- Impresión de mapas y reportes.

3.7.1.2. Requerimientos de seguridad

Con la finalidad de contar con la información veraz y oportuna, que se encuentre disponible e integra, se tomarán en cuenta los requerimientos de seguridad logrando una confidencialidad en sus datos que recaen en:

- La autenticación de los usuarios.

- La administración del sistema.
- Planes de contingencia o respaldos de información.
- El Supervisor tendrá la facultad de introducir información para visualización.
- Solo el RO tendrá la facultad de solicitar información para visualización.
- El acceso al sistema deberá estar condicionado a la obtención de un ID de usuario y una contraseña (para operador y administrador).
- El sistema debe estar al 100% disponible por el tipo de apoyo que ofrece a los RO.
- El sistema no deberá revelar información de los usuarios registrados.
- El acceso al sistema será únicamente para los RO que se encuentran en el C4.

Estos requerimientos son con el objetivo de contar con el activo (información geográfica), minimizando riesgos o amenazas.

3.7.1.3. Perfil de los usuarios

Conforme a las necesidades del C4 y de la importancia de la información, el sistema contará con diversos perfiles de usuarios que tendrán distintos dentro del sistema.

Se describen a continuación los perfiles que se asignarán en el sistema, y sus respectivos atributos o privilegios de los usuarios (ver Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Tabla de características de los usuarios.

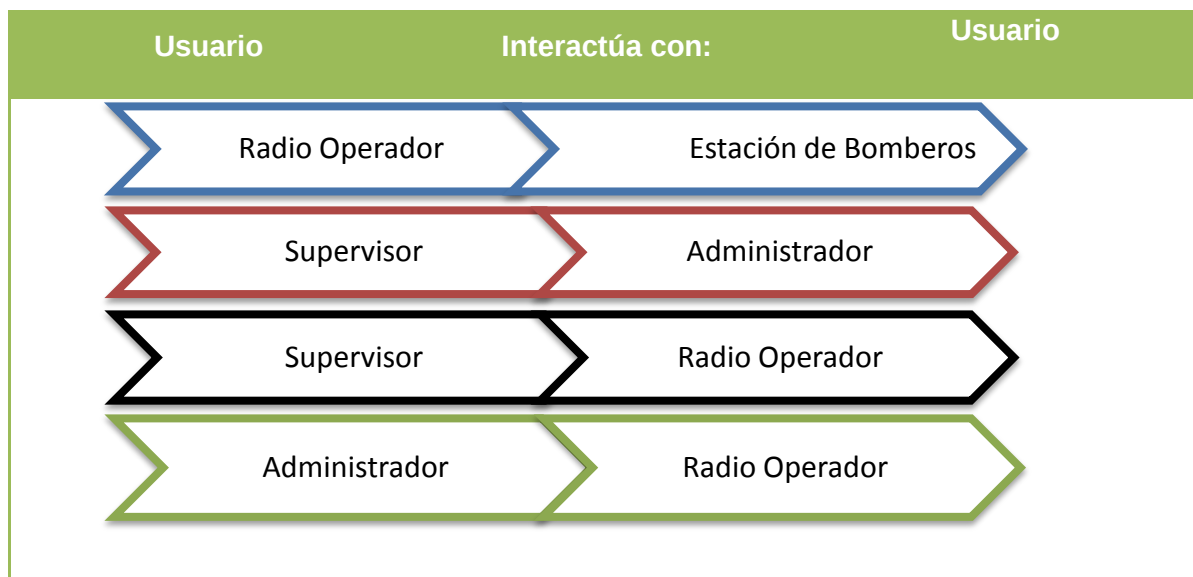
Perfil	Atributos
RO: Radio Operador (personal de la DBPC).	• Solicitud de Acceso • Realización de consultas según información del sistema. • Impresión de reportes de consulta

Perfil	Atributos
Supervisor: Personal del C4 y DBPC con autoridad total de validar las altas y bajas, así como la actualización de la información.	- Alta, consultas, modificaciones y validación de la información. - Impresión de reportes. - Consulta Metadatos
Administrador: Persona encargada de la atención del sistema, BD, registro de usuarios, así como del mantenimiento al sistema.	- Alta de usuarios. - Asignación de atributos a usuarios. - Actualiza el sistema.

3.7.1.4. Interacción de Usuarios

En esta sección se describe de manera general el catálogo de usuarios quienes interactúan entre sí para lograr un objetivo (ver Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Usuarios e interacciones



3.7.2. Diseño del Sistema

Con el fin de satisfacer los requerimientos de información de los usuarios finales, se detallan el diseño del Sistema, dando forma y estructura a la propuesta.

En el proceso del presente apartado se presenta el diseño del sistema que se adapta a la *GIS Development Guides*, descrita con anterioridad y a los requerimientos del Lenguaje de Modelado Unificado (por sus siglas en Inglés UML), estándar para describir procesos, funciones de los procesos de un sistema y como lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema.

UML es una consolidación de muchas de las notaciones y conceptos más usadas en el modelado de sistemas, e inicia como una consolidación del trabajo de Grade Booch, James Rumbaugh, e Ivar Jacobson, creadores de las metodologías orientadas a objetos más populares (Ariadne Training Limited, 2001).

Este Modelo se ha seleccionado por que trabaja con Lenguaje de Objetos en el que se puede realizar análisis y diseño extenso. Existen 13 tipos de Diagramas de UML, de ellos se tomarán los necesarios para identificar los procesos (Object Management Group, Inc., 2009).

El diseño conceptual del sistema representa la parte fundamental del diseño y creación de la base de datos y el SIG a utilizar. Para dar inicio a la creación del sistema se retoma la necesidad de enfocar cuáles serán las funciones del SIG propuesto dejando por el momento las necesidades de equipo de cómputo, equipo de trabajo, datos, entre otros.

Al contar con el análisis del proceso actual que realiza el RO en la identificación de emergencias, se observa la oportunidad de crear un visualizador con la integración de información necesaria para el despliegue, consultas e impresión de los mapas y consultas, para el cual se realiza en el presente apartado el diseño conceptual de la Base de datos.

3.7.2.1. Casos de Uso

El Diagrama de Casos de Uso de UML, es uno de los 13 diagramas de análisis y un diseño en el que se modelan los procesos principales del sistema propuesto (ver Figura 3.15; Figura 3.16; Figura 3.17 y Figura 3.18), con el fin de aproximarnos al diseño enfocados a la problemática encontrada.

Figura 3.15 Caso de Uso de Acceso al Sistema

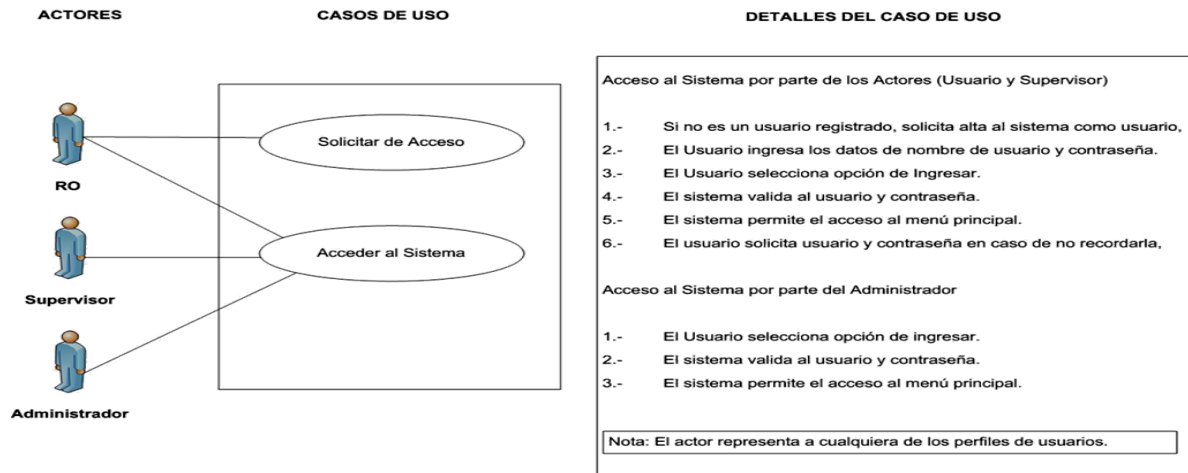


Figura 3.16 Caso de Uso de consulta de Metadatos y solicitudes de actualización de información.

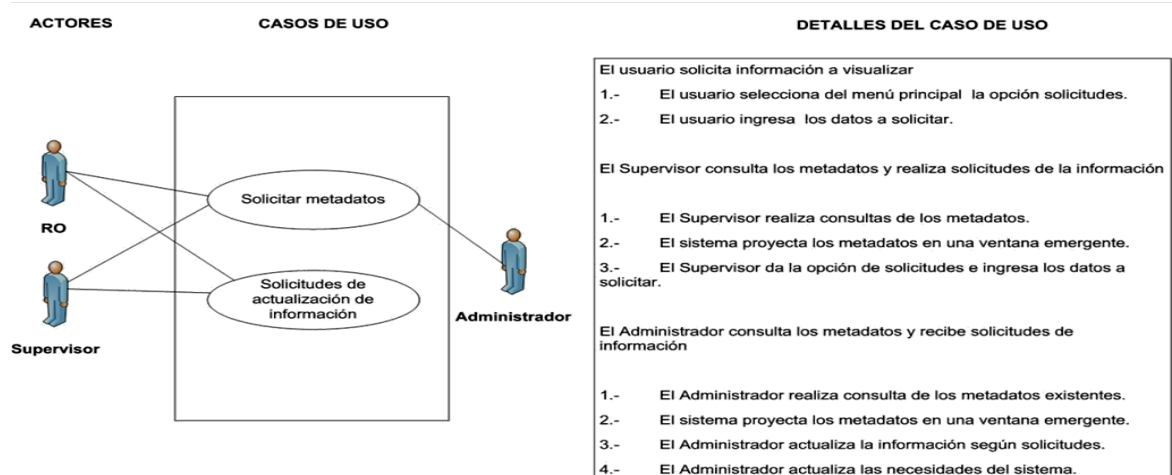


Figura 3.17 Caso de Uso de Impresión de reportes y mapas

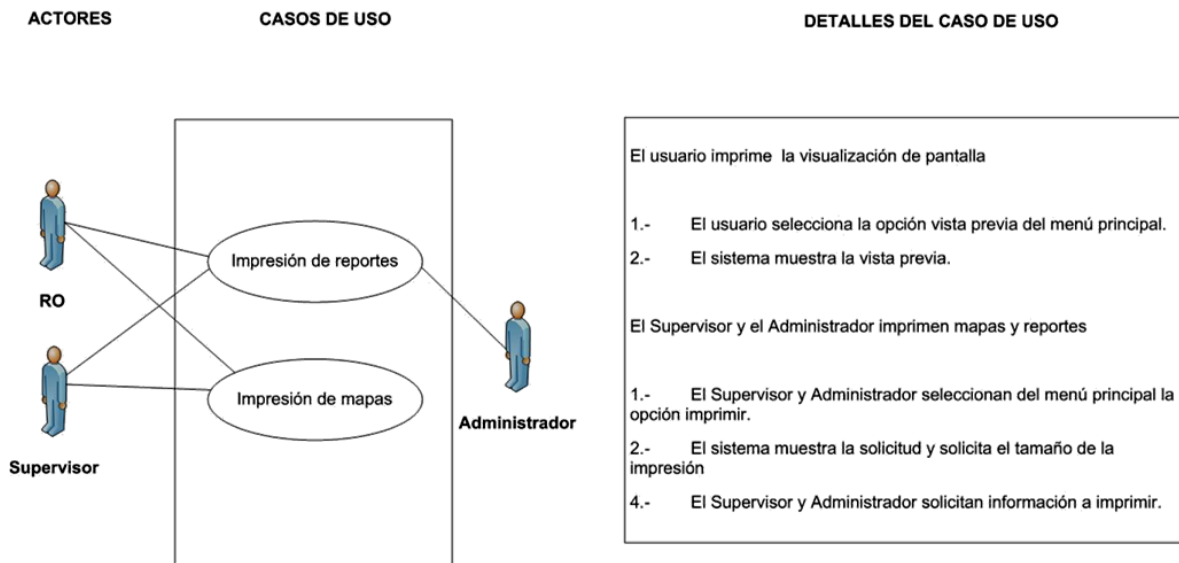
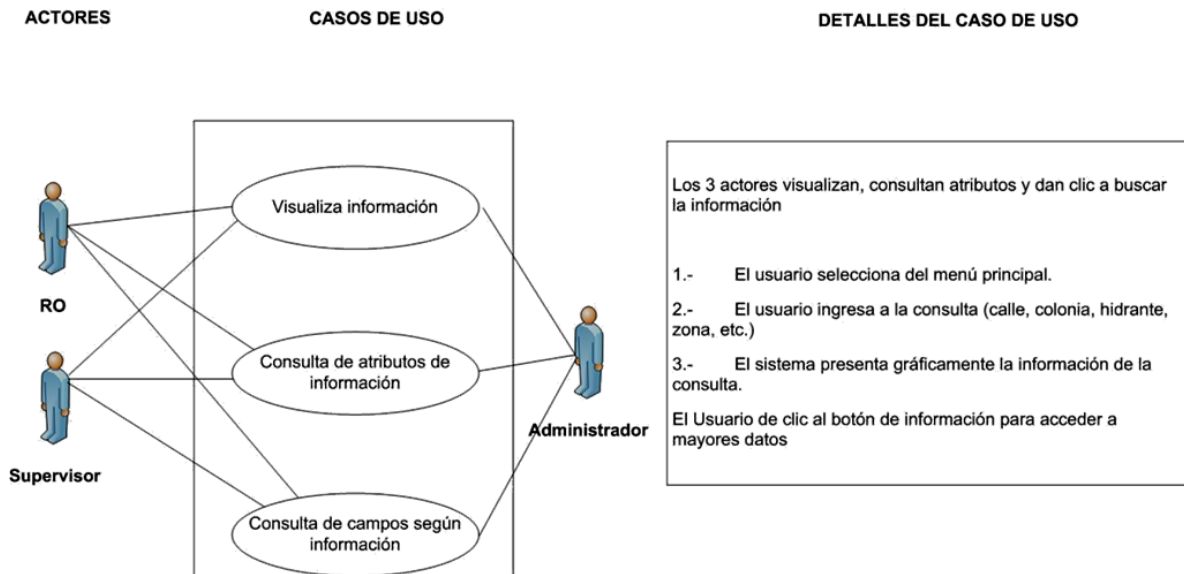


Figura 3.18 Caso de Uso de visualización y consulta de información del sistema

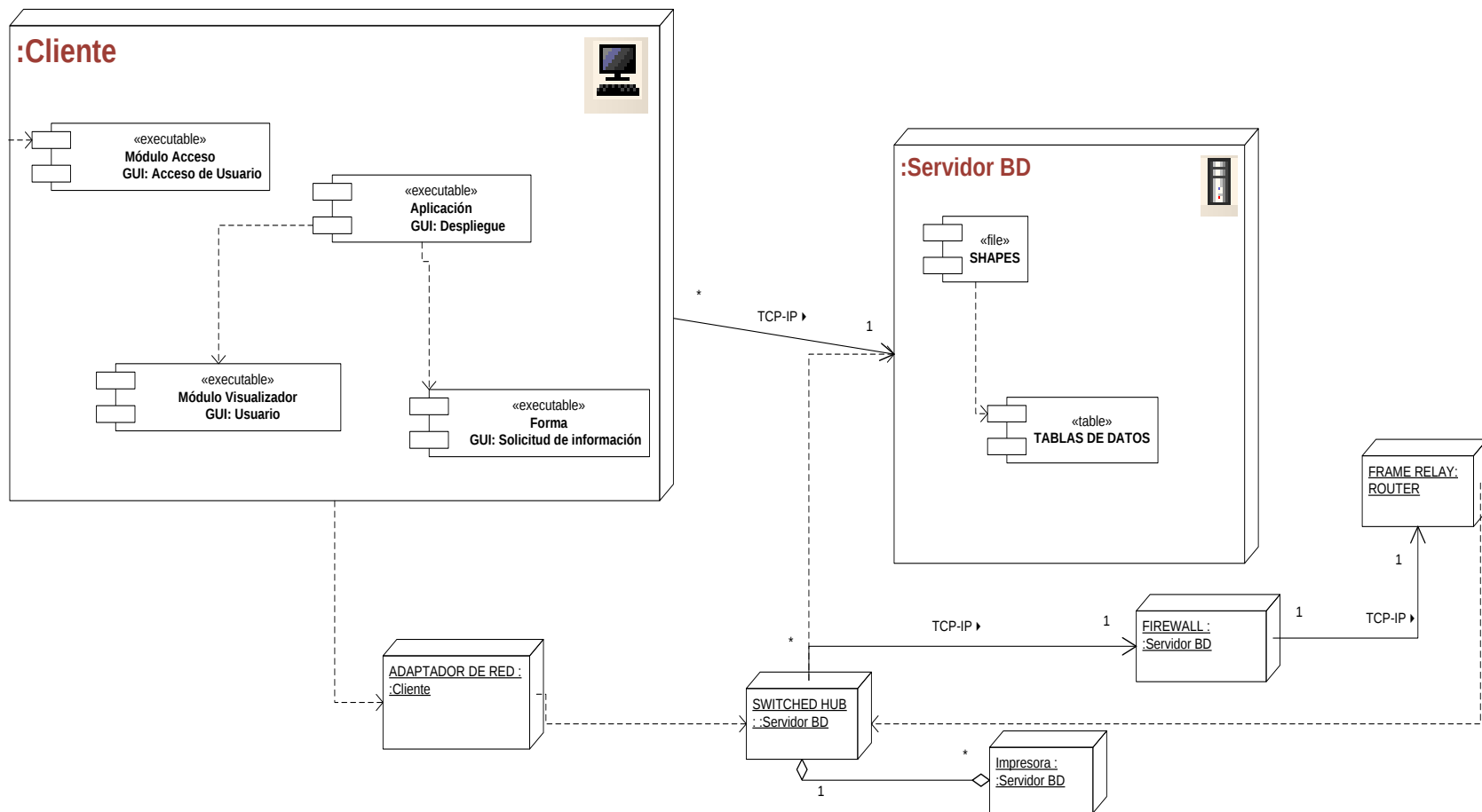


Los casos de uso se pueden visualizar mediante el flujo de datos (ver Anexo 7).

3.7.2.2. Diagrama *Deployment*

Para representar de manera visual los componentes del sistema se muestran en el diagrama *Deployment* con todos los elementos que integran el sistema, así como la ejecución del sistema y los dispositivos (ver Figura 3.19).

Figura 3.19 Diagrama *Deployment*



Partiendo de que el sistema propuesto es un visualizador de sistemas de información geográfica, en el que se deben cumplir ciertos requisitos de administración, de interacción y presentación del despliegue de información. Para que cumpla con los requisitos de programación, el sistema propuesto es diseñado utilizando el paradigma de la Programación Orientada a Objetos (Valencia, 2008).

3.7.3. Implementación del Sistema

El presente apartado tiene el objetivo de presentar la implementación del sistema funcional que recae en el desarrollo del sistema propuesto que se implementa mediante el uso de la aplicación, para esto se muestran lo siguiente:

Al mostrar los datos a implementar se puede describir las funciones principales de la propuesta, en las cuales el usuario final se apoya para la toma de decisiones, para ello se muestra a continuación las representaciones visuales de visualización de cartografía, visualización de imagen satelital, visualización de ubicación de hidrantes y consulta de datos del hidrante (ver .

Figura 3.20; Figura 3.21 y Figura 3.22).

Figura 3.20 Sistema propuesto con visualización de cartografía

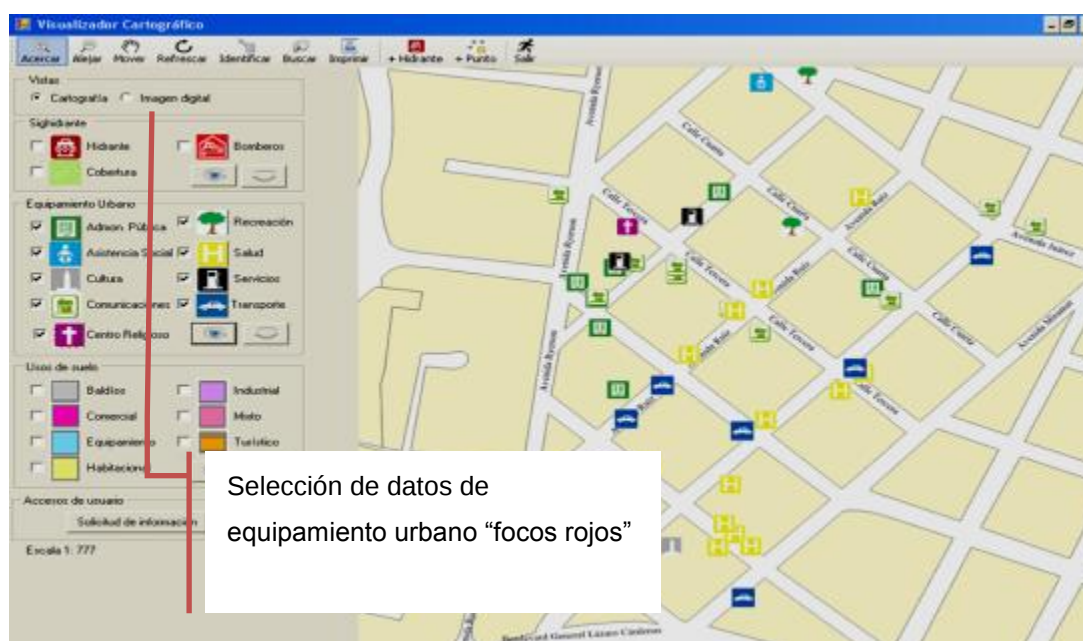


Figura 3.21 Sistema propuesto con visualización de imagen digital.



Figura 3.22 Formulario de mostreo de datos del un hidrante consultado

Identificador

Datos del hidrante:

ID:

No. de Hidrante:

No. Predio:

Edo. General:

Fecha revisado:

Tipo:

No. Tomas:

No. llaves:

Color:

Edo. Pintura:

Edo. Válvula:

Edo. Tapas:

Acceso:

Frente a:

Observaciones:

Especificaciones:

Foto:

Calle 1:

Calle 2:

Manzana:

3.7.3.1. Seguridad del Sistema

La propuesta de seguridad del sistema se basa en la arquitectura en la que trabajará el sistema que en este caso es la cliente/servidor.

Arquitectura que por su característica la seguridad debe ser mayor, ya que trabajará en red contando con varios usuarios. Esta arquitectura demuestra que la comunicación es entre tres elementos importantes que definen las áreas de riesgo al sistema.

Los elementos de la arquitectura cliente/servidor son: Usuario final- Red Local – Servidor. Elementos en los que se enlistan a continuación son posibles riesgos de seguridad (ver Tabla 3.4).

Tabla 3.4 Posibles riesgos en la seguridad de los datos, información.

Cliente	Red Local	Servidor (Datos e Imágenes)
El cliente con descargas de software malicioso.	Información privada expuesta a la red	Ataques maliciosos
Uso frecuente de dispositivos externos	Robo de Información	Daño de información
Robo de Información		Robo de Información

Conocemos que no estamos exentos de cualquier riesgo, por lo que se toman algunas medidas pertinentes para el uso del sistema.

Las medidas a implementar son las siguientes:

- Autenticación de usuarios: esto ayudará a mantener integra la información por parte de los usuarios que no cuentan con permisos necesarios de acceso, apoyándose con anterioridad de los requisitos necesarios para dar el acceso al sistema.

- La información se accede desde el servidor de Base de Datos que cuenta con la seguridad necesaria.
- La información presentada en el sistema no puede ser grabada en carpetas del cliente solo puede ser visualizada.
- La presentación de la información es selectiva utilizando la interfaz gráfica.

Al instalar el sistema hace una conexión segura del cliente al servidor. Asimismo el acceso es restringido y autorizado por el supervisor y/o administrador del sistema.

Para dar seguimiento a la implementación del sistema, el sistema se crea a partir del Lenguaje de desarrollo C# que está orientado a objetos. Bajo los siguientes:

- Plataforma .NET 2.0®
- Lenguaje de desarrollo C#.- Utilizando un lenguaje orientado a objetos
- Uso de software de código abierto NTS (Net Topology Suite)
- SharpMap®

En cuanto a la instalación es necesario guardar en el Disco Duro los archivos: CRRedist2005_x86 y FWTools230 para la ejecución del sistema.

Esta puede ser implementado en una Arquitectura Cliente-Servidor basada en PostgreSQL mediante el uso de: Microsoft .NET 2.0 Framework® or Mono 2.0, Internet Information Server 5.0+ for ASP.NET® applications y ER Mapper® ECW SDK for ECW Support (ver Anexo 8).

Es importante mencionar que la Evaluación del sistema se desarrolla en el siguiente capítulo, ya que forma parte de los objetivos específicos de la propuesta.

4. Evaluación y Resultados

Estudio o evaluación, *Software* (SW) y *hardware* (HW)

La evaluación de *software* y *hardware* se realiza mediante supuestos en caso de ser implementado el sistema propuesto. Asimismo, se percibe que el sistema debe ser desarrollado con el personal adecuado sin realizar compra alguna de un sistema comercial, ya que existen diversas alternativas para realizar el sistema actual y los elementos que en este intervienen.

Por otro lado para poder realizar un estudio de factibilidad económica general como se indica en el método, es necesario contar primeramente con el personal capacitado para realizar un SIG. Asimismo, puede ser realizado con sistemas abiertos.

Visualizando, una estrategia de adopción del sistema y realizando una comparativa de sistemas comerciales como: ArcView ArcGIS 9.3 Single Use License (SOF-ArcView_SU), AutoCAD LT 2006 - PC y MapInfo Professional 10.0 Single User Upgrade; podemos destacar que si se evalúan estos datos arrojan que la realización del proyecto en casa es aún más factible por lo siguiente:

1. Mejora en los servicios que se ofrecen a la ciudadanía.
2. Genera mayor conocimiento de las herramientas de control de incendios.
3. No se requerirán de mayores licencias para el uso y manejo del sistema.
4. La dependencia del sistema no sería de un externo.
5. La información con la que se cuenta es específica o por así decirlo de la localidad.
6. No se necesita de personal altamente capacitado para utilizar el sistema propuesto.
7. La información que se presenta no se encuentra expuesta a pérdida total o parcial, por desconocimiento del uso del sistema.
8. No es necesario crear de nuevo la información, es decir que solo la extraemos de otras dependencias y se adapta al sistema.

9. Se genera recurso humano local.
10. Se estimula a los estudiantes en este tipo de herramientas.
11. Se generan empleos apoyando la economía local.
12. Se estimula la gestión en la realización de diversos proyectos de sistemas.
13. Surgen diversas necesidades similares a la propuesta.
14. Necesidad de generar un SIG integral de Ensenada (ya se está trabajando).
15. Incrementa la participación entre instituciones de gobierno, públicas, privadas y de investigación.
16. Proyectar a la ciudad como una de las más seguras en cuanto a emergencias de incendio se refiera, entre otros.

Por lo anterior, la factibilidad de la propuesta se hace relevante, ya que la propuesta contiene información de proyectos realizados, en consecuencia solo será necesario localizar la información para ser presentada en el sistema propuesto. Además su factibilidad incrementa se percibe que cualquier usuario final no necesita de conocimientos de formatos de los SIG.

En cambio, la evaluación del software es pequeña, ya que como se ha indicado en la fase de metodología solo se hace por medio de la percepción ya que no se cuenta con mayores detalles de este, y como resultado podemos destacar la centralización de la información y su seguridad es totalmente restringida para personas ajenas tomando como base la seguridad e integridad de C4 y sus colaboradores.

4.1. Evaluación del sistema propuesto

A continuación se presentará el proceso de la evaluación de la aceptación, facilidad de uso e intención de uso del sistema propuesto en base al apoyo que ofrezca para la identificación de hidrantes y control de incendios por parte del RO.

Se utilizará el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM por sus siglas en inglés), evaluando la facilidad de uso y percepción de la utilidad del sistema, para así mostrar los resultados de uso y aceptación (Davis, 1989). Algunos autores

mencionan que es un modelo que evalúa básicamente la predisposición al uso, y el uso en sí, del sistema.

Los participantes de la evaluación se identifican como el encargado de la DBPC, Supervisor de C4 y dos RO de la DBPC ubicados en C4, cabe resaltar que el número de participantes en la evaluación es pequeña, pero se identifica sustancial ya que dos de los participantes son los usuarios finales a los cuales les llamamos expertos, por la razón de que cuentan con experiencia en el puesto y mucho más aún conocen del sistema actual. Asimismo, podemos describir que existen 3 RO por día que se encuentran en periodos de 6 a 12 meses en el puesto y son removidos a diversos departamentos de la DBPC. Aportando aún más en el proyecto por su conocimiento de la dependencia.

Ya identificado los participantes en la evaluación, se puede mencionar el proceso en el cual se evalúa el sistema propuesto. Primeramente se presenta el sistema propuesto al encargado de la PC, con el objetivo de mostrar la herramienta y obtener apoyo para la evaluación de la misma. Ya contando con la evaluación del encargado de la de PC, seguidamente se identifica la hora en la que se autoriza el acceso en C4, y en un tiempo en el que exista cambio de turno para así mejorar los tiempos de evaluación.

En consecuencia, al momento de realizar el cambio de turno el primer RO se le presenta de manera general los objetivos del sistema, las funciones y la finalidad del mismo, esto con el fin de dar una breve introductoria y adaptación al sistema. Seguidamente se muestra un punto en específico “incendio” dentro del área del alcance en el cual pueda utilizar la herramienta visualizando las funciones y detalles de la información presentada y por último se aplica la encuesta para evaluar la facilidad de uso y percepción de la utilidad del sistema; esto se realiza de la misma manera al siguiente RO en turno y al supervisor de salida.

El desarrollo de la evaluación se basa en la encuesta (ver Anexo 4) y se toma como muestra de 4 encuestas, de las cuales se describe que 2 son de RO, 1 de supervisor de C4 y la última del encargado de Protección Civil.

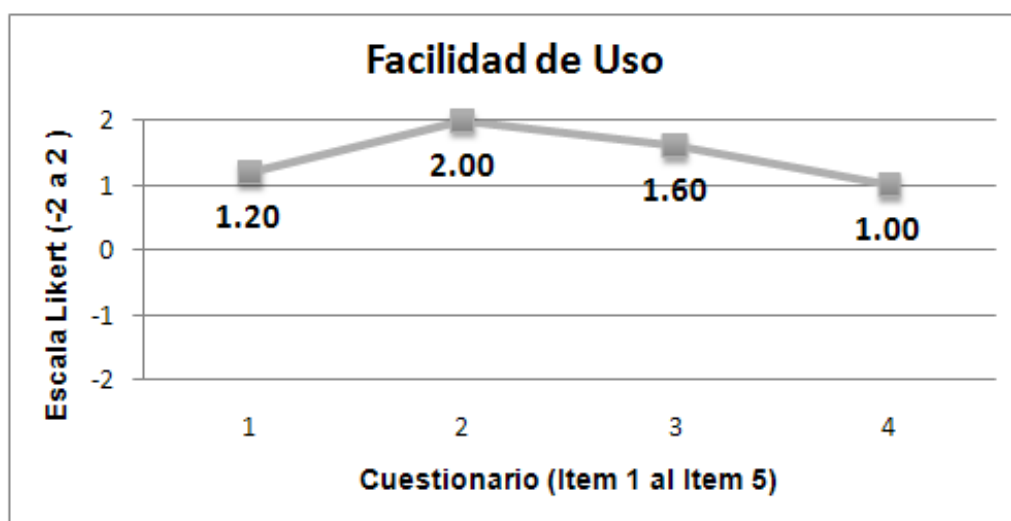
La encuesta aplicada se divide en tres secciones, Datos del encuestado, Cuestionamientos (11) y la sección abierta a comentarios generales.

4.2. Resultados

4.2.1. Facilidad de Uso

Los resultados de este punto indicaron el grado en que las personas encuestadas creen que con el uso del sistema propuesto utilizarán menos esfuerzos para llevar a cabo sus tareas. En la primera sección de la encuesta se retomaron los datos de tiempo en la institución donde se obtuvo un promedio de 4 años 11 meses (59 meses) de estancia en la institución. La sección de cuestionamientos se divide en dos partes la primer parte representó a la Facilidad de Uso (Ítem 1 al Ítem 5), resultando un promedio del 1.5 en lo que corresponde a la facilidad de uso del sistema propuesto (ver Gráfica 4.1).

Gráfica 4.1 Promedio de Evaluaciones de Facilidad de Uso



Por lo anterior, se observó que los RO evalúan al sistema como un sistema de Fácil Uso con una calificación según Likert de 1.8 (“CASI” totalmente de acuerdo) y los usuarios restantes evalúan al sistema con un 1.2 (de acuerdo) (ver Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Percepción según tipo de usuario (Facilidad de Uso)

Facilidad de Uso	
RO	S y J
1.80	1.20

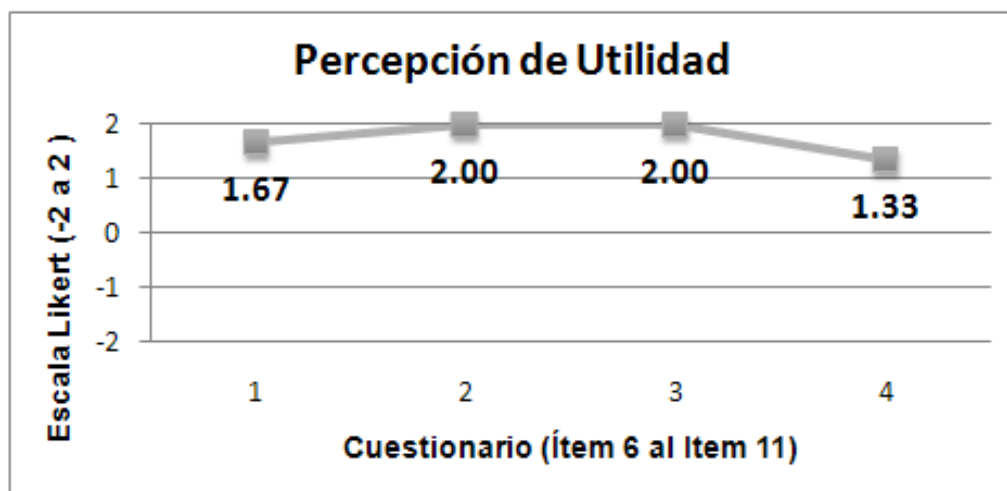
Cabe mencionar que el Ítem 4 (¿Los pasos para realizar una tarea son fáciles de recordar con el sistema?), es el que se califica con un promedio más alto por todos los usuarios (1.75). Esto refleja que los encuestados se encuentran un poco más allá del punto intermedio de lo que es el intervalo de acuerdo y totalmente de acuerdo.

De manera general se puede mostrar que en la sección factibilidad de uso se cuenta con un total de 20 evaluaciones y los resultados muestran que: el 55 % de las evaluaciones se encuentran en totalmente de acuerdo, el 40% en de acuerdo y el 5% en neutro. Cabe destacar que éste último es evaluado por un supervisor.

4.2.2. Percepción de utilidad

La segunda parte de la sección de cuestionamientos representó a la Percepción de Utilidad (Ítem 6 al Ítem 11), resultando un promedio del 1.75 en lo que corresponde a la Percepción de Utilidad del sistema propuesto (ver Gráfica 4.2).

Gráfica 4.2 Promedio de Evaluaciones de Percepción de Utilidad



Por lo anterior, se observó que los RO evalúan al sistema como un sistema de gran utilidad con una calificación según Likert de 2.0 (totalmente de acuerdo) y los usuarios restantes evalúan al sistema con un 1.5 (“CASI” total mente de acuerdo) (ver Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Percepción según tipode usuario (Percepción de Utilidad)

Percepción de Utilidad	
RO	S y J
2.00	1.50

Cabe mencionar que el Ítem 11 (¿Utilizar el sistema hace más eficiente la toma de decisiones en caso de alguna emergencia en comparación al sistema actual?), es el que se califica con el promedio más alto por todos los usuarios (2.0). Esto refleja que los encuestados se encuentran totalmente de acuerdo con la utilidad del sistema.

De manera general se puede mostrar que en la sección percepción de utilidad cuenta con un total de 24 evaluaciones y los resultados muestran que: el 75 % de las evaluaciones se encuentran en totalmente de acuerdo y un 25% de acuerdo.

4.3. Discusión

Los encuestados señalan que no requieren de conocimientos técnicos para la utilización del sistema, por lo que el supervisor menciona que está de acuerdo en no obtener conocimientos especializados para aprender a utilizar el sistema. De ahí se percibe que los RO están familiarizado con algún tipo de visualizador cartográfico y que cuentan con conocimientos básicos para el uso diario de la propuesta.

De igual manera, se percibe que la interacción con el sistema propuesto es relativamente sencilla, esto se observa positivamente. Por otra parte los RO que son los usuarios finales indican que las tareas para la presentación de información en el visualizador o sistema propuesto son amigables.

Por otro lado, las acciones que realizan los RO en el sistema propuesto son de su conocimiento, esto refleja que se encuentran familiarizados con el sistema actual, pero indican que se encuentra de acuerdo, esto refleja que existe la baja posibilidad de cierto rechazo a la propuesta en el cual se visualizó como la percepción al cambio del sistema. Por el contrario, se percibió que las evaluaciones del sistema propuesto se encuentran entre los porcentajes altos.

En base a esto se deduce que al presentar el sistema propuesto y evaluar su usabilidad, la facilidad de uso de la herramienta motiva ya que es una herramienta nueva.

Ahora bien, si se habla de la Percepción de utilidad los RO califican el sistema en la evaluación más alta mostrando un total acuerdo ya que perciben que mediante el uso de la propuesta mejorarán el desempeño de sus actividades, esto se refleja al contar con mayor información de equipamiento urbano, de hidrantes y su cobertura y por supuesto de las estaciones de bomberos. Asimismo el supervisor se muestra de acuerdo ya que es un sistema que contiene los elementos orientados a las actividades de los RO de la DBPC.

Los resultados en la facilidad de uso mostraron que en la mayoría de los casos cuando se implementa una nueva herramienta, proceso, actividad dentro del campo laboral, los usuarios finales no están familiarizados con el sistema por lo que al contar con un sistema nuevo como lo es el caso, contarán con algunas inquietudes y desconocimiento de la misma.

Más aún, la percepción recibida por el encuestador es relativamente nutrida, ya que los entrevistados se encontraron motivados en la evaluación y proporcionando más detalles y sugerencias al sistema. Esto se identifica que si se involucra en el desarrollo de sistemas a los usuarios finales las herramientas propuestas contarán con apoyo en su implementación y seguimiento. Asimismo, los RO se mostraron interesados en la utilización de la herramienta e indicaron en las encuestas que facilitará su trabajo, dando mayor información a los maquinistas y/o estaciones de

bomberos, asimismo mencionan que el sistema que prefieren es el propuesto, porque contiene la información actualizada y más personas tendrían acceso a ello.

5. Conclusiones

Con base en el trabajo de campo y técnicas de reingeniería de procesos, se determinaron las características de un SIG para el apoyo a la atención oportuna de emergencias, se pudo identificar la importancia que tiene la información georeferenciada para el RO de C4. Dicho apoyo es reflejando en las capas de: traza urbana, puntos de referencia, vialidades, usos de suelo, estaciones de bomberos, hidrantes y su cobertura, presentadas en una cartografía plana con el alcance identificado en la introducción del presente documento, que fueron integradas a la propuesta.

Con base en este entendimiento se propuso el desarrollo de un sistema SIG con las siguientes características: información general e imágenes de los hidrantes de la zona, realizando su consulta mediante un visualizador gráfico explorando la traza urbana de la zona de estudio. Asimismo, se muestran focos rojos, usos de suelo, cobertura de los hidrantes, ubicación de las estaciones de bomberos de la zona. También se realizó el diseño conceptual del SIG mostrando sus principales elementos en una proyección UTM bajo un sistema de referencias WGS84, representados en capas según su tipo (punto, línea o polígono), como: capa de vialidades, traza urbana, hidrantes y su cobertura.

Siguiendo una metodología para el desarrollo de software, se hizo el análisis, diseño e implementación del sistema, con lo cual se obtuvo una aplicación SIG de escritorio, que presenta de manera gráfica la información georeferenciada requerida por el RO. La aplicación contiene los módulos de acceso, solicitud de acceso, visualizador cartográfico y visualizador de imagen satelital, así como el módulo de solicitud de información y metadatos, integrados para el apoyo a la toma de decisiones del RO.

El sistema implementado incluye el acceso a los metadatos, los cuales son parte de una administración de sistemas integral que presenta el cómo, dónde y qué se puede integrar a la propuesta.

Finalmente, se realizó una evaluación del sistema, con una muestra de 4 usuarios (2 finales y 2 indirectos), aplicando el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), para sistemas nuevos donde los usuarios finales deciden el cómo y cuándo hacen uso de una herramienta y estimar la intención de uso del sistema por parte de los usuarios potenciales. Cabe señalar que estas evaluaciones se realizaron a los usuarios principales. Asimismo, se ha demostrado que entre mayor jerarquía en las organizaciones menor percepción de utilidad y por supuesto baja facilidad de uso ya que no son usuarios frecuentes.

De tal manera que tomando en cuenta los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

1. Los datos geográficos pueden ser utilizados para dar soporte a los servicios de identificación, control y mitigación de una emergencia como lo es el incendio.
2. La creación de los sistemas y la automatización de procesos, no son las únicas soluciones que pueden dar apoyo a los RO ya que se percibe que es necesario la interacción hombre máquina mediante la retroalimentación que en este caso se ve reflejado en el módulo de solicitud de información.
3. La Percepción de Utilidad del sistema fue positiva ya que resultandos muestran que están totalmente de acuerdo 2 de 2 de usuarios finales, esto se corrobora y percibe con lo expresado en el momento de realizar la encuesta, también se puede concluir que al contar con una percepción de utilidad alta como lo es el caso, por lo que la información presentada será en gran medida de apoyo para los RO en la toma de decisiones.
4. Respecto a la facilidad de uso, se concluye que los usuarios finales perciben que es de fácil uso, ya que 2 de 10 Ítems evaluados se encuentran de acuerdo según la evaluación de 2 usuarios finales que en conclusión se determina que es por la falta de familiarización con la aplicación y que a corto plazo los usuarios pueden estar totalmente satisfechos con la usabilidad.

5. Por último, se puede concluir que se mejora la aceptación tecnológica al realizar una introducción al sistema, en el que se observa la inquietud de explorar la información existente de la propuesta. y se concluye que el sistema propuesto es sencillo de utilizar y será de gran utilidad para sus usuarios finales según los resultados de la evaluación.

Cabe mencionar que en la justificación se describe el inicio de un estrecho contacto entre los sectores de gobierno, educativo y empresarial, por lo que se propone esta vinculación a través de convenios de colaboración entre dichos sectores con la finalidad de inversión, creación, administración del sistema así como la recolección de los datos que se presentarán en el sistema propuesto, ya que se cuenta con el personal especializado y con experiencia para llevar a cabo dichas relaciones.

Finalmente, se puede señalar que el presente documento cuenta con el desarrollo del sistema propuesto; la definición del padrón de hidrantes y demás información propuesta en los objetivos particulares, así como la evaluación del sistema, esto indica que se cumple los objetivos planteados al inicio de la propuesta.

6. Recomendaciones y Trabajo Futuro

Al inicio del presente documento se propuso un Sistema de Información Geográfica (SIG) que mediante su uso contribuya a la toma de decisiones oportunas por parte del personal de la DBPC (RO en C4), en la atención de siniestros del municipio de Ensenada, B.C., del cual se obtiene la creación de un sistema inicial implementado localmente para ser evaluado por los usuarios finales en base a la aceptación tecnológica. Es por ello que, se han identificado líneas de acción en lo que se refiere al seguimiento de la propuesta, identificando lo siguiente:

1. Al utilizar los datos para dar apoyo a las llamadas de emergencia, se recomienda incrementar paulatinamente el alcance de la información geográfica en cuanto a usos de suelo, equipamiento urbano e información existen de hidrantes con la finalidad de insertarlos a la aplicación y hacer uso de la misma.
2. En lo que respecta a la retroalimentación del sistema se propone dar seguimiento a las solicitudes de información que realizan los RO, aportando así mayor información o mejoras al sistema, claro está que antes deben ser analizadas las propuestas para su implementación.
3. Agregar de un módulo del estado del clima ya que se percibe que este módulo dará apoyo a la toma de decisiones, esto fue recomendado por un supervisor en las encuestas realizadas. La otra recomendación principal es mejorar los tiempos de respuesta de una emergencia, por lo que es recomendable realizar la versión móvil del presente sistema, que de apoyo a los tomadores de decisiones en caso de un siniestro y a los jefes de batallón que van en una bombera al momento de una emergencia.

Por último se recomienda, mantener un inventario de hidrantes actualizado mediante la implementación del sistema en RED en las ocho estaciones de bomberos y en C4. Presentando la información más actualizada y realizando reingeniería de procesos en lo que respecta al proceso de mantenimiento de los hidrantes.

Anexos

Formato de Inspección de Hidrantes de la Dirección de Bomberos y Protección Civil del XVIII Ayuntamiento de Ensenada.



XVIII AYUNTAMIENTO DE ENSENADA
DIRECCION DE BOMBEROS Y PROTECCION CIVIL
DEPARTAMENTO TECNICO

FORMATO DE INSPECCION DE HIDRANTES

FECHA: ____ de ____ de 200__		HORA ____ : ____ hrs.	No. ID: ____												
TIPO DE HIDRANTE		☐ 1 Toma ☐ 2 Tomas ☐ 3 Tomas ☐ Otro													
Especifique c/u: _____															
PINTURA	Color: _____ ☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala														
SEÑALIZACIÓN	Color: _____ ☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala														
ACCESIBILIDAD	☐ Fácil ☐ Regular ☐ Complicada														
CONDICIONES															
Llave	☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala	Especifique: _____													
Válvula	☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala	Especifique: _____													
Tapas	☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala	Especifique: _____													
Presión de Agua	☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala	Especifique: _____													
UBICACIÓN	<table border="1" style="width: 100%; height: 100px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 33%;"></td><td style="width: 33%;"></td><td style="width: 33%;"></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>														
Calle _____ frente a _____															
Entre _____ y _____															
Col. _____															
OBSERVACIONES: _____															

INSPECCIONÓ:

Anexo 2

Listado de Sistemas de Información Geográfica de planeación y respuesta a emergencias (modificada de: Cova, 1999).

Ejemplos de incursiones de SIG hacia la fase de preparación y respuesta de una emergencia		
Pregunta Espacial	Campo de Aplicación	Ejemplo de SIG
¿Cuál es la extensión espacial del área impactada y cuáles son las pérdidas esperadas?	Estado de preparación para el desastre y sistemas de respuesta	Terremoto (Routh, 1990) Derrame de petróleo en el mar (Friel et al, 1993) Falla de una presa (Kragt et al, 1993) Incendio forestal (Goulstone-Grunland et al, 1994) Todos los peligros (Linz and Bryant, 1994) Derrame Químico (Lu and Xiang, 1995) Inundación (Fulcher et al, 1995) Accidente Radio Lógico (Guber et al, 1995) Huracán (Corbley, 1995)
¿Cuáles son las mejores rutas disponibles para el despliegue de vehículos de emergencia?	Rutas para vehículos de emergencia	Localización automática de Vehículos (Zografos and Douglieris, 1991) Administración de flotas (Karimi, 1993)
¿Cómo podemos identificar buenas rutas de evacuación y desarrollar planes de evacuación?	Planeación de evacuación	Análisis de rutas (Dunn, 1992) Modelado por simulación (Silva et al, 1993) Vulnerabilidad de evacuación (Cova and Church, 1997)
¿Qué poblaciones necesitan ser evacuadas?	Zonificación de evacuación	Derrame Químico (Cartwright, 1990) Huracán(Corbley, 1995)
¿Cómo podemos localizar inmediatamente una solicitud de emergencia en un mapa?	911 mejorado(E-911 Llamadas de emergencia)	Todas las emergencias (Fitzgibbon, 1993)

Evaluación de Costos del sistema

PROYECTO: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG), PARA LA ATENCIÓN OPORTUNA DE SINIESTROS					
COSTOS DEL SISTEMA					
					TOTAL
CONCEPTO	CANTIDAD	TIEMPO (MES)	COSTO	TOTAL	
HONORARIOS					
Trabajo de campo (Recolección de Información)	1	3	\$ 4,000.00	\$ 12,000.00	
Técnico en desarrollo del SIG	1	2	8,000.00	\$ 16,000.00	
Técnico programador	1	3	8,000.00	\$ 24,000.00	
Programador del Sistema	1	3	11,000.00	\$ 33,000.00	
TOTAL DE HONORARIOS					85,000.00
SOFTWARE					
ESRI® ArcMap™ 9.2	1		22,921.00	22,921.00	
Using XTools Pro for ArcGIS Versión 5.3 2003-2008 Data East., LLC	1		7,254.00	7,254.00	
Visual Studio 2005 Professional Edition	1		7,616.60	7,616.60	
MapSource City Navigator North America NT versión 8	1		1,135.44	1,135.44	
TOTAL DE SOFTWARE					38,927.04
TOTAL					\$ 123,927.04

Formato de padrón de hidrantes en Centro Histórico

[illegible]

Encuesta de evaluación del sistema utilizando el TAM

El presente cuestionario tiene el objetivo general: Conocer la percepción de los usuarios, respecto a la herramienta que se desea implantar.

Datos del encuestado

Puesto que desempeña: _____

Institución: _____

Tiempo en la institución: _____ meses

Instrucciones: Marque con una X la respuesta que crea conveniente:

1. No requiero de conocimientos técnicos especializados para aprender a utilizar el sistema

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
2. La interacción con el sistema es más sencilla con respecto al sistema actual (AVL)

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
3. La presentación del sistema es agradable en comparación al sistema actual

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
4. Los pasos para realizar una tarea son fáciles de recordar con el sistema

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
5. En el sistema identifiqué fácilmente el tipo de acción que se debe realizar

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
6. Utilizar el sistema en apoyo a mis actividades, permite realizar mis tareas de manera más efectiva y rápida como radio operador, que al utilizar el sistema actual (AVL)

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
7. El sistema cuenta con mayor información que apoya al control de incendios que el sistema actual

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
8. Utilizando el sistema, se incrementará la identificación del estado de los hidrantes con respecto al sistema actual

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
9. El nivel de identificación de inmuebles de alto riesgo puede incrementarse por el uso del sistema, más que por el sistema actual (AVL)

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
10. Utilizar el sistema mejorará la interacción con las estaciones y batallón de bomberos asignados a un incendio

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------
11. Utilizar el sistema hace más eficiente la toma de decisiones en caso de alguna emergencia en comparación al sistema actual

totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	neutro	de acuerdo	totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------	------------	-----------------------

Comentarios Generales

12. ¿Cuál sistema prefiere para identificar equipo de control de incendios, el AVL que utiliza actualmente o el **sistema propuesto**? _____
- ¿Porqué? _____
- _____

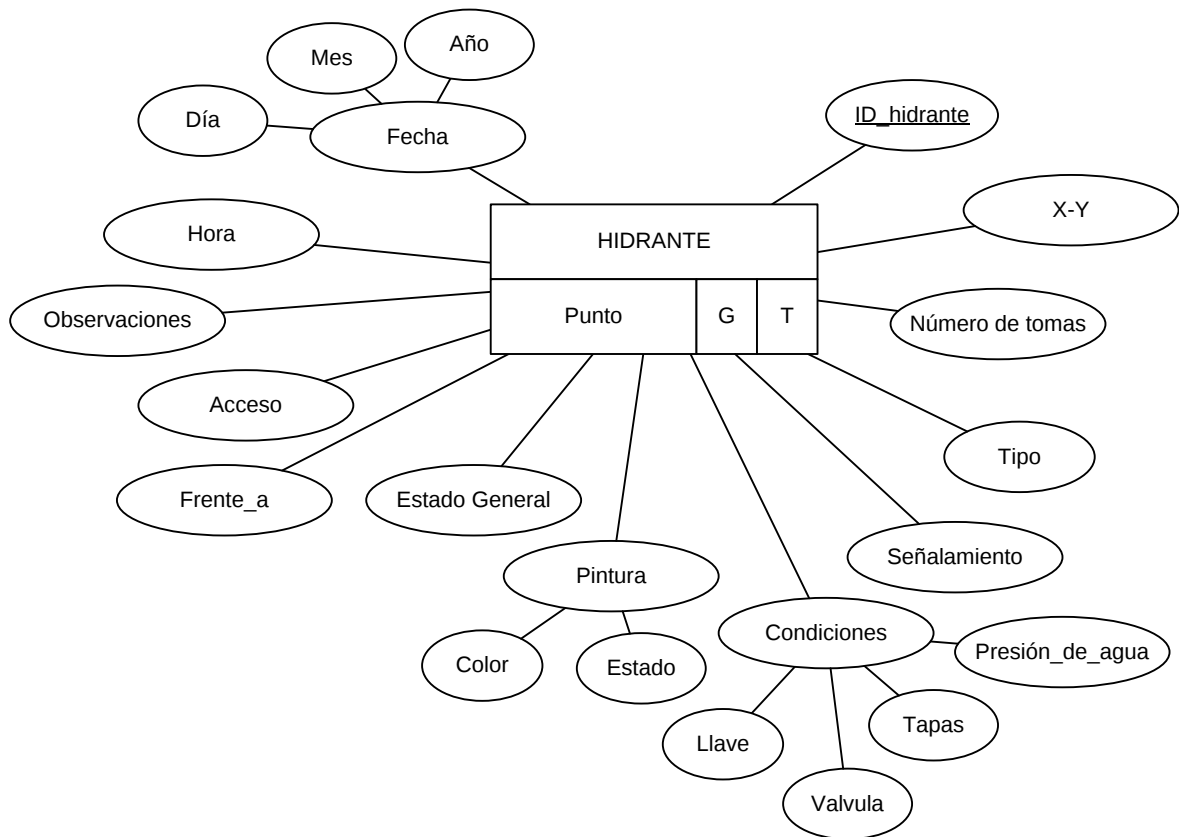
Octubre de 2009.

Gracias por su apoyo.

Entidades del sistema

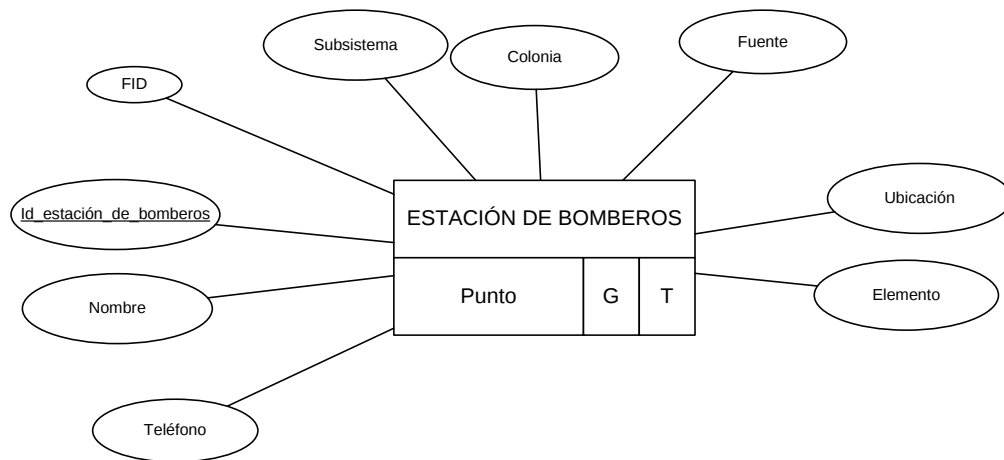
Entidad Hidrante

La entidad hidrante es una entidad principal del sistema ya que es el caso de estudio y en el que se muestra con mayor detalle los atributos que identifican a un hidrante espacialmente referenciado y que por su naturaleza espacial es de tipo punto que detalla los quince atributos que confirman la entidad, sin describir las coordenadas y su topología, ya que estas dos últimas serán mostradas en su momento.



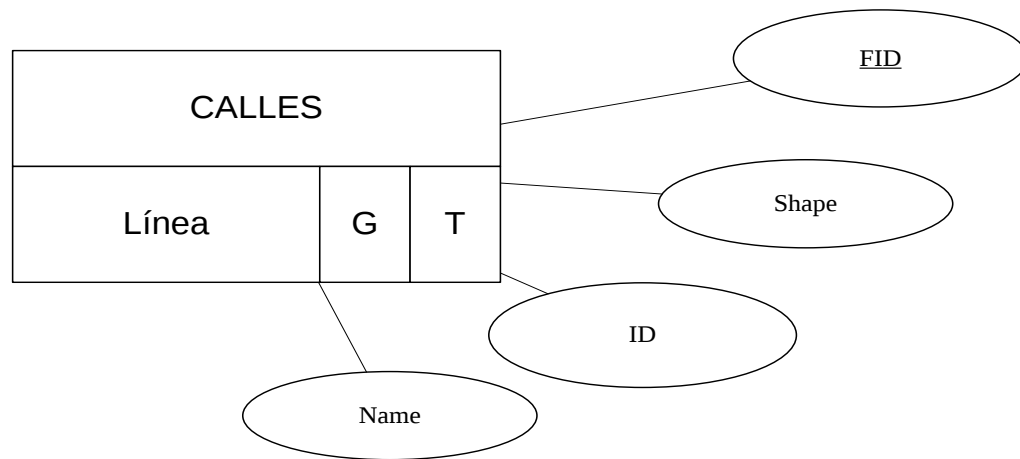
Entidad Estación de Bomberos y sus atributos

Estación de bomberos es una entidad del sistema y se identifica como equipamiento del control de incendios y en la que se muestra con mayor detalle los atributos de los puntos geospaciales que detalla los nueve atributos que confirman la utilidad de la entidad.

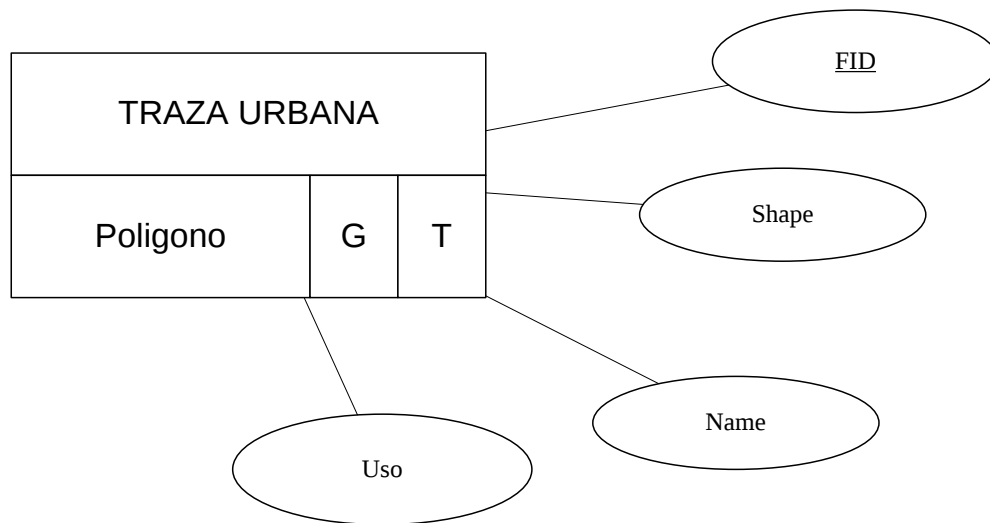


El detalle de las entidades que se presentan en los modelos de E-R SIG del sistema como lo son las coordenadas y topología se simbolizan en cada entidad como G y T respectivamente.

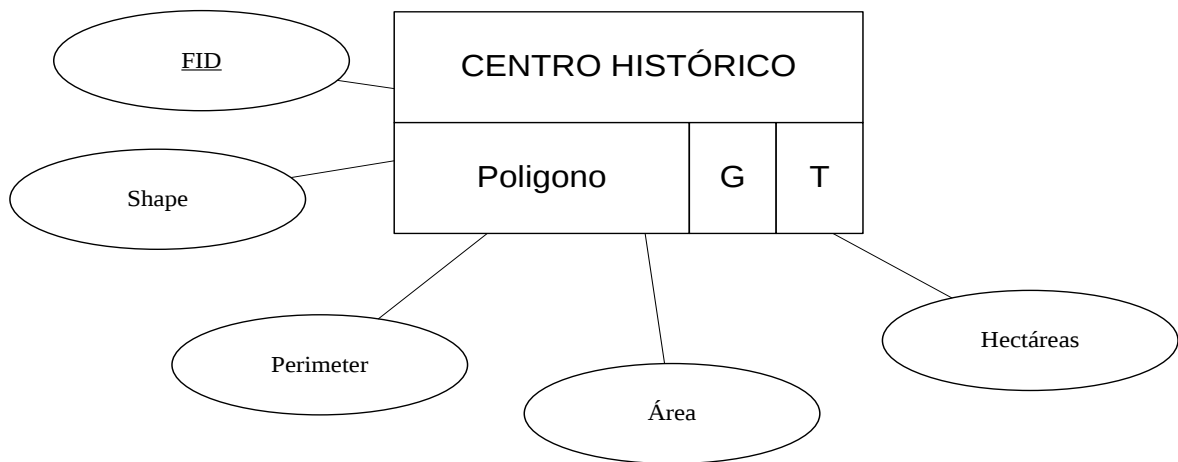
La entidad calles es una entidad de tipo línea que cuenta con cuatro atributos representados por los óvalos, sin mostrar detalles de coordenadas (G) ni topología (T)



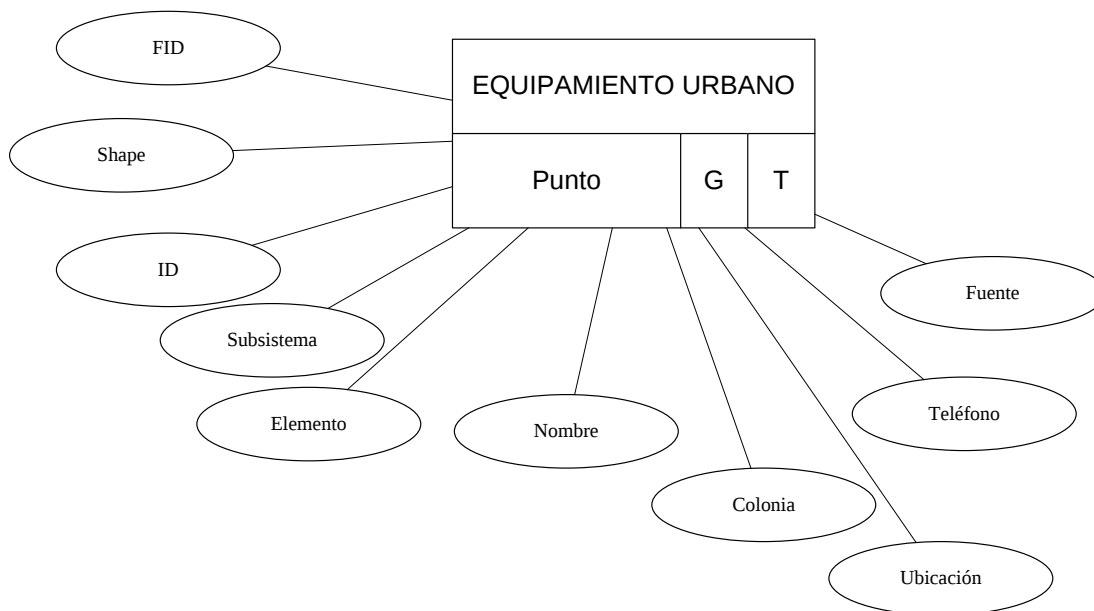
La traza urbana se identifica como segunda entidad identificada del sistema que de igual manera que la anterior cuenta con cuatro atributos importantes y por su naturaleza es una entidad de tipo polígono sin detalles de Coordenadas y topologías.



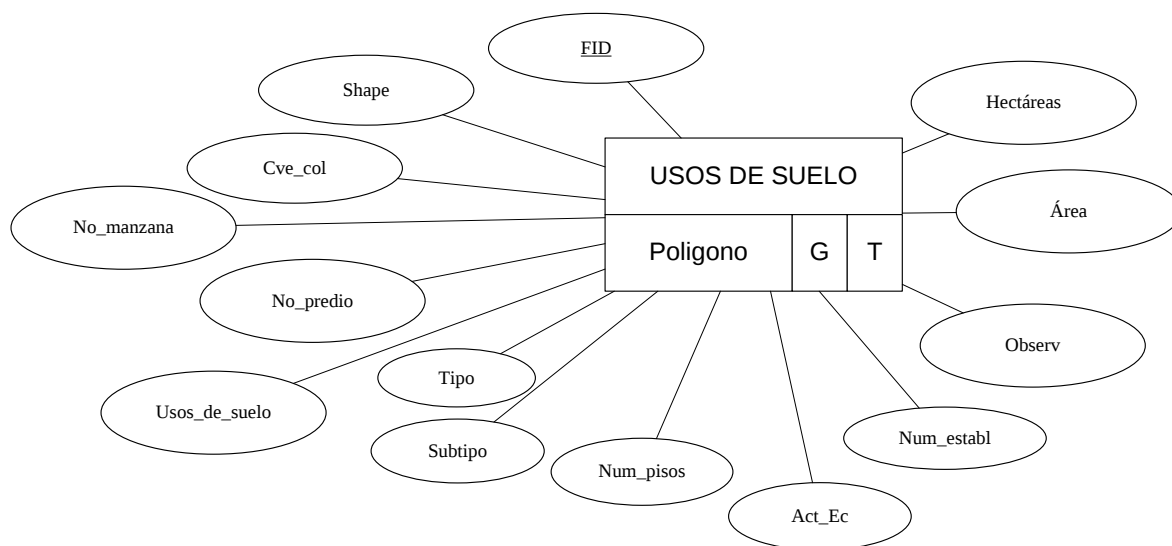
El área de estudio del sistema se denomina centro histórico que por sus características geográficas se cataloga de tipo polígono y contiene cinco atributos que la caracterizan como tal.



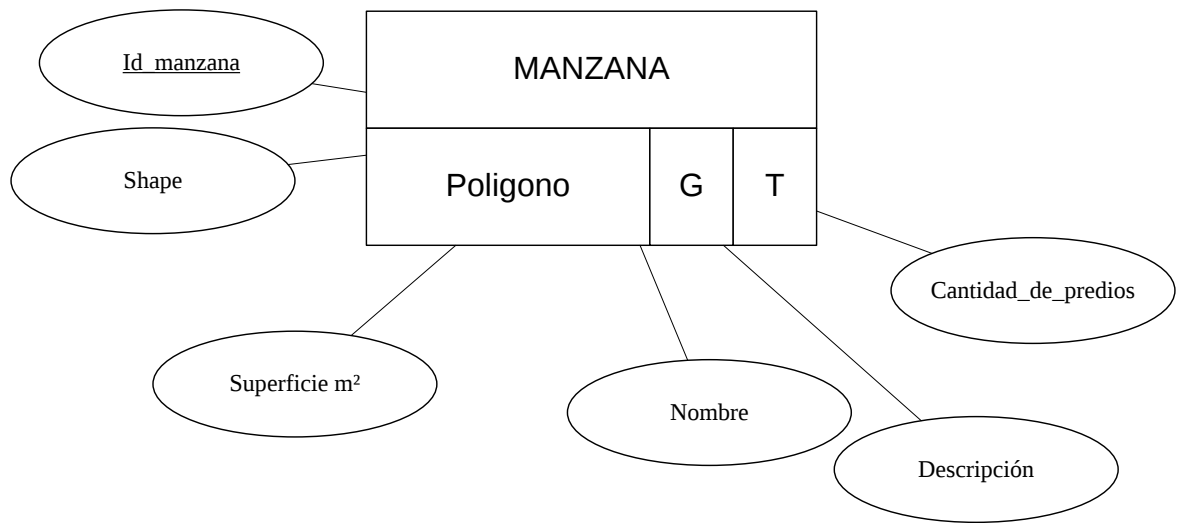
La cuarta entidad denominada **equipamiento urbano** del Modelo general de E-R SIG, cuenta con diez atributos y se identifica de punto según su tipo espacial.



Los usos de suelo a presentar en el sistema que por su forma espacial se identifica de tipo polígono, con un total de catorce atributos que muestran de manera general las características del mismo..



Las manzanas que contiene la traza urbana se muestran en la entidad manzana de tipo espacial polígono, con un total de seis atributos que representan las características de cada manzana.



Diseño Flujo de datos

A través, del sistema propuesto se trabajan flujos de datos que recaen en las salidas de impresión y de visualización, asimismo se despliega las entradas de los datos.

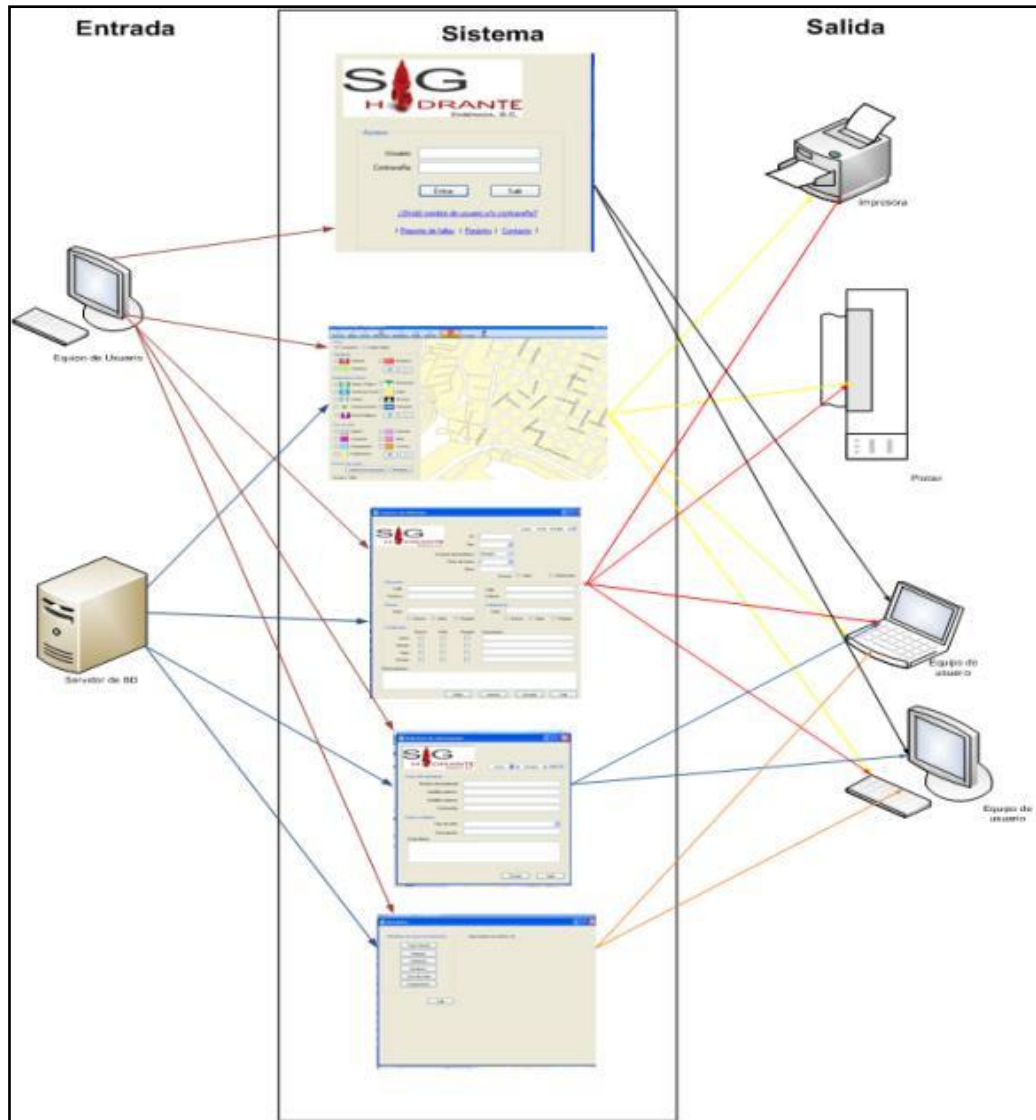
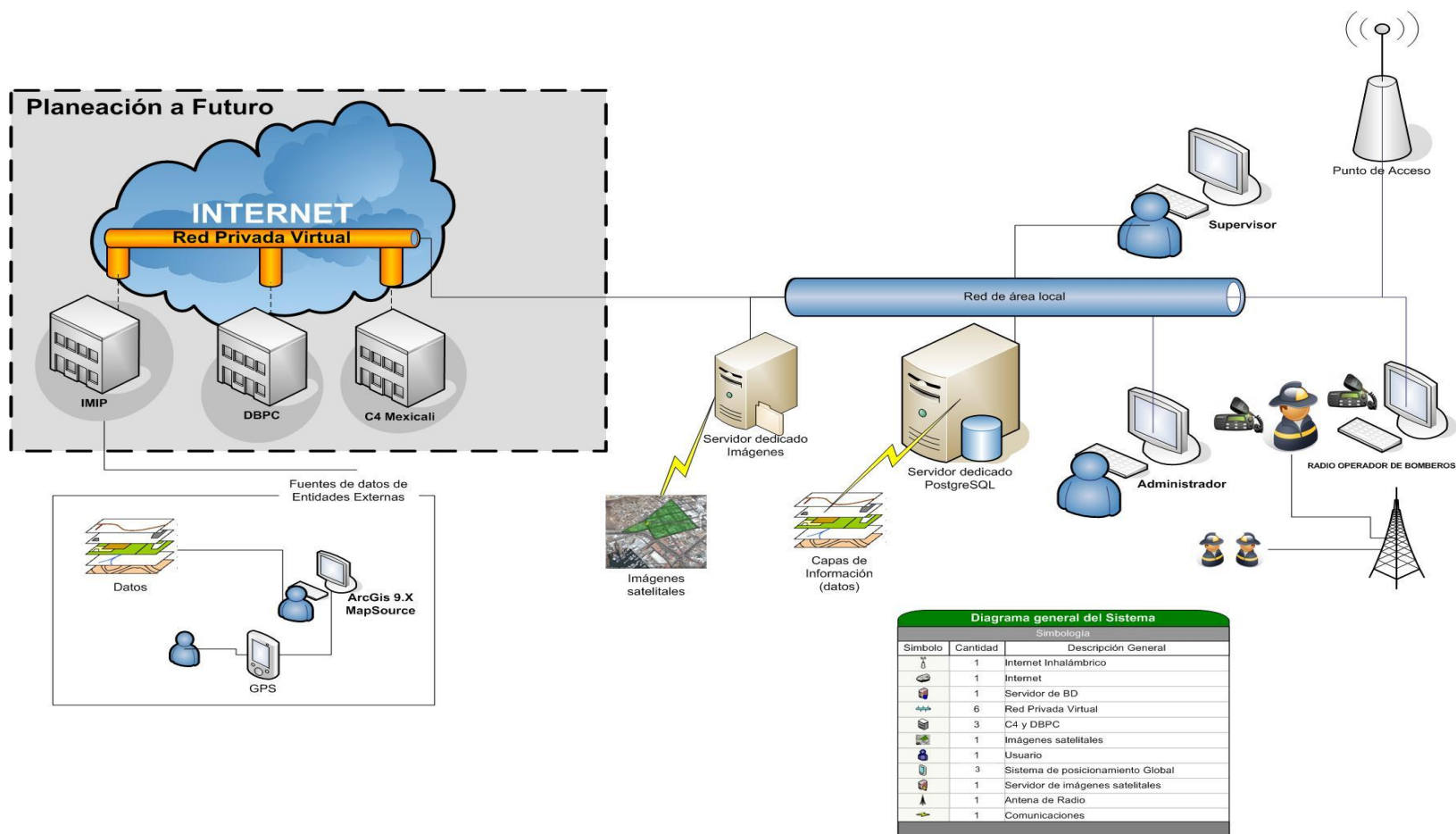


Diagrama general del sistema



Referencias

Álvarez, G. (11 de septiembre de 2006), Managua casi no tiene hidrantes- De 50 en cada distrito apenas cinco pueden usarse, pero cortes de agua los “sacan de circulación”. Recuperado el 27 de mayo de 2010 en: <http://impreso.elnuevodiario.com.ni/2006/09/11/contactoend/28659>

Angiux Alfaro, A. A. (2009). Grupo gvSIG. Recuperado el 26 de junio de 2009 en: <http://www.gvsig.org>

Ariadne Training Limited (2001). UML Applied-Objet oriented Analysis and Desing de UML. Recuperado el 03 de Junio de 2010 en: <http://www.ariadnetraining.co.uk>

Batini Ceri Navathe (1994). Diseño Conceptual de Bases de Datos, un enfoque de Entidades- interrelaciones, por Addison-Wesley Iberoamericana, S. A. Página 01. Recuperado el 05 de septiembre de 2009 en: <http://books.google.com/books?id=hbOTo05ddxAC&pg=PA1&dq=modelo+e-r&hl=es#v=onepage&q=modelo%20e-r&f=false>

Becker Paul, Calkins Hugh, Coté Carmelle J., Finneran Christina, Hayes Graham & Murdoch Thomas. (1996). Gis Development Guides, State Archives and Records Administration, Albany, New York Recuperado el 26 de junio de 2009 en: http://www.archives.nysed.gov/a/records/mr_pubGIS03_2.shtml

Checkland, P. (1970). Soft Systems Methodology. En Monk, A. & Howard, S. The Rich Picture: A Tool for Reasoning About Work Context. Recuperado el 27 de mayo de 2010 en: <http://www-users.york.ac.uk/~am1/RichPicture.pdf>

Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (2000). Reemplazo de las líneas de distribución de agua potable en Somerton, Arizona. Recuperado el 27 de mayo de 2010 en: http://www.cocof.org/aproyectos/Somerton_excom_espanol.htm

Cova, T.J. (1999). GIS in emergency management. In: Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications, and Management, P.A. Longley,

M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W. Rhind (eds.), John Wiley & Sons, New York, pp. 845-858.

Davis F. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, MIS Quarterly, 13 (3) Recuperado el 28 de mayo de 2010 en: <http://www.jstor.org/pss/249008>

Emergency management: principles and practice for local government.

Washington DC, International City Management Association. Recuperado el 31 de mayo de 2010 en:

http://books.google.com/books?id=pGxNudjMQ4MC&pg=PA252&dq=Emergency+management:+principles+and+practice+for+local+government&hl=en&ei=2eMDTKzWD4H48AacxbD1DQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CDIQ6AEwAg#v=onepage&q=hoetmer&f=false

ESRI Canadá. (2009). Utility GIS Solutions. Consultado el 30 de Agosto de 2009 en: <http://www.esricanada.com/english/1409.asp>

ESRI España Geosistemas S.A. (2010). Geodatabase. Recuperado el 29 de abril de 2010 en: <http://www.esri.es/index.asp?pagina=177>

Eustaquino Villanueva Carmen E. y Quispe Vilchez José L. (s.f.). Los modelamientos de datos con Sistemas de Información Geográfica y su aplicación en el manejo de desastres. Instituto Nacional de la Defensa Civil. Recuperado el 29 de mayo de 2010 en: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc12324/doc12324-contenido.pdf>

Fernández Alarcón, Vicenç. (2006). Desarrollo de Sistemas de Información, Una metodología basada en el modelado. Edicions UPC. Recuperado el 07 de junio de 2010 en: http://books.google.com/books?id=Sqm7jNZS_L0C&pg=PA46&dq=implementacion+del+sistemas&hl=en&ei=x2gNTM_NCML-

8AbE4PC2CA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=9&ved=0CE4Q6AEwCA
#v=onepage&q=implementaci%C3%B3n&f=false

Franco Helvar, Rodolfo (2010). Sistemas de Información Geográfica, Componentes. Recuperado el 31 de mayo de 2010 en: <http://www.udistrital.edu.co/comunidad/profesores/rfranco/intro.htm#COMPONENTES>

García Ramírez, Luis Ernesto, Radio Operador de la DBPC. Entrevista realizada a en las oficinas C4 de la ciudad de Ensenada, B.C. el día 27 de junio de 2009 a las 10:30 horas.

Gobierno de Baja California (2010). Que es el 066. Recuperado el 02 de junio de 2010 en: <http://www-1.baja.gob.mx/Bajacaliforniano/seguridad/066.htm>

Gonzalez Robaina, F., López Seijas, T., Gonzalez Baucells, P. A., y Cesneros Zayas, E. (2004). Redalyc. Uso del Geoconcept en la Planificación la Finca de Transferencia de Tecnología del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje: Recuperado el 28 de junio de 2009 en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/932/93213209.pdf>

Hansen Albites Francisco A. (s.f.), Metadatos e infraestructuras de datos espaciales, pagina 61. Recuperado el 09 de junio de 2010 en: <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/geografica/metadatos06.pdf>

INEGI. (2009). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 06 de julio de 2009 en: <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=geo&e=02>

Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ensenada, B.C. (IMIP). (30 de marzo de 2009). Programa Parcial de Mejoramiento Urbano de la Zona Centro y Frente de Mar 2030. Versión abreviada. Ensenada, Baja California, México: IMIP.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática- INEGI (1998). Normas técnicas de Geodesia. Recuperado el 08 de Junio de 2010 en: <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/normatividad/infgeodesia/ntg1988.PDF>

Kenneth C. Laudon y Jane P. Laudon. (2004). *Sistemas de información Gerencial: Administración de la empresa digital* (8ª. ed.). México: Pearson Educación.

Letelier, P. (s.f.). Proceso de Desarrollo de Software. P. 6. Recuperado el 10 de Septiembre de 2007 en: <https://pid.dsic.upv.es/C1/Material/Documentos%20Disponibles/Introducci%C3%B3n%20Proceso%20de%20Desarrollo%20de%20SW.doc>

Longley Paul A., Goodchild Michael, Maguire David, and Rhind David, (2005). *Geographic Information Systems and Science* (2da. Ed.). España: Grafos S.A.

Longley, Paul, Goodchild Michael, Maguire David, & Rhind David. (2005). *Geographic Information Systems and Science*, (2da. ed.). USA: John Eiley & Sons Inc. p.12

Madrigal, Nicté (24 de junio de 2006). Arrasa fuego con abarrotera. Recuperado el 28 de junio de 2009 en: <http://www.elvigia.net/>

Maguire, D.J. (s.f.), An Overview and definition of GIS. . Recuperado el 23 de mayo de 2010 en: http://www.wiley.com/legacy/wileychi/gis/Volume1/BB1v1_ch1.pdf

Marqués A. M.M. (2001). El modelo entidad-relación, Recuperado el 28 de mayo de 2010 en: <http://www3.uji.es/~mmarques/f47/apun/node83.html>

Mena H., Ulises (2007). Boletín IIE. Aplicación de los sistemas de información geográfica en la ingeniería civil. Recuperado el 02 de junio de 2010 en: <http://www.iie.org.mx/boletin022007/tend.pdf>

Morant de Diego, T., Quiñonero Paredes, R., Rivero González, M., & Palacios Díaz, P. (13 de MARZO de 2008). Centro Extremeño de Estudios y Cooperación con Iberoamérica. Recuperado el 09 de Julio de 2009 en: <http://www.cexeci.org/IX%20CONFIBSIG/Comunicaciones/actividades%20agrarias/Morant%20de%20Diego,%20T.pdf>

Nieto de María y Campo, Jaime, Director de la Dirección de Bomberos y Protección Civil. Entrevista realizada en las oficinas de Protección Civil de la ciudad de Ensenada, B.C. el día 23 de junio de 2009 a las 9:00 horas.

Object Management Group, Inc. (2009). Introduction To OMG's Unified Modeling Language™ (UML®)-Models vs. Methodologies. Recuperado el 03 de Junio de 2010 en: http://www.omg.org/gettingstarted/what_is_uml.htm

Obregón Julio César, Jefe de Protección Civil. Entrevista realizada en las oficinas de Protección Civil de la ciudad de Ensenada, B.C. el día 26 de junio de 2009 a las 9:00 horas.

Oz Effy. (2008). Administración de los Sistemas de Información (5a. edición). México: Thomson Editores, S.A. de C.V. pp. 338-339.

Oz, Effy (2008). Administración de sistemas de información. México: Ed. Thomson

PathAway versión 4 (25 agosto 2004). Advanced Mapping Manual, Map Projections Description. Recuperado el 31 de mayo de 2010 en: <http://pathaway.com/mapproj.htm>

Peña Llopis, Juan (2009). Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio. (4ta. ed.). España: Editorial: Club Universitario.

Pérez, R., Pérez, L., Angulo F., Gil, S., Ceballos, J.A. (29 de agosto 2003). Hidrantes contra incendio. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Baja California, No. 40, p. 29 y p. 41.

Prieto Ursúa, F. d. (2009). Emergencias Madrid:Las TIC contribuyen a salvar vidas. BOLETIC , 68-72. Recuperado el 26 de junio de 2009 en:
www.astic.es/system/files/articulosboletic/tecno_1.pdf

Real Academia Española (Octubre 2001). Diccionario de la Lengua Española-Vigésima Segunda Edición. Recuperado el 30 de mayo de 2010 en:
http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=TEST

Real Academia Española-RAE (Octubre 2001). Diccionario de la Lengua Española-Vigésima Segunda Edición. Recuperado el 27 de mayo de 2010 en:
http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=entrevista

Rodríguez, G. J. (2009). Rinde frutos plan para reparar hidrantes. Recuperado el 27 de mayo de 2010 en:
http://174.120.31.91/~laperla/index.php?option=com_content&view=article&id=241:jason-rodriguez-grafal-&catid=81:locales&Itemid=198

Rosarito, B. C. (2009). Rosarito O66. Recuperado el 30 de JUNIO de 2009 en:
<http://www.bajaenrosarito.com.mx/066.htm>

Ruiz E.S Laura A. (07 JUNIO 2007), GPS, una herramienta para la investigación y la vida diaria. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Gaceta CICESE Ejemplar 81. Recuperado el 02 de junio de 2010 en:
<http://gaceta.cicese.mx/ver.php?topico=secciones&ejemplar=144&id=1173&from=buscador>

Sánchez C. F., Chacón E. A. E, Taitelbaum Y. O., Bravo P. S., Gutiérrez G. C., Massey M. G. H., López A., Tinoco C. F. (2009). Proyecto 16471, 28 de noviembre de 2006. Recuperado el 22 de junio de 2009 en:
http://oscarlopez.net/cms2/index.php?option=com_content&view=article&id=75:proyecto-16471-declaratoria-de-servicio-de-hidrantes&catid=36:proyectos-de-ley&Itemid=58

Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, del Gobierno del Distrito Federal (2010). Glosario de Términos en Materia de Desarrollo Urbano Sustentable. Recuperado el 01 de Junio de 2010 en:
<http://www.seduvi.df.gob.mx/seduvi/glosario/glosarioindex.php>

Sistema Nacional de Protección Civil (2008). Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012. En Diario Oficial (pág. 11). México.

Soopernova (2010). Coordenadas Geográficas: Latitud y Longitud. Recuperado el 02 de junio de 2010 en: <http://soopernova.com/coordenadas-geograficas-latitud-y-longitud/>

The Northern Prairie Wildlife Research Center (03 agosto 2006). Geographic Information Systems- What is a GIS?. Recuperado el 23 de mayo de 2010 en: <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/habitat/research/what.htm>

The UNiversity of Melbourne (12 March 2001). Introduction to GIS. Recuperado el 02 de junio de 2010 en:
http://www.geom.unimelb.edu.au/gisweb/GISModule/GIST_Raster.htm

The University of Melbourne (12 March 2001). Introduction to GIS. Recuperado el 02 de junio de 2010 en:
http://www.geom.unimelb.edu.au/gisweb/GISModule/GIST_Raster.htm

Universidad Autónoma de Baja California Sur- UABCS (s.f.). Zonas UTM para México y resto del mundo. Recuperado el 08 de junio de 2010 en: www.uabcs.mx/geologia/geo_bajamx/sig/zonas_utm.pdf

USGS Mapping Applications Center (2000). Proyecciones de mapa. Recuperado el 31 de mayo de 2010 en:
<http://egsc.usgs.gov/isb/pubs/MapProjections/projections.html>

Valencia Rocha, Antonio A. (Noviembre 2008). Análisis y visualización de información geoespacial en ambientes distribuidos. México: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C.

Vargas, Elizabeth. (15 de julio de 2009), Incendio en Cuatro Milpas. El Vigía en Línea. Consultado el 16 de julio de 2009 en: <http://elvigia.net/noticias/?seccion=generales&id=52425&como>

Vazquez Becerra, G. Esteban (2007). Notas de Sistemas Globales de Posicionamiento. Culiacan Rosales, Sinaloa.

Vázquez Martín, R. (enero de 2004). Mapping Interactivo. Recuperado el 26 de junio de 2009, de Revista Internacional de Ciencias de la Tierra en: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla.asp?id_articulo=404&titulo=&autor=&contenido=&tipo=

XVIII Ayuntamiento Constitucional de Ensenada, B.C. (25 de septiembre de 2007). Recuperado el 22 de JUNIO de 2009 en: <http://www.ensenada.gob.mx/Elementos/Transparencia/docs/acuerdos/ACU20070924EXEXTRAPRIV.pdf>