

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

**Diseño e Implementación del Sistema de Información Geográfico
(SIG) para la Empresa Pública de Ferrocarriles del Ecuador**

Doris Raquel Paspuel Chávez

Richard Resl, Ph.D.(c), Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Maestría en Sistemas de Información Geográfica

Quito, mayo de 2015

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Posgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Diseño e Implementación del Sistema de Información Geográfico
(SIG) para la Empresa Pública de Ferrocarriles del Ecuador**

Doris Raquel Paspuel Chávez

Richard Resl, Ph.D.(c)

Director de Tesis

.....

Karl Atzmanstorfer, MSc.

Miembro del Comité de Tesis

.....

Richard Resl, Ph.D.(c)

**Director de la Maestría en Sistemas
de Información Geográfica**

.....

Stella de la Torre, Ph.D.

**Decana del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales**

.....

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.

Decano del Colegio de Posgrados

.....

Quito, mayo de 2015

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art.144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Doris Raquel Paspuel Chávez

C. I.: 1002534871

Quito, mayo de 2015

Dedicatoria

A mis padres:

Eduardo Paspuel V. y Tarcila Chávez T.

Quien siempre me brindan su apoyo y son un ejemplo de vida para ser de mí una mejor persona.

Agradecimientos

A Dios, ya que gracias a él he logrado concluir una meta más de mi vida profesional.

A Richard Resl, por su valiosa colaboración durante la ejecución del trabajo realizado.

Resumen

Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública, inicia el proceso de rehabilitación del ferrocarril como un sistema turístico - patrimonial el mismo que pretende convertirse en el proyecto de desarrollo local más importante del Ecuador, planteándose para ello varias actividades administrativas, comerciales, operativas, entre ellas hace énfasis en el desarrollo e implementación de un Sistema de Información Geográfica, que permita a la empresa organizar, relacionar, y analizar los datos que posee, sistematizando de esta manera la información existente y posteriormente levantar información faltante basándose en su localización espacial geográfica y utilizar dichos datos como componentes fundamentales del análisis previo a la toma de decisiones, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

Este Sistema pretende convertirse en una herramienta valiosa para la administración y planificación de proyectos turísticos por parte de las diferentes gerencias de Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública, ente institucional a cargo del fomento y la dinamización de la actividad turística de ferrocarriles a nivel nacional e internacional

Abstract

Ecuador Public Railways Company, begins the process of rehabilitation of the railway system as a patrimony for tourism. It aims to become one of the most important local developments in Ecuador. That implies considerations regarding administrative, comercial and operational tasks, which make an adecuate and efficient use of Geographic information Systems GIS vital. It is to be shown how GIS can enable the public enterprise to optimally organize, relate and analyze all relevant data by systemizing the spatial content of these data, fill missing gaps of information by georeferenced acquisition in order to build an informative platform for an early decision making process in a complex planning procedure.

The resulting framework for a GIS planning platform aims to be a valuable tool then not only for planning, but also for the management tasks that the public enterprise of Ferrocarriles del Ecuador will have to accomplish in order to make it a first quality tourism attraction on a national and international level.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
Lista de figuras	11
Lista de tablas	12
Lista de anexos	12
1. Introducción	
1.1. Presentación	13
1.2. Antecedentes	16
1.3. Hipótesis	17
1.4. Pregunta de Investigación	17
1.5. Objetivo General	18
1.6. Objetivos Específicos	18
2. Marco Teórico	
2.1. Sistemas de Información Geográfico	20
2.2. Los SIG en el sector transporte	21
2.3. Importancia de los SIG en FEEP	23
2.4. Presunción del autor	24
3. Revisión de la literatura	
3.1. Antecedentes de los SIG	26
3.2. Definición de los SIG	27
3.3. Componentes de un SIG	28
3.3.1. Hardware	29
3.3.2. Software	29
3.3.3. Datos	30
3.3.4. Métodos	31
3.3.5. Personal	31
3.4. ¿Cómo funciona un SIG?	32
3.5. Aplicaciones del SIG	33

3.6. Los SIG y el transporte férreo	35
3.7. Reseña histórica de Ferrocarriles del Ecuador	38
4. Materiales	
4.1. Hardware	42
4.2. Software	42
4.3. Datos	43
5. Metodología y diseño de la Investigación	
5.1. Definición y Alcance del Proyecto	45
5.2. Diseño	46
5.3. Adquisición de Datos	48
5.3.1. Información propia de la FEEP	49
5.3.2. Información Instituto Geográfico Militar – IGM	60
5.3.3. Información Instituto Nacional de Estadísticas y Censos- INEC	61
5.4. Estandarización y estructura de datos cartográficos, temáticos y alfanuméricos para el SIG de Ferrocarriles del Ecuador	62
5.5. Recomendaciones para la estructuración de datos cartográficos	64
5.5.1. Vectorización y digitalización de información	64
5.5.2. Edición cartográfica	65
5.5.3. Estructuración para formato SIG	65
5.6. Estructuración y Procesamiento de información	66
5.6.1. Diseño Conceptual	67
5.6.2. Diseño Lógico	76
5.6.3. Diseño Físico	76
5.7. Pruebas y Validación del diseño	77
5.7.1. Pruebas de diseño del sistema – Prototipo	79
6. Conclusiones	81
7. Recomendaciones	83
Bibliografía	84
Anexos	86

Lista de figuras

Figura 1. Componentes de un SIG	27
Figura 2. Estructuras de capas de información en los SIG	31
Figura 3. Gabriel García Moren, pionero del Ferrocarril	37
Figura 4. Eloy Alfaro junto con el Presidente de The Guayaquil and Quito Railway Company, Sr. Archer Harma	38
Figura 5. El Ferrocarril Ecuatoriano	38
Figura 6. Locomotora # 17	39
Figura 7. Diagrama Propuesto del Modelo Evolutivo para el desarrollo del SIG para FEED	43
Figura 8. Arquitectura de un SIG	46
Figura 9. Infraestructura Tramo Guayaquil – Quito	53
Figura 10. Infraestructura Tramo Quito – San Lorenzo	54
Figura 11. Infraestructura Tramo Sibambe – Cuenca	55
Figura 12. Estudio del Levantamiento Topográfico de la vía férrea en su primera etapa Quito-Duran e Ibarra-Salinas en formato CAD	56
Figura 13. Conversión de formato dwg a shapefile	57
Figura 14. Georeferenciación de shapefile	58
Figura 15. Información proporcionada por el IGM	59
Figura 16. Información proporcionada por el INEC	60
Figura 17. Metodología para Procesamiento de la información a integrar en el SIG de Ferrocarriles del Ecuador componentes de un SIG	65
Figura 18. Desarrollo de la Geodatabase para FEED	75
Figura 19. Diseño para prueba y validación del Sistema	77

Lista de Tablas

Tabla 1. Variedad de Software SIG	29
Tabla 2. Tramos del tendido Ferroviario	49
Tabla 3. Subtramos vía Férrea	49
Tabla 4. Estaciones: Guayaquil-Tambillo	50
Tabla 5. Estaciones: Quito – San Lorenzo	51
Tabla 6. Estaciones: Sibambe – Cuenca	52
Tabla 7. Equipo Tractivo	52
Tabla 8. Estructuración de la Base de Datos	67

Lista de Anexos

Anexo 1. Tendido Ferroviario	84
Anexo 2. Diseño Lógico y Físico de SIG para Ferrocarriles del Ecuador	85

1. Introducción

1.1 Presentación

Hasta fines del siglo XIX, el Ecuador había sido un país incomunicado, dotado apenas de caminos de herradura en condiciones extremadamente precarias, especialmente en las temporadas invernales. La red de caminos y carreteras era prácticamente inexistente, razón por la cual el comercio era muy limitado y la movilización de las personas era una verdadera aventura porque se trataba de un ejercicio muy penoso y arriesgado. La travesía entre Guayaquil y Quito podía durar en promedio unos 12 a 15 días. Tan era así, que la gente adquirió la costumbre de hacer el testamento cuando salía de su lugar natal hacia otro lugar del país, peor aún si su destino era el otro lado de la cordillera.¹

Es en 1873, durante el Gobierno de Gabriel García Moreno, que se dio inicio a la construcción del denominado Ferrocarril del Sur. Luego de un trabajo intenso de dos años (en 1875) se logró construir 33 kilómetros desde Yaguachi hasta Naranjito, posteriormente por múltiples razones de carácter económico y político, el proyecto del ferrocarril quedó casi estancado, pues en los veinte años siguientes y con cuatro gobiernos se avanzó únicamente unos pocos kilómetros.

Con el triunfo de la Revolución Liberal, la construcción del ferrocarril adquiere un especial impulso. Para Eloy Alfaro, la unificación del país y el prioritario enlace de las

¹ Empresa de Ferrocarriles de Ecuador (Empresa Pública); Plan Maestro; 2009; Pág 7

regiones de la sierra y la costa, por medio de esta nueva tecnología de transporte, que pasó a ser un proyecto altamente prioritario, que luego de un enorme esfuerzo físico y sacrificio financiero, se logró completar esta gran obra, así como el 25 de junio de 1908, el “Ferrocarril más difícil del mundo”, entró en la ciudad de Quito.

Con la inauguración del Ferrocarril del Sur se logró la conexión entre las dos principales regiones sirviendo de enlace entre 4 de las 5 ciudades más importantes del país, en esa época: Guayaquil, Riobamba, Ambato y Quito, solo quedó excluida la ciudad de Cuenca. Esta situación marca una característica y diferencia con los ferrocarriles de otras latitudes de América Latina que fueron creados más para atender los servicios de transporte de carga para la exportación, entre zonas de producción con un puerto, mientras en el caso del Ecuador fue construido para conectar importantes centros urbanos. (Clark, 2008).

El ferrocarril ecuatoriano entró en un grave proceso de deterioro a principios de la década de los sesenta del siglo pasado ¿La razón? La competencia con el transporte de carreteras, los gobiernos que desde aquel entonces no se interesaron vivamente por su rehabilitación integral y tampoco vieron en él ninguna utilidad² y la consiguiente falta de asignación de recursos económicos para su mantenimiento, han incidido en la pérdida de importancia y vigencia del tren.

En términos históricos, existen hitos relevantes en la vida nacional relacionados con

²El Ferrocarril Ecuatoriano Patrimonio de su Pueblo, 2009, p. 25.

el ferrocarril que contribuyen a valorizar el patrimonio material e inmaterial; de manera especial las manifestaciones culturales, como un conjunto de valores y creencias arraigadas en el imaginario colectivo local de las poblaciones por donde lo atraviesa la vía férrea.

Es así que el Gobierno Nacional bajo la presidencia del Economista Rafael Correa Delgado, mediante decreto ministerial, fue declarado bien perteneciente al patrimonio cultural ecuatoriano y proyecto emblemático. Bajo esta declaratoria, el ferrocarril se convirtió, según el mismo documento, en *“Monumento Civil y Patrimonio Histórico, Testimonial, Simbólico”*. El objetivo de la rehabilitación del sistema ferroviario es *“recuperar y poner en valor la red ferroviaria ecuatoriana para contribuir al desarrollo territorial y económico local, así como el fortalecimiento de la unidad e identidad nacional”* (INPC-EFE, 2009).

Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública, inicia el proceso de rehabilitación del ferrocarril como un sistema turístico - patrimonial el mismo que pretende convertirse en el proyecto de desarrollo local más importante del Ecuador, planteándose para ello varias actividades administrativas, comerciales, operativas, entre ellas hace énfasis en el desarrollo e implementación de un Sistema de Información Geográfica, que permita a la empresa organizar, relacionar, y analizar los datos que posee, sistematizando de esta manera la información existente y posteriormente levantar información faltante basándose en su localización espacial geográfica y utilizar

dichos datos como componentes fundamentales del análisis previo a la toma de decisiones, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

1.2 Antecedentes

El proyecto del ferrocarril constituyó todo un plan revolucionario e ideológico que tuvo por objeto la transformación del país y es por su secuencia histórica, que el ferrocarril se constituye en la obra histórica testimonial y simbólica más importante que se ha realizado en el siglo XIX y XX. Esto le otorga un valor patrimonial superlativo en la Historia del Ecuador.

El valor patrimonial del Sistema Ferrocarril; se consolida en el “Proyecto de Rehabilitación del Ferrocarril Ecuatoriano”, que es definido por el Gobierno Nacional presidido por el Economista Rafael Correa Delgado³, mediante Acuerdo Ministerial N°. 029, del 1º de abril de 2008, como un proyecto prioritario que exige la participación de numerosas instituciones que deberán contribuir para que se convierta en "un elemento de desarrollo, que rescate y valore el patrimonio natural y cultural" por donde atraviesa la actual vía ferroviaria; un proyecto que dinamice la economía local, generador de emprendimientos productivos y que jerarquice la oferta turística interna e internacional.

En este sentido ferrocarriles del Ecuador articula acciones encaminadas a su rehabilitación y una de ellas es implementar un sistema de información geográfica que en la actualidad es una “importante herramienta para adquirir, administrar,

manipular, modelar y visualizar datos referenciados en el espacio, para resolver problemas complejos de administración y planificación (Longley, 1999)".

Además en los últimos años, el desarrollo y uso de Sistemas de Información Geográfica ha tenido un fuerte auge, en especial en lo que se refiere a la gestión pública, donde cada día son más las instituciones que implementan este tipo de soluciones geográficas que permiten una mejor planificación y gestión de recursos, convirtiéndose así en "un sistema de soporte a la tomas de decisiones, que involucra la integración de datos espacialmente referenciados en un ámbito de resolución de problemas (Cowen, 1988)".

1.3 Hipótesis

La hipótesis principal se fundamenta en el diseño e implementación de un sistema de información geográfica para la Empresa Pública de Ferrocarriles del Ecuador que se convertirá en una herramienta de trabajo esencial en la planificación de actividades para fomentar el turismo, el desarrollo económico local y el fortalecimiento de la unidad e identidad nacional, así como la gestión de recursos de reingeniería para la infraestructura del trazado vial del ferrocarril ecuatoriano, constituido por 946,6 Km, el mismo que se encuentra atravesando por 10 provincias del país.

1.4 Pregunta de Investigación

¿Cómo establecer una Geodabase que puede almacenar datos adecuados para la implementación del Sistema de Información Geográfica en Ferrocarriles del Ecuador

y que se constituya en una herramienta de trabajo esencial para la planificación y la gestión de recursos?

1.5 Objetivo General

- Diseñar y desarrollar un Sistema de Información Geográfica que permita a los funcionarios de la FEEP³, almacenar y manipular información georeferenciada del sistema Ferroviario existente en el país para facilitar la planificación y la gestión de los recursos de la infraestructura ferroviaria.

1.6 Objetivos Específicos

- Investigar los requerimientos técnicos y tecnológicos de Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública para el diseño del Sistema de Información Geográfica.
- Estandarización y estructuración de datos cartográficos temáticos y alfanuméricos de fuentes internas y externas para el desarrollo del SIG de Ferrocarriles del Ecuador.
- Recopilar, organizar, analizar e implementar información cartográfica, alfanumérica y documentación digital existente respectivamente georreferenciada, en una geodatabase para el Sistema de Información Geográfica de la FEEP.

³ Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública

- Diseño del proceso de desarrollo del SIG propuesto para Ferrocarriles del Ecuador como proyecto piloto.
- Construir en el Software ArcGIS la base de datos con toda la información recopilada, para que los funcionarios de la FEEP visualización su utilidad e importancia de los SIG para una mejor planificación de la infraestructura ferroviaria.

2. Marco Teórico

2.1 Sistemas de Información Geográfico

“Un Sistema de Información Geográfica es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñada para capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión” (Sastre, 2010).

Los SIG particularizan un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra. A parte de la especificación no gráfica los SIG cuenta también con una base de datos gráfica con información georeferenciada o de tipo espacial y de alguna forma ligada a la base de datos descriptiva. La información es considerada geográfica si es medible y tiene localización.

En definitiva, un SIG relaciona información geográfica con información descriptiva, almacenada en una base de datos. Esto implica que, además de permitirnos la visualización de mapas, el SIG debe tener la capacidad de ayudarnos en distintas tareas como pueden ser: la captura de datos y la toma de decisiones.

Los SIG son herramientas tecnológicas de capacidades múltiples, diseñados para ser utilizados en investigaciones científicas, evaluaciones de impacto ambiental, planificación urbana, cartografía, gestión de recursos, logística y administración de transporte, entre otras actividades.

2.2 Los SIG en el sector transporte

En la actualidad, los procesos de investigación, planificación, gestión, evaluación y operación en el sector transporte requieren sistemas eficientes de manejo y análisis de información, en términos de procesamiento, almacenamiento, versatilidad y confiabilidad (Backhoff, 2009). Para aspirar a cumplir con lo antes mencionado, es importante disponer de herramientas como los SIG que garanticen funciones primordiales como: integración de datos, análisis geográfico de la información y representación espacial de la misma.

El transporte sin duda es un sector complejo que involucra a múltiples actores (conductores, usuarios); realiza diversas funciones (comunicación, traslado de bienes y personas, entre otras) y requiere diversas actividades para su funcionamiento (planeación, organización, diseño, construcción de infraestructura, mantenimiento, operación). Es indudablemente un fenómeno geográfico por su clara expresión territorial; de ahí que la dimensión geográfica del transporte resulta fundamental en los procesos de planificación, en la formulación de proyectos de inversión y sea un criterio relevante en el proceso de toma de decisiones dentro del Sector Transporte.

Los SIG, gracias a su capacidad de gestión espacial son sistemas indicados y muy aptos para prestar su ayuda a los sistemas de transporte. Algunas de las aplicaciones que los SIG pueden aportar a los sistemas de transporte serían las siguientes:

- **Gestión:** el conocer la ubicación en el territorio de los distintos tipos de vías aptas para el transporte a través de carreteras, ferrocarriles, rutas aéreas e itinerarios marítimos, los lugares de carga y descarga, las estaciones de partida y llegada de la flota de vehículos y usuarios, permite estructurar las bases para realizar un buen análisis espacial y así generar una potente herramienta de gestión y toma de decisiones.
- **Mantenimiento y Conservación de Infraestructuras:** Son muchas las aplicaciones SIG en inventario, conservación y mantenimiento de carreteras y ferrocarriles. La disponibilidad de esta información genere una eficaz herramienta de gestión y planificación vial.
- **Tráfico:** Los SIG permiten contar con información de ejes viales para la generación de análisis de redes, logrando así determinar las rutas óptimas en función de las condiciones del tráfico.
- **Impactos nuevas infraestructuras:** Los SIG se pueden utilizar para evaluar el impacto de nuevas infraestructuras de transporte.

- **Sistemas de Navegación para Automóviles:** Permiten a los conductores conocer su ubicación espacial mediante la tecnología de posicionamiento global (GPS).

Sin duda los SIG reúnen las funciones necesarias para actuar como herramienta útil en el análisis espacial del transporte, con un extenso potencial de aplicaciones en el sector. No obstante, los principales factores para operar exitosamente un SIG son los objetivos y las necesidades particulares de cada institución.

2.3 Importancia de los SIG en la FEEP

La implementación de un Sistema de Información Geográfica en Ferrocarriles del Ecuador permitirá contar con una herramienta de trabajo esenciales en el planeamiento de actividades y en la gestión de recursos ya que su capacidad para almacenar, recuperar, analizar, modelizar y representar amplios volúmenes de datos espaciales hace que tenga una gran cantidad de aplicaciones para que los usuarios puedan crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y de esta manera presentar los resultados para una mejor planificación para el fortalecimiento de turismo tanto nacional como internacional, así como también la gestión de una infraestructura vial adecuada para un excelente funcionamiento Ferroviario.

La parte más importante para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica de Ferrocarriles del Ecuador es establecer una base de datos espacial, incorporando en

ella los datos tanto alfanuméricos como geográficos que fueron puestos a disposición y/o actualizados, y aquellos que fueron levantados por el autor, constituyéndose en una importante fuente de información para la ejecución de este sistema.

Los datos recopilados son producto de una investigación minuciosa referente a las actividades, procesos y eventos que conlleva actualmente el proyecto de la Rehabilitación de Ferrocarriles de Ecuador como un Sistema Ferroviario Turístico-Patrimonial que contribuirá al desarrollo socioeconómico del país mediante el fortalecimiento de las actividades productivas, fomentando el turismo, el desarrollo local y la valoración histórico-patrimonial, con responsabilidad social.

2.4 Presunción del autor

En el presente proyecto de investigación se plasma una propuesta de diseño y desarrollo de un SIG para ferrocarriles del Ecuador utilizando el software ArcGIS, con el propósito de demostrar a sus autoridades vigentes de la FEED la importancia que generara la implementación de un SIG ya que es una potente herramienta de gestión y toma de decisiones.

Además es trascendental indicar que la finalidad del autor es que esta investigación sirva como un proyecto piloto, para que a futuro las autoridades de la FEED implementen un SIG con un software libre para que sea de uso de todo público (empleados, usuarios), permitiendo conocer el sistema ferroviario que posee el país y así contar con una herramienta de trabajo para la planificación y gestión de recurso

para fomentar el turismo a nivel del ferrocarril del Ecuador que es considerado como un sistema turístico – patrimonial.

3. Revisión de la Literatura

3.1 Antecedentes de los SIG

En los años 1960 y 1970 emergieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la valoración de recursos y planificación. Dándose cuenta de que las diferentes coberturas sobre la superficie de la tierra no eran independientes entre sí, sino que guardaban algún tipo de relación, se hizo latente la necesidad de evaluarlos de una forma integrada y multidisciplinaria. Una manera sencilla de hacerlo era superponiendo copias transparentes de mapas de coberturas sobre mesas iluminadas y encontrar puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos.

A finales de los años 70's el uso de computadoras progreso rápidamente en el manejo de información cartográfica, y se afinaron muchos de los sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas. De la misma manera, se estaba avanzando en una serie de sectores ligados, entre ellos la topografía, la fotogrametría y la percepción remota, de ahí surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de información espacial, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales.

A principios de los años 80's, los Sistemas de Información Geográfica se habían convertido en un modelo plenamente operativo, a medida que la tecnología de cómputo se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor

aceptación. Actualmente se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, los laboratorios de investigación, las instituciones académicas, la industria privada y las instalaciones militares y públicas.

3.2 Definición de los SIG

Existen muchas maneras para definir a los SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones.

Los SIG se definen como una “base de datos en lo cual la mayoría de los datos están indexados espacialmente, y sobre la cual opera un conjunto de procesos con el objetivo de responder consultas sobre entidades espaciales dentro de la base de datos (Smithl, 1987).”

En cuanto a su funcionalidad los SIG son un conjunto de elementos de hardware, software y de procedimientos diseñados para adquirir, administrar, manipular, modelar y visualizar datos referenciados en el espacio, para resolver problemas complejos de administración y planificación (Longley, 1999).

Se puede afirmar que los SIG son “un sistema de soporte, en el proceso a la toma de decisión, que involucra la integración de datos espacialmente referenciados en un ámbito de resolución de problemas (Cowen, 1988).”

La tecnología del sistema de información geográfica puede ayudar a establecer la comunicación de varios sectores proporcionando no solamente las herramientas de gran alcance para el almacenaje y el análisis de datos espaciales y estadísticos multisectoriales, sino que también integra las bases de datos de los diversos sectores en un mismo formato, estructura y mapa en el SIG.

3.3 Componentes de un SIG

Los componentes generales de un sistema de información geográfica se detallan a continuación:

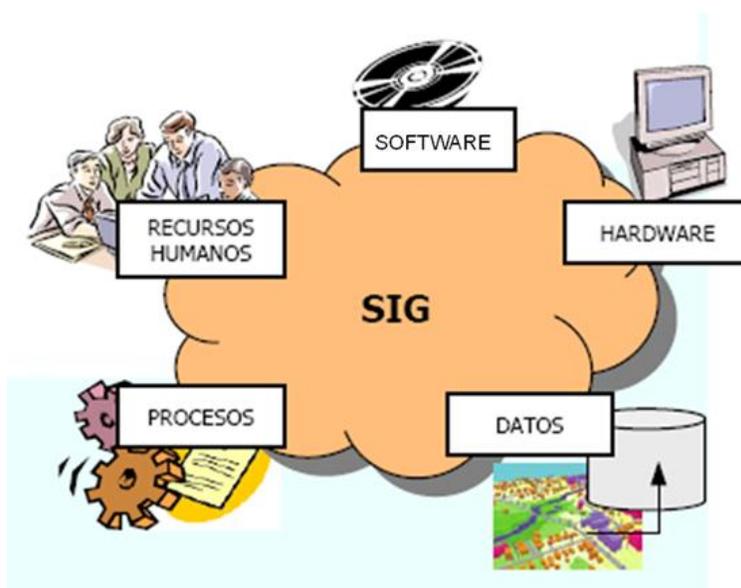


Figura 1. Componentes de un SIG
Fuente: Ingeniería y Soluciones Geográficas, 2012

3.3.1 Hardware

Es el soporte físico del SIG, que está conformado por las computadoras donde se desarrollan las distintas tareas de administración y operación del sistema, los servidores donde se almacenan los datos y se ejecutan ciertos procesos, los periféricos de entrada (como mesas digitalizadoras, scanner, dispositivos de lectura de archivo), los periféricos de salida (como los monitores, impresoras, plotter) y todos los componentes de la red informática.

3.3.2 Software

Es el soporte lógico del sistema, está conformado no sólo por el software y las aplicaciones SIG, sino también por los sistemas operativos, los sistemas de administración de bases de datos, los lenguajes de programación necesarios para el mantenimiento y desarrollo de las aplicaciones y otros programas especializados.

A nivel de software SIG, actualmente pueden encontrarse una gran variedad de productos, con distintos fines, capacidades, tipos de datos que pueden trabajar, simplicidad de operaciones y aprendizaje, niveles de costo. Según los distintos usuarios del sistema, deberán definirse y adquirirse el software SIG adecuados para cada puesto de trabajo.

Tabla 1. Variedad de Software SIG

SOFTWARE SIG	
COMERCIAL	LIBRE
ArcGIS	GvSIG
Geomedia	Udig
Mapinfo	Jump
Manifold	Grass
Autodesk Mapguide	Quantum GIS
Idrisi	Ilwis

3.3.3 Datos

Posiblemente los componentes más importantes de un SIG son los datos, los mismos que se pueden agrupar en dos clases:

- **Datos no espaciales:**

Son los atributos de los objetos geográficos registrados, que dan una descripción de los mismos. Esto se refiere al componente descriptivo del objeto modelado.

- **Datos espaciales:**

La localización (coordenadas) de los objetos sobre la superficie terrestre. Esto refiere al componente geométrico del objeto modelado.

Las posibles relaciones topológicas entre los objetos, es decir la caracterización de la posición relativa entre ellas.

La información espacial contiene, ya sea una referencia geográfica explícita tal como latitud y longitud, o coordenadas de un sistema de proyección geográfica. Las relaciones topológicas hacen posible el análisis espacial de los objetos modelados.

La gran ventaja de SIG es que permite vincular los datos espaciales con datos no espaciales, lo cual aumenta significativamente las posibilidades de análisis debido a que muchos fenómenos tienen relación directa en el territorio donde se ubican.

3.3.4 Métodos

Para que un SIG sea exitoso se debe operar de acuerdo a un plan bien diseñado y estructurado, acorde con las reglas de la empresa o institución, que son los modelos y prácticas operativas características de cada organización.

3.3.5 Personal

Son las personas que se encargan de administrar el sistema así como de desarrollar un proyecto basado en el mundo real, entre los que se involucran analistas, desarrolladores, administradores, programadores, y una gran diversidad de usuarios.

Durante y después del proceso de implementación de un SIG en la organización, la capacitación constante de personal que administra, maneja y consulta el sistema, es de gran importancia y por ende requiere que se reserven recursos, para evitar que la

inversión tecnológica se vuelve rápidamente obsoleta por falta de técnicos preparados para dar un uso óptimo al sistema.

3.4 ¿Cómo funciona un SIG?

Un SIG almacena información sobre el mundo real en capas temáticas, que pueden ser relacionadas con la geografía.

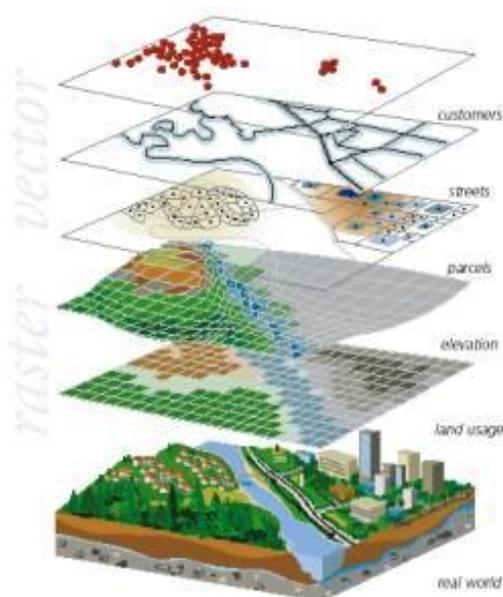


Figura 2. Estructuras de capas de información en los SIG.

Fuente: Copyright © 2000, 2001 ESRI

Los SIG funcionan con una base de datos con información geográfica que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. Cada objeto está caracterizado por una localización y por un conjunto de descripciones, relacionados por un modelo de datos y el análisis espacial de datos se realiza mediante numerosas operaciones lógicas y matemáticas ejecutadas por los

SIG y entre ellas los procesos más comunes son la superposición y la reclasificación de mapas.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial que nos brinda el sistema, el cual permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados eficientemente, convirtiéndose así en una herramienta indispensable en la toma de decisiones en las que la información espacial tiene una especial relevancia.

3.5 Aplicaciones del SIG

En los últimos años se ha incrementado notablemente el uso de los SIG, gracias a que son un medio de integración de información que ayudan a orientar y a entender alguno de los problemas con mayor impacto, a los que se enfrenta el mundo actual. Es decir, son herramientas que permiten resolver problemas y brindar soluciones en casi todos los aspectos del manejo de información de distintos campos de la actividad humana. Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, detallándose a continuación alguno de ellos.

- **Gestión de recursos naturales:** Hace referencia a todas aquellas aplicaciones cuyo objetivo principal es tratar la información espacial que describe el tipo y la distribución de dichos recursos en el territorio, como por ejemplo: recursos

minerales, evaluación de líneas sísmicas, inventario de pozos petroleros, etc.; además suele contemplar otros datos como: los indicadores del tamaño de una población, de manera que sea posible establecer el potencial de impacto ambiental de las actividades humanas sobre el medio.

Las herramientas de análisis espacial que proporciona los SIG, toman un papel clave para poder llevar a buen término estos objetos, brindando a los especialistas en el estudio de los recursos naturales la posibilidad de tener a su alcance la manera de hacer más efectivos sus estudios (Comas y Ruiz, 1993).

- **Seguridad y defensa:** Los SIG son de gran utilidad para los servicios de emergencias y seguridad pública, cálculo de rutas óptimas o de mínimo impedimento para llegar al lugar de un siniestro o acción delictiva, ubicación y frecuencia de delitos, evaluación de patrones y tendencias criminalísticas, para la prevención de delitos.
- **Turismo:** Se puede hacer mapeo de recursos y atractivos turísticos, evaluación del potencial turístico de una zona, análisis de establecimientos y evaluación de facilidades turísticas.
- **Análisis del Mercadeo:** Son una de las actividades características de la economía de las sociedades actuales. Este tipo de análisis necesita disponer de información espacial mucho más detallada, que permita a las empresas tener los

datos necesarios para localizar y caracterizar la demanda y la competencia existentes (Beaumont, 1991). Este es el principal motivo por el cual los SIG adquieren un papel relevante en los estudios y análisis de mercadeo.

- **Salud:** La aplicación de los SIG en la salud dan un apoyo muy interesante en investigaciones sobre: monitoreo de enfermedades y estudios epidemiológicos, determinación de fuentes y probables causas de manifestación de una enfermedad en una determinada región, oferta y demanda de centros hospitalarios, determinación de rutas para emergencias médicas.

- **Agricultura y pesca:** Los SIG deben ser vistos como herramientas de uso muy adecuado que, integrando informaciones de diversa procedencia, permiten tomar decisiones, con una gran flexibilidad y rapidez, acerca de cómo planificar la agricultura y los otros usos de suelo. (Comas y Ruiz, 1993). Con la aplicación de los SIG es factible decidir qué tipo de explotación agrícola es la más adecuada, teniendo en cuenta aspectos tales como: el tipo de suelo, el nivel de erosión, la existencia de acuíferos subterráneos en condiciones de ser utilizados para el regadío.

3.6 Los SIG y el transporte férreo

El transporte férreo es un sistema de transporte terrestre de personas y mercancías guiado sobre rieles, las mismas que son de acero o hierro que forman la vía férrea

sobre la cual circula el equipo tractivo (locomotora), que es donde se genera la energía necesaria para el movimiento de dicho equipo.

La construcción del ferrocarril en el Ecuador constituyó un gran avance en el desarrollo de los medios de comunicación en el siglo pasado. El tren permitió conectar los diversos puntos del país, a los cuales era imposible llegar, y facilitó las relaciones entre las distintas poblaciones.

La principal ruta fue la construida a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, que unía a Guayaquil (Duran) con Quito, aproximadamente 450 km.; a finales de la década de los 50 en el siglo pasado se construyó el tramo Quito – Ibarra- San Lorenzo y finalmente el tramo Sibambe-Cuenca, para tener un total de 970 km de vía férrea.

A lo largo de los años, el ferrocarril no ha tenido un mantenimiento adecuado de sus instalaciones, equipos, máquinas e infraestructura, razón por la que han caído en la decadencia. Locomotoras que se dañaban no necesariamente han sido reparadas, sino desmanteladas o arrinconadas para el olvido en las principales estaciones. Y las ciudades, pequeños pueblos y comunidades por donde pasaba el tren han sido prácticamente abandonadas.

Es en el 2008 que el presidente Rafael Correa inicia el proceso de rehabilitación y operación del sistema ferroviario como uno de los principales patrimonios culturales

del país, a partir de entonces Ferrocarriles del Ecuador empresa Publica ha venido trabajando en varios proyectos para la recuperación del ferrocarril, dentro de ellos se ha plantea el diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica, como una herramienta de trabajo para la planificación y gestión de los Ferrocarriles Ecuatorianos, con el objetivo de impulsar el desarrollo socioeconómico, incentivar la reactivación y el fortalecimiento de las actividades productivas, sociales y culturales de las comunidades asentadas a lo largo de la vía férrea, así como fomentar el turismo y la valoración histórico-patrimonial.

Con la aplicación de los SIG en el transporte férreo se puede: determinar rutas con mayor demanda de turistas, optimización de recursos y demanda de las ofertas turísticas que ofrece ferrocarriles del Ecuador, inventarios de los bienes inmuebles de la vía férrea (estaciones, campamentos, puentes, túneles, etc), inventario de atractivos turísticos a lo largo del trazado de la línea férrea, planificación de mejores rutas, buscando principalmente optimizar recursos, costos y afluencia de personas para fomentar el turismo. Esta información ayudara a las autoridades vigentes de la FEEP, a mejorar la planificación y control del servicio ferroviario que brindan al turista nacional como extranjero, a la vez servirá para que cualquier usuario pueda conocer el sistema ferroviario que posee el país y hagan uso del mismo, eligiendo la ruta que más le conviene.

3.7 Reseña historia de Ferrocarriles del Ecuador

En adelante, se detallan hechos claves que impulsaron u obstaculizaron el desarrollo de la Empresa de Ferrocarriles, desde sus inicios, con el Presidente Gabriel García Moreno, hasta la fecha.



En los años 1859 al 1861; “El Doctor Gabriel García Moreno, Jefe Supremo del Ecuador en los años 1859 hasta 1861, consideró que la falta de vías de comunicación era el problema más preocupante, e inició la construcción de la Carretera Quito- Guayaquil. Consideró, además, que existía total ausencia de sistemas de comunicación modernos, por lo que creyó necesaria la construcción de la ruta del ferrocarril que inicialmente unía Yaguachi con Sibambe.

Figura 3. Gabriel García Moreno, pionero del Ferrocarril.

Fuente: Empresa de Ferrocarriles Ecuatorianos (2009).

En 1872 se nombró una comisión para llevar a cabo la realización de tan importante proyecto, la misma que tuvo que viajar a Estados Unidos e Inglaterra para conseguir financiamiento y técnicos en ese tipo de construcción que para entonces era lo último en modernidad.

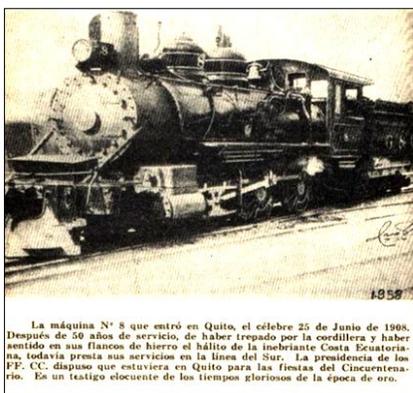
En agosto de 1875 fue asesinado el Presidente Gabriel García Moreno, y los sucesores en el poder poco hicieron por el proyecto del ferrocarril.



En 1895 con el triunfo del liberalismo, Eloy Alfaro retoma con gran decisión dicho proyecto, de esta forma el país abrigó esperanzas de un futuro prometedor. Desde la presidencia Alfaro puso en práctica gran parte de sus ideas, y el desarrollo del Ecuador fue evidente en todos los aspectos, el ferrocarril se convirtió en un hito político de su gestión.

Figura 4. Eloy Alfaro junto con el Presidente de The Guayaquil and Quito Railway Company, Sr. Archer Harman.

Fuente: Empresa de Ferrocarriles Ecuatorianos (2009).



La máquina N° 8 que entró en Quito, el célebre 25 de Junio de 1908. Después de 50 años de servicio, de haber trepado por la cordillera y haber sentido en sus flancos de hierro el hálito de la inebriante Costa Ecuatoriana, todavía presta sus servicios en las líneas del Sur. La presidencia de los FF. CC. dispuso que estuviera en Quito para las fiestas del Cincuentenario. Es un testigo elocuente de los tiempos gloriosos de la época de oro.

La construcción “del caballo de hierro” se inicia en 1873 en Yaguachi, un año más tarde queda establecido el tráfico entre Yaguachi y Milagro. A fines de la década de 1879, llega la primera locomotora a Chimbo, con lo que nace el primer ferrocarril ecuatoriano.

Figura 5. El Ferrocarril Ecuatoriano

Fuente: Empresa de Ferrocarriles Ecuatorianos (2009).

En diciembre de 1887 se inician los trabajos en Durán, para empalmar con Yaguachi un año más tarde. En los años 90 se dieron periodos invernales que inutilizarán la vía; y, el gobierno de Antonio Flores, no prestó ninguna atención a la obra.

Son los años de oposición al ferrocarril hasta la victoria de la revolución liberal y la conversión del ferrocarril en la acción prioritaria del gobierno de Eloy Alfaro. En 1897

se retoma el proyecto con la intervención del contratista Archer Harman, pero el Congreso pondrá nuevos obstáculos al contrato, hasta la formación de la Empresa “The Guayaquil and Quito RY.Co.” compañía que emprenderá, desde comienzos de siglo, la etapa crucial del ferrocarril. En 1902 llega a Huigra y Sibambe y cerca de fin de año a Alausí. En junio de 1903 llega a Guamote, un mes más tarde a Riobamba. En enero de 1907 está en Ambato y en febrero de 1908 pita la locomotora en Tambillo para llegar ese mismo año, el 25 de junio a Chimbacalle.

Hasta la fecha del asesinato de Eloy Alfaro en 1912, la ruta del ferrocarril tenía una extensión aproximada de 465 km. con aproximadamente 33 estaciones o puestos de servicios ubicados en: Guayaquil, Yaguachi, Milagro, Naranjito, Barraganetes, Bucay, Naranjapata, Huigra, Chanchán, Sibambe, Alausí, Tixan, Palmira, Guamote, Cajabamba, Riobamba, Luisa, Urbina, Mocha, Ambato, Cunchibamba, Salcedo, Latacunga, Lasso, Cotopaxi, Machachi, Aloag, Tambillo, y Quito, cruzaba algunos túneles y numerosos puentes.



Figura 6. Locomotora #17
Fuente: FTPE4, 2010.

Posterior al asesinato del General Eloy Alfaro los siguientes gobiernos concluyeron algunos ramales pero en un breve lapso de tiempo, con la apertura de carreteras y la incorporación de vehículos a gasolina la vigencia del ferrocarril fue disminuyendo.

⁴ Plan Maestro del Ferrocarril Turístico Patrimonial del Ecuador (2010).

En el 2008, el Gobierno Nacional bajo el mandato del Econ. Rafael Correa Delgado se propone en recuperar y restaurar el ferrocarril como uno de los principales patrimonios culturales del país, convirtiéndose en este sentido la Rehabilitación del Sistema Ferroviario en un Proyecto Emblemático del Gobierno teniendo como objetivo: recuperar y poner en valor la Red Ferroviaria Ecuatoriana.

4. Materiales

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación, Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública, nos ha facilitado con toda la información, equipos y espacio necesario para la elaboración del Sistema de Información Geográfico.

4.1 Hardware

- Computadora

Se facilitó una computadora con las siguientes características:

- Procesador Intel Core(TM) i5-2430M CPU @ 2,40GHz
- Memoria RAM 6,00 GB
- Espacio en disco duro 289GB

- GPS Trimble Juno SB

- Procesador de 533 Mhz
- Windows Mobile 6.1 multilenguaje
- Cámara de 3 megapíxeles
- Receptor GPS de alta sensibilidad con correcciones EGNOS / WAAS / MSAS
- Batería de larga duración (8 horas con GPS y 14 horas sin GPS)

4.2 Software

- Sistema operativo de 64bit

- Windows 7 Professional
- SIG de escritorio ArcGIS Desktop 10.1
- Python, ambiente integrado al ArcGIS
- UML o Lenguaje Unificado de Modelado es un lenguaje gráfico para el modelado de Sistemas
- AutoCAD Application 2014

4.3 Datos

Las principales fuentes de datos utilizadas en este proyecto de investigación son:

- Cartografía base IGM, escala 1:50.000, disponible en archivo shapefile.
- Cartográfica Estadística del Instituto Nacional de Estadística y Censos escala 1:50.000, disponible en archivo shapefile.
- Levantamientos Topográficos de FEEP, escala 1:1000, disponible en archivo AutoCAD.

Las principales características de estos datos son:

- Sistema de coordenadas UTM
- Datum WGS84

5. Metodología y diseño de la Investigación

El enfoque metodológico propuesto para el desarrollo del Sistema de Información Geográfico a implementar en Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública está basado en un Modelo de Ciclo de Vida Evolutivo, como una respuesta estratégica a la flexibilidad de los procesos y herramientas solicitadas.

En cuanto al porqué del modelo de ciclo de vida evolutivo, podemos mencionar que acorde a las necesidades de la Empresa de Ferrocarriles frente al desarrollo del proyecto, se debe concebir su ciclo de vida de forma que se ajuste naturalmente a las demandas y expectativas de la institución. Este modelo lo consideramos como la mejor opción debido a la naturaleza de la información, a la evolución de las alternativas tecnológicas, a la flexibilidad que se desea dotar a los sistemas y a la posibilidad de obtener resultados en diferentes etapas del desarrollo de los mismos, dando lugar a una retroalimentación y evaluaciones continuas y permanentes.

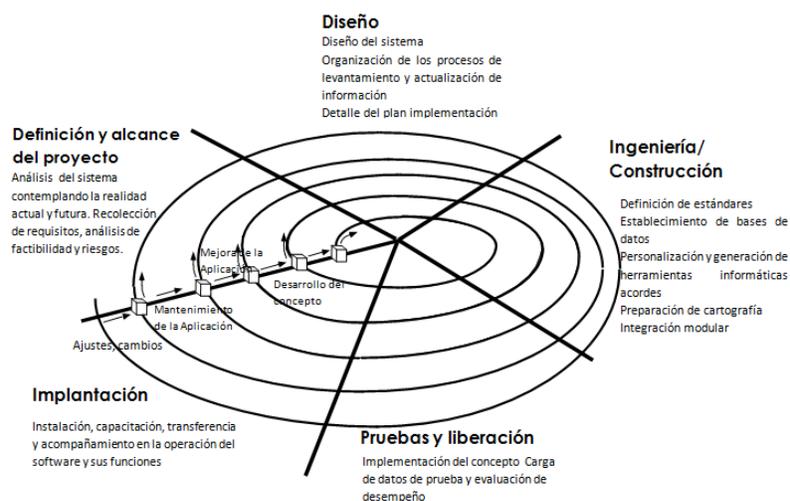


Figura 7. Diagrama Propuesto del Modelo Evolutivo para el desarrollo del SIG para FEED

Dentro del modelo evolutivo de desarrollo, acorde a las necesidades planteadas por ferrocarriles del Ecuador para las diferentes actividades a desarrollar en el proyecto se utilizó el Lenguaje Unificado de Modelado (UML) la cual prescribe un conjunto de notaciones y diagramas estándar para modelar sistemas orientados a objetos, y describe la semántica esencial de lo que estos diagramas y símbolos significan.

5.1 Definición y Alcance del Proyecto

La empresa pública de Ferrocarriles del Ecuador, dentro de su proceso de actualización tecnológica y fortalecimiento institucional, en lo que al uso de herramientas tecnológicas se refiere, para una adecuada administración y manejo de la información ha planteado la necesidad de Diseñar, Desarrollar e implantar un Sistema de Información Geográfico que pueda sistematizar, organizar y difundir la información férrea existente en el Ecuador, lo cual permitirá una mejor gestión institucional y una adecuada toma de decisiones.

Para lo cual se analizó los requerimientos técnicos y tecnológicos de Ferrocarriles del Ecuador mediante reuniones y entrevistas con los técnicos e informantes calificados, para conocer las necesidades y requerimientos institucionales, actuales y futuros, y que estén relacionados con el alcance y los objetivos de este proyecto de investigación.

Esta información permitirá generar los diferentes diagramas presentados dentro de la

metodología UML, los cuales deberán ser lo suficientemente claros y cercanos a la realidad institucional pues son la base para el desarrollo e implantación del Sistema.

Todo el proceso de levantamiento fue documentado y validado por la institución la misma que generó como resultado un documento de análisis que será la base para el diseño y posterior implementación del Sistema de Información Geográfico.

Dentro de la información levantada se determinó los diferentes tipos de datos que le son necesarios para su gestión y planificación mediante un análisis de las actividades, procesos y eventos que se realizan en las diferentes Gerencias de Planificación, Comercialización y Operaciones, para establecer claramente las variables que intervienen directa o indirectamente en la ejecución de proyectos turísticos en el cual se enfoca fundamentalmente el sistema Ferroviario del Ecuador.

Adicionalmente es de gran importancia determinar la calidad de la información cartográfica con que cuenta la institución y definir cuál será la cartografía, tanto base como temática, necesaria que deberá ser subida al Sistema SIG.

5.2 Diseño

La arquitectura propuesta en el presente proyecto de investigación para la implementación del SIG para Ferrocarriles del Ecuador a través del software ArcGIS, responde a la necesidad de contar con una infraestructura estable que permita garantizar la sostenibilidad de la misma, que este acorde a las demandas actuales y

futuras de la institución, además de cumplir con los lineamientos y estándares definidos para las instituciones del estado para que a futuro se implemente mediante un software libre, puesto que se debemos cumplir con lo establecido por el estado para el uso de herramientas libres en el desarrollo e implementación de Sistemas de Información Geográfico.

Adicionalmente se realizó una evaluación de la infraestructura de Hardware con que cuenta la institución y determinar conjuntamente con el departamento de sistemas de la FEEP, la factibilidad de implantar el Sistema de Información en los equipos que disponen, además se identificó la disponibilidad de equipos que se requieren para la generación, gestión y procesamiento de información cartográfica como por ejemplo: dispositivos GPS, Plotter, escáner, impresoras.

Es importante como parte de este proyecto investigativo identificar la capacidad técnica institucional, en lo que al recurso humano se refiere, puesto que la infraestructura a implementar requiere del personal técnico necesario para la administración, operación y mantenimiento de la misma.

La arquitectura propuesta para la implementación del Sistema de Información Geográfico para la presente investigación se detalla a continuación y se resume en el gráfico que se presenta a continuación.



Figura 8: Arquitectura de un SIG
Fuente: Copyright © 2014 Aeroterra SA.

5.3 Adquisición de Datos

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo del presente proyecto es identificar con claridad cuáles son las principales fuentes de información que ayuden a la obtención de datos, ya que son el eje fundamental del SIG, he influirán en la calidad de los productos que facilitaran la toma de decisiones que permitan el aprovechamiento del sistema ferroviario de manera sostenible.

La determinación de los datos adecuados para el desarrollo del SIG de Ferrocarriles del Ecuador, está directamente correlacionado con las actividades y necesidades del

departamento de planificación y de operaciones, además serán complementados a través de análisis adicionales con los funcionarios de otras Gerencia que intervengan en las diferentes actividades.

Para identificar con claridad cuáles son las principales fuentes de información con que cuenta Ferrocarriles del Ecuador se realizó un inventario de la información cartográfica donde se identificaron tres principales fuentes de información, las cuales se enumeran a continuación:

- Información propia de la FEEP a través de sus diferentes gerencias
- Instituto Geográfico Militar - IGM.
- Instituto Nacional de estadísticas y Censo - INEC.

5.3.1 Información propia de la FEEP

Luego de realizar un análisis de los datos que se utilizara en la construcción del SIG para la FEEP, se ejecutó la búsqueda de fuentes de datos en las diferentes gerencias que posee la institución, donde se pudo recopilar información del sistema ferroviario nacional que comprende el área territorial de influencia del Ferrocarril Turístico Patrimonial, particularmente con la infraestructura, las facilidades y los servicios complementarios incluidos en la oferta turística del país.

Una de las principales fuentes de información fue proporcionada por la gerencia de operaciones donde se facilitó todos los datos de la infraestructura ferroviaria con la que se ha venido trabajando a través de los años.

El trazado vial del ferrocarril ecuatoriano lo constituyen 965,6 Km, que atraviesa diez provincias del país, las condiciones para su análisis fueron en base a la configuración del tendido ferroviario, que es consecuencia de la tecnología que se disponía en la época en que esta vía fue construida, Anexo 1

- **Tramos del ferrocarril**

Los tramos que conforman el trazado de la línea férrea a nivel de todo el país se detallan a continuación:

Tabla 2. Tramos del tendido Ferroviario

Tramo	Longitud (km)
Guayaquil-Quito	446,8
Quito-San Lorenzo	373,4
Sibambe-Cuenca	145,4
TOTAL	965,6

- **Subtramos**

Actualmente con la Rehabilitación del Sistema Ferroviario se han creado los Sub-Tramos de cada uno de los tramos descrito por motivos de operatividad y ejecución

de la rehabilitación de la línea férrea por parte de las diferentes empresas contratista, los cuales se detallan a continuación.

Tabla 3. Subtramos vía Férrea

Tramo	Sub Tramo	Situación
Guayaquil-Quito	Duran-Milagro	Operable
	Milagro-Bucay	Operable
	Bucay-Huigra	Operable
	Huiga-Sibambe	Operable
	Sibambe-Riobamba	Operable
	Riobamba-Ambato	Operable
	Ambato-Latacunga	Operable
	Latacunga-Quito	Operable
Quito-San Lorenzo	Quito-Otavalo	Suspendido
	Otavalo-Ibarra	En rehabilitación
	Ibarra-Salinas	Operable
	Salinas-San Lorenzo	Suspendido
Sibambe-Cuenca		Suspendido

- **Estaciones Ferroviarias**

Se cuenta con 109 estaciones a nivel de todo el trazado de la línea férrea, 47 en el tramo Guayaquil-Tambillo, 47 en el tramo Quito –San Lorenzo y 15 en el tramo Sibambe-Cuenca

Tabla 4. Estaciones: Guayaquil-Tambillo

No.	Estación		Km	No.	Estación		Km
1	R	Guayaquil	0,0	25	Pa	Palmira	166,0
2	Fa	Eloy Alfaro	0,0	26	Jc	Guamote	181,5
3	Si	Casiguana	11,7	27	Cl	Columbe	187,4
4	Qf	Yaguachi	21,2	28	Ea	Mancheno	194,1
5	Ch	Chobo	29,6	29	Ng	Cajabamba	211,8
6	P	Milagro	34,4	30	Ch	Chimborazo	218,4
7	Ca	Venecia	43,8	31	C	Riobamba	230,5
8	Sc	San Carlos	48,6	32	Cs	Luisa	244,0
9	Fc	Naranjito	50,5	33		Siberia	252,4
10	Nt	Norton	55,9	34	Bn	Urbina	261,8
11	B	San Antonio	59,9	35	Lc	Mocha	275,6
12	Pv	Primavera	62,3	36	Cv	Cevallos	287,3
13	Rf	Rocafuerte	65,2	37	Mv	Montalvo	291,6
14	Ga	Barraganeta	69,1	38	B	Ambato	304,9
15	Sr	San Rafael	76,3	39	Cb	Cunchibamba	325,1
16	Lt	Lolita	81,6	40	Sm	Salcedo	335,6
17	Bj	Bucay	87,4	41	La	Latacunga	348,9
18	Po	Olimpo	107,0	42	Gu	Guaytacama	360,6
19	Rh	Huigra	116,1	43	A	Lasso	369,0
20	O	Chanchan	121,6	44	X	Cotopaxi	388,1
21	Ps	Sibambe	130,7	45	Ma	Machachi	406,9
22	H	Alausi	142,5	46	Lg	Aloag	413,2
23	Pr	Tixan	152,7	47	Ba	Tambillo	423,0
24	Ra	Carolina	154,5				

Fuente: FEOP – Gerencia de Operaciones (2005).

Tabla 5. Estaciones: Quito-San Lorenzo

No.	Estacion		Km	No.	Estación		Km
1	J	Quito-Estacion	0,0	25	Hb	Hoja Blanca	189,7
2	Ch	Chiriacu-Taller	1,4	26	Sl	Salinas	203,2
3	Cm	Cumbaya	21,4	27	Pp	Primer Paso	217,0
4	F	Tumbaco	27,2	28	Ci	Carchi	222,1
5	Z	Puembo	42,1	29	Tp	Tercer Paso	231,2
6	Pf	Pifo	45,8	30	Mn	Mundo Nuevo	237,1
7	S	Yaruqui	54,2	31	Tb	Tablas	242,2
8	Ce	Checa	60,4	32	Gp	Guallupe	244,8
9	Oc	El Quinche	66,3	33	Rs	Rio Blanco	247,4
10	Xx	Ascazubi	70,8	34	Cd	Collapi	255,1
11	L	Oton	86,7	35	Ro	Rocafuerte	258,2
12	Cg	Cangahua	101,2	36	Pi	Parambas	262,2
13	Cy	Cayambe	110,0	37	Pj	Pajon	264,2
14	Ta	Tabacundo	113,5	38	Al	Arenal	268,0
15	Tg	Tupigachi	117,2	39	Co	Cachaco	271,6
16	Cj	Cajas	124,5	40	Li	Lita	280,8
17	Sf	San Rafael	137,5	41	Ao	Alto Tambo	295,0
18	Ot	Otavalo	146,7	42	Ep	El Placer	304,0
19	Il	Iluman	152,9	43	Sj	San Jose	323,0
20	Sq	San Roque	156,6	44	K	Cachavi	338,6
21	At	Atuntaqui	160,1	45	Jv	San Javier	342,0
22	Nt	Natabuela	162,5	46	Lb	La Boca	348,7
23	Sa	San Antonio	165,6	47	Lz	San Lorenzo	373,4
24	Ib	Ibarra	173,1				

Fuente: FEOP – Gerencia de Operaciones (2005).

Tabla 6. Estaciones: Sibambe-Cuenca

No.	Estación		Km	No.	Estación		Km
1	Ps	Sibambe	0,0	9	Vn	Ventanas	90,0
2	Cn	Chunchi	11,7	10	Pp	Papaloma	99,2
3	Cp	Capsol	17,2	11	Bl	Biblian	110,2
4	Co	Compud	25,1	12	Az	Azogues	116,0
33	Rs	Santa Rosa	30,1	13		El Descanso	128,9
6	Jy	G. Carrasco	35,6	14	Me	Crnel. Estrella	145,4
7	Tc	Tipococha	46,3	15	Cd	Cuenca-Oficinas	145,4
8	Tb	Tambo	69,2				

Fuente: FEEP – Gerencia de Operaciones (2005).

- **Equipo Tractivo**

El sistema de ferrocarriles del Ecuador actualmente cuenta con el siguiente equipo tractivo operable:

Tabla 7. Equipo tractivo

Equipo tractivo	Operables
Locomotoras a Vapor	4
Locomotoras a Diesel	4
Autoferros	2

Fuente: FEEP (2013).

Siendo la infraestructura de la vía férrea el componente fundamental del sistema ferroviario se detalla a continuación su conformación a nivel de todo el país en cada uno de sus tramos:

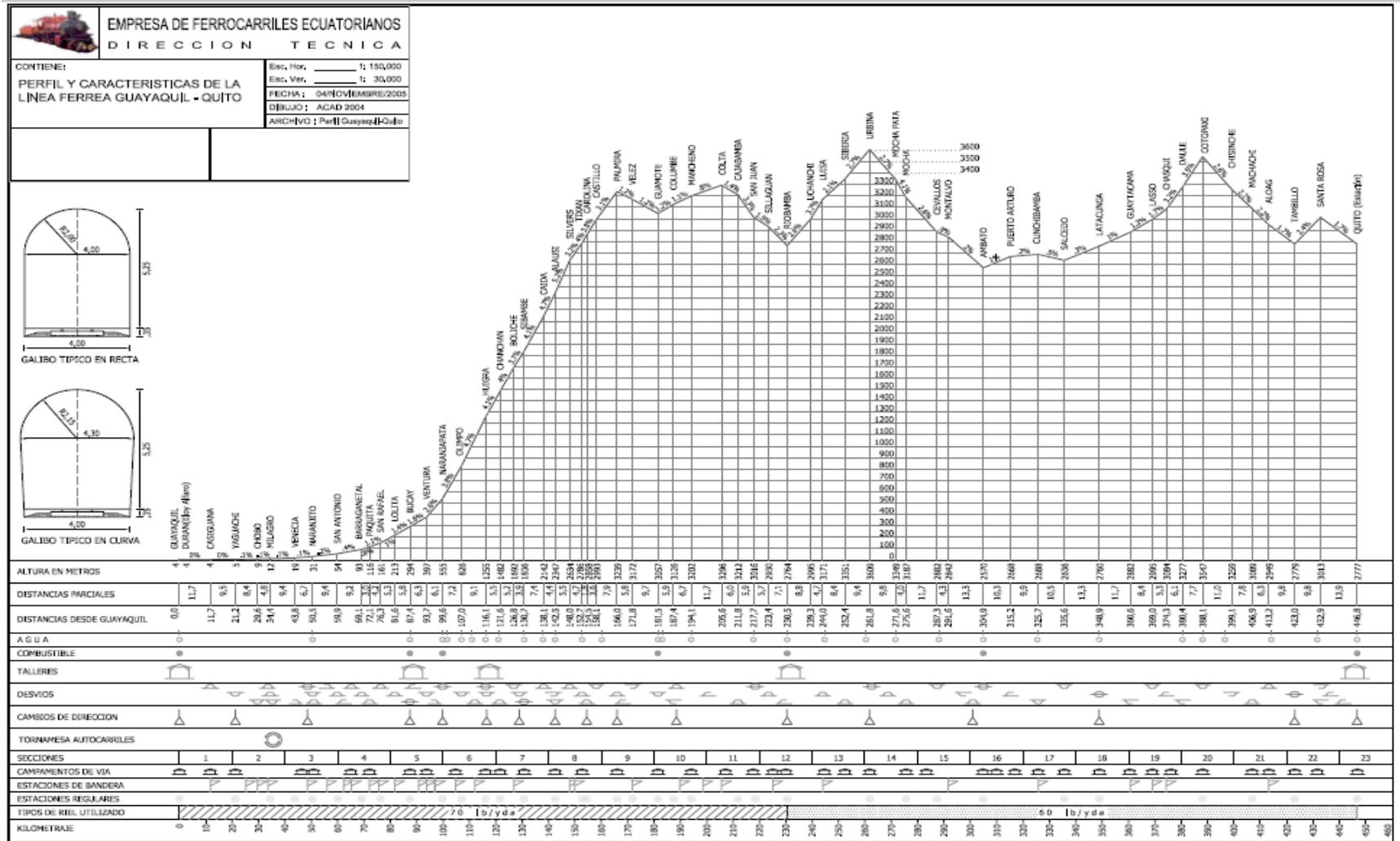


Figura 9. Infraestructura Tramo Guayaquil-Quito
Fuente: FEOP – Gerencia de Operaciones (2005).

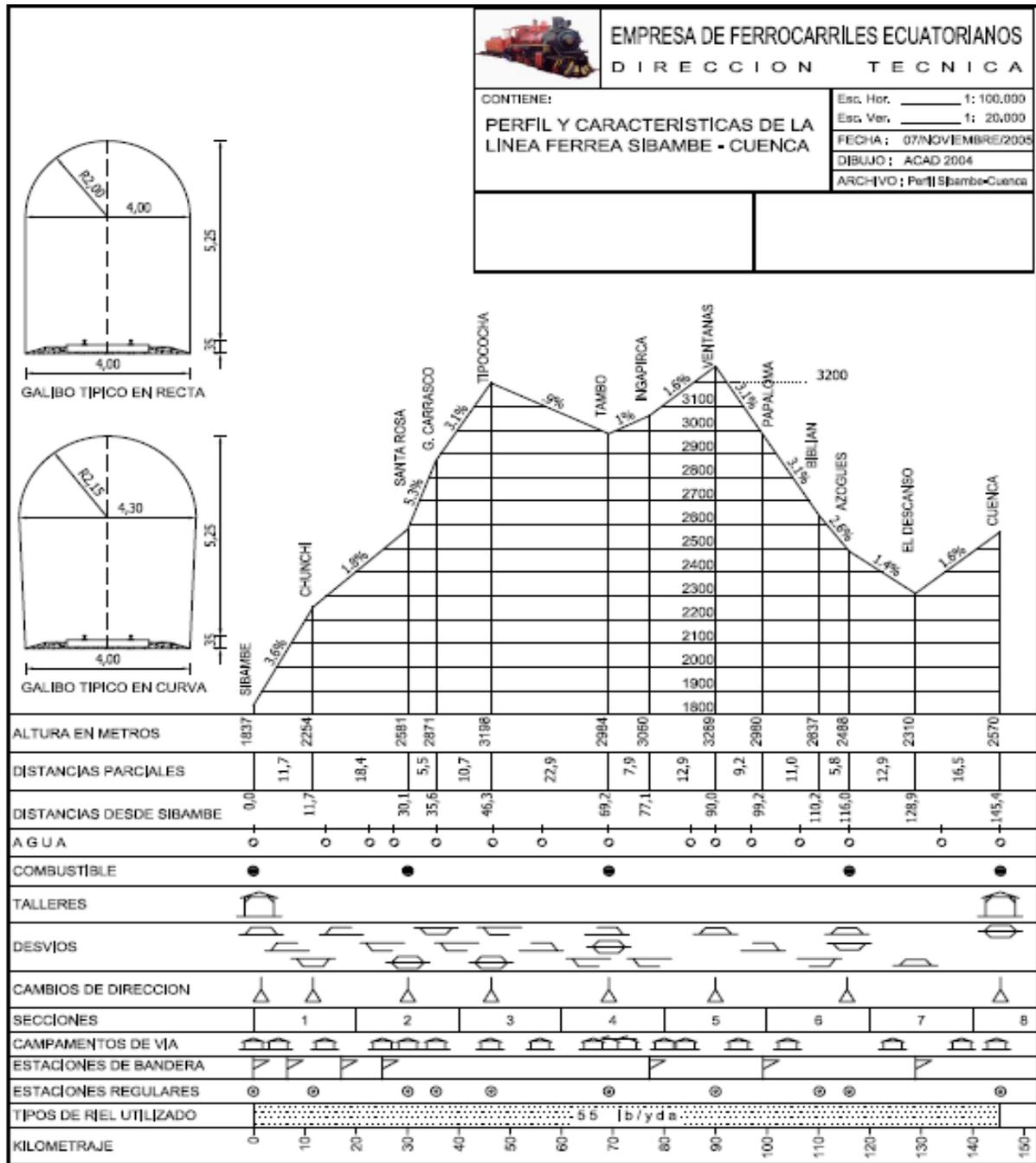


Figura 11. Infraestructura Tramo Sibambe – Cuenca
Fuente: FEEP – Gerencia de Operaciones (2005).

Con la rehabilitación del Sistema Ferroviario Ecuatoriano a partir del año 2008, la empresa inicia un proceso de modernización y recuperación de la misma, emprendiendo varios proyectos para su ejecución, de los cuales se destaca el estudio del levantamiento Topográfico de la vía férrea en su primera etapa Quito-Duran e Ibarra-Salinas, contando con más de 480 km de vía e infraestructura con topografía detallada, para posteriormente realizar los trabajos de rehabilitación en campo, que fue elaborado por la empresa Hidroplan Cía. Ltda. Ingenieros Consultores en el año 2009.

De mencionado proyecto se recopiló información básica para la construcción del SIG, como son: los archivos digitales del levantamiento Topográfico de la vía férrea en el software AutoCAD⁵ en formato DWG⁶.

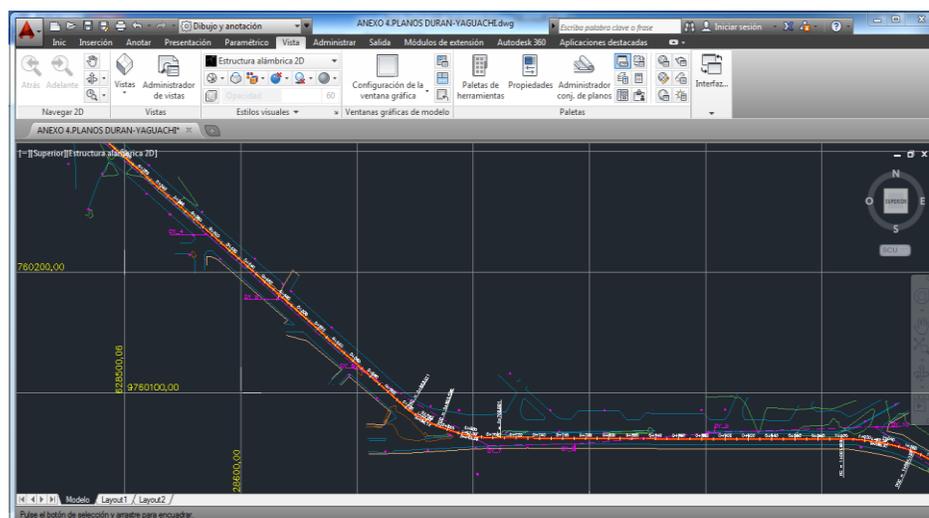


Figura 12. Estudio del Levantamiento Topográfico de la vía férrea en formato DWG

Fuente: FEEP – Hidroplan Cía. Ltda. Ingenieros Consultores (2009).

⁵ Software utilizado para dibujo 2D y modelado 3D.

⁶ Formato de archivo informático que almacenan la información de dibujo en tres dimensiones de forma vectorial.

Una vez que se ha determinado los datos relevantes que se requerirán para la ejecución del SIG, se debe considerar que la información recopilada no se encuentra georreferenciada, para lo cual se establecerá varios métodos que permitirán agregarle el contenido espacial los mismos que deberán georeferenciarse y convertirse a un sistema de coordenadas común, para evitar inconvenientes al momento de ingresarlos al Sistema.

Uno de los métodos que permitirá la integración de los datos recopilados al sistema de Coordenadas Geográfico WGS '84 es la conversión de los archivos AutoCAD a formato shapefile y mediante el uso de las herramientas de Ajuste espacial, georeferenciar para poder incluir estos datos en el Sistema de manera que puedan utilizarse de forma funcional.

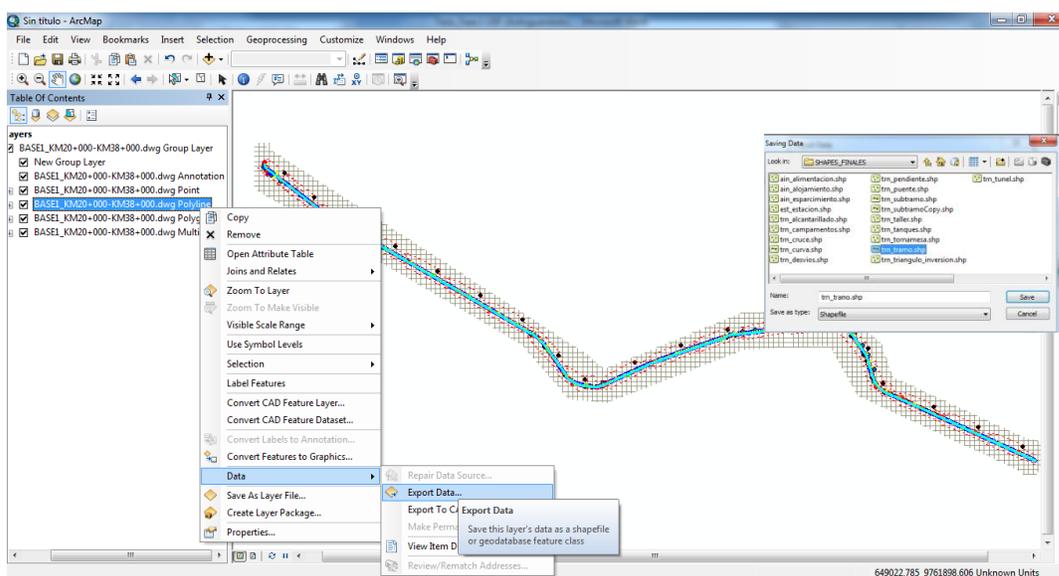


Figura 13. Conversión de formato dwg⁷ a shapefile

⁷ Formato de archivo informático que almacenan la información de dibujo en tres dimensiones de forma vectorial.

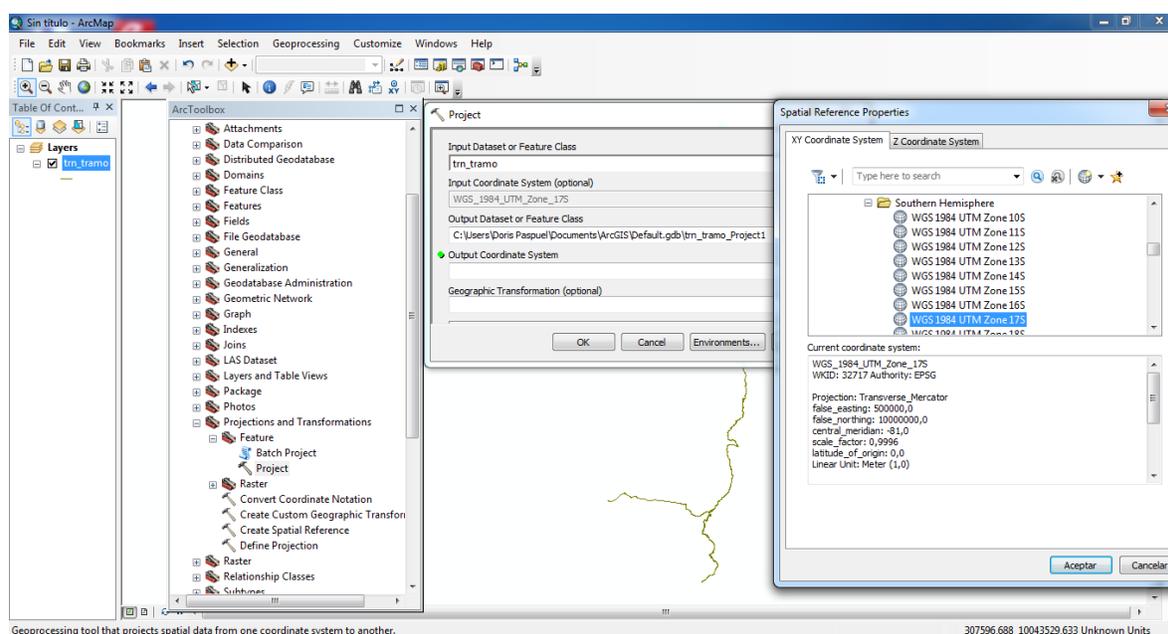


Figura 14. Georeferenciación de shapefile

5.3.2 Información Instituto Geográfico Militar - IGM

Ferrocarriles del Ecuador al ser una empresa pública, le permite intercambiar con facilidad información entre las Instituciones Públicas, a un más cuando es de carácter investigativo sin fines de lucro, es así que mediante oficio institucional se solicita al Instituto Geográfico Militar del Ecuador, institución técnica y científica, encargada de la elaboración de la Cartografía Nacional y del archivo de datos geográficos de nuestro país, se proporcione la cartografía temática a escala 1: 50.000 la misma que nos servirá para la estructuración de la cartografía base del SIG de Ferrocarriles del Ecuador.

Como podemos observar la información proporcionada por parte del Instituto Geográfico Militar está en formato shapefile que podría ser abierto con ArcMap o

con cualquier otra herramienta de SIG que pueda abrir este tipo de archivos; en la presente investigación se utilizar los shp de línea_tren, vías, ríos, los mismos que nos servirán para la estructuración de la geodatabase del SIG para ferrocarriles.

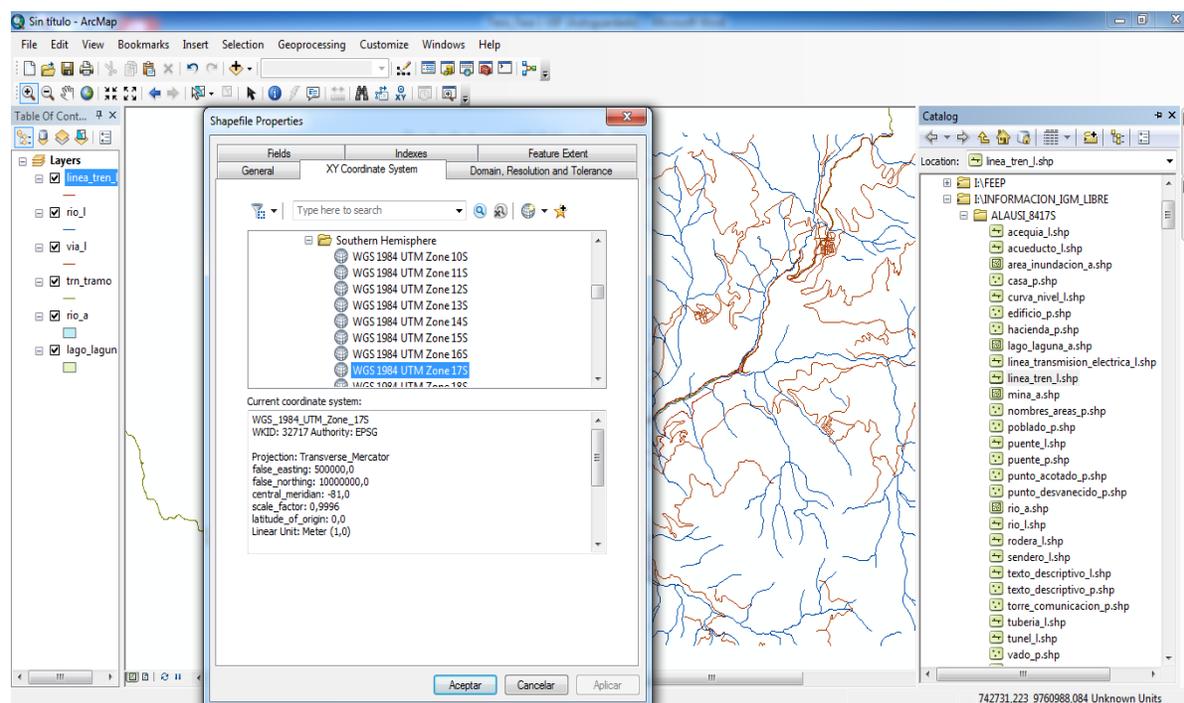


Figura 15. Información proporcionada por el IGM⁸

5.3.3 Información Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

Siendo el Instituto Nacional de Estadística y Censos, la institución encargada de editar y actualizar la División Político – Administrativa de la República del Ecuador, la FEEP solicita mediante oficio institucional se proporcione dicha información para fines de investigación ya que en este proyecto se desea relacionar las capas de provincias, cantones y parroquias para establecer el trazado de la vía férrea a nivel de todo el país.

⁸ Instituto Geográfico Militar

estructuración de los mismo al interior de las bases de datos no nos permitirá contar con una herramienta de planificación y soporte de toma de decisiones.

Toda información existente en una institución es susceptible de ser almacenada en una base de datos a fin de que sea accesible y compartida por varios usuarios interesados en la misma, pero previo a realizar la carga de datos a la base tanto alfanumérica como espacial esta requiere estar en las condiciones necesarias a fin de que pueda ser estructurada y para esto debe cumplir con ciertos estándares y requerimientos técnicos.

En cuanto a la parte cartográfica es importante considerar la ubicación y determinación de características físicas, espaciales y de diseño de cada una de las coberturas que serán levantadas e ingresadas al sistema.

Para determinar con qué tipo de información cartográfica cuenta Ferrocarriles del Ecuador se realizó un inventario de la misma donde se revisarán fuentes de información usadas, escalas, temporalidad, calidad, disponibilidad de acceso y a la vez se estableció que existe información que requiere estandarizar, es decir, que cuente con toda la información en similares características y condiciones técnicas para el SIG.

La información cartográfica fue determinada y estructurada de acuerdo a un catálogo de datos y conforme las normas cartográficas utilizadas por el ente rector de cartografía a nivel nacional que es el Instituto Geográfico Militar, para cada uno de

los elementos topográficos de las coberturas a considerar. Cada archivo o cobertura en el sistema cuenta con su estructura topológica (punto, línea o polígono). La información estructurada, ordenada y homogénea será administrada por coberturas la misma que permite visualizar todos los elementos topográficos del área de estudio.

5.5 Recomendaciones para la estructuración de datos cartográficos

Una vez analizado los resultados del inventario y la revisión de la información cartográfica que posee la FEED, se puede recomendar ciertas actividades a realizar por parte de los técnicos encargados que manejarán el sistema de información sobre la cartografía, entre la cuales podemos mencionar.

5.5.1 Vectorización y digitalización de información

La combinación de los procesos de vectorización y digitalización nos permitirá capturar la información cartográfica existente en formato analógico (cartas topográficas, mapas en papel u otros documentos) a formato digital; se utilizará el software ArcGIS que permita levantar la información gráfica e incorporar al mismo tiempo atributos tales como el nombre de las estaciones, rutas, horarios, costos, etc. Estos procesos cumplirán con especificaciones técnicas de tolerancia con el fin de que los productos cumplan con el rango de precisión para la escala y nivel de estudio requerido.

5.5.2 Edición cartográfica

Esta actividad está constituida por 2 procesos específicos: la edición cartográfica propiamente dicha y la estandarización y sistematización de la misma.

- **Edición cartográfica:** Consistirá en la corrección de problemas comunes de los procesos de levantamiento de información: incorporación de elementos omitidos por error, corrección de elementos ingresados varias veces, corrección de elementos que no llegan a empatare con los elementos que deberían (undershoots) o que sobre pasan de los elementos con los que deberían intersecarse (overshoots), edición de empalmes, entre otras correcciones. Todas estas ediciones se cumplirán tomando en cuenta los parámetros y estándares internacionales de edición cartográfica para la escala del estudio.
- **Estandarización y sistematización:** Toda la información recopilada de diversas fuentes deberá cumplir con los parámetros de precisión, condiciones geométricas, densidad de elementos, información alfanumérica asociada, necesarios para ingresar al Sistema de modo que pueda ser utilizada para la generación de los modelamiento SIG posteriores.

5.5.3 Estructuración para formato SIG

Tal como la actividad anterior, esta también consiste de dos procesos básicos: la estructuración para Sistemas de Información Geográfica y la vinculación de la información alfanumérica:

- **Estructuración para Sistemas de Información Geográfica:** Consistirá en la validación de todos los elementos gráficos y alfanuméricos de cada una de las coberturas y la generación de topología de las mismas.
- **Vinculación de la información alfanumérica:** La información alfanumérica a ser ingresada será aquella que facilite la descripción de los diversos rasgos geográficos del área de estudio y aporte a la elaboración de capas temáticas de la zona o permita realizar cálculos para los modelamiento SIG. El proceso de validación se refiere a la relación que existirá entre las diferentes capas temáticas (parte gráfica) y la información alfanumérica, obteniéndose una relación directa entre cada uno de los rasgos geográficos con los atributos, descripciones, características y otros elementos obtenidos de la información alfanumérica. Al final de estos procesos, las capas temáticas se encontrarán en formato Shapefile.

5.6 Estructuración y Procesamiento de información

A continuación se presenta un esquema con la descripción general de la metodología utilizada para el análisis y estructuración de la información disponible para el presente proyecto investigativo.

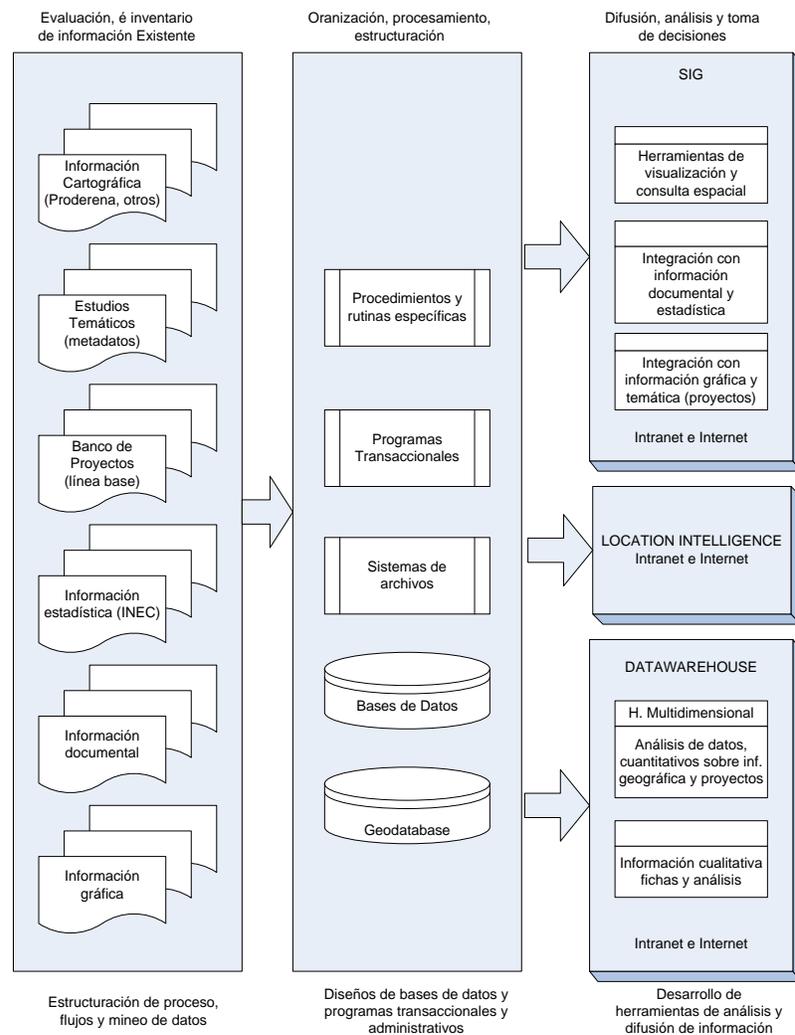


Figura 17. Metodología para Procesamiento de la información a integrar en el SIG de Ferrocarriles del Ecuador

5.6.1 Diseño Conceptual

Como paso previo a la implementación del Sistema de Información Geográfica y sus respectivas bases de datos se desarrolló los documentos de análisis y diseño conceptuales respectivos, los cuales serán la base para la implementación del sistema.

Para lograr un diseño conceptual bien estructurado se construyó una matriz enfocada al usuario y a sus actividades que desempeña el sistema ferroviario como tal.

Como resultado de esta actividad se generó una matriz que contiene la información alfanumérica y geográfica donde se identificaron los atributos requeridos para cada entidad, la misma que será reflejada un Base de datos.

Tabla 8. Estructuración de la base de datos

COBERTURA	No	NOMBRE DE LA CAPA	DESCRIPCIÓN	TIPO	TABLA DE ATRIBUTOS				
					NOMBRE DE CAMPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	LONGITUD	PRECISIÓN
CARTOGRAFIA BASICA	1	I_PROVINCIAS	Provincias del Ecuador basado en la cartografía del IGM	Polígono	CODIGO	Código Oficial de las provincias	Texto	20	
					NOMBRE	Nombre Oficial	Texto	40	
	2	I_CANTONES	Cantones del Ecuador basado en la cartografía del IGM	Polígono	CODIGO	Código Oficial de las provincias	Texto	20	
					NOMBRE	Nombre Oficial	Texto	40	
	3	I_PARROQUIA	Parroquia del Ecuador basado en la cartografía del IGM	Polígono	CODIGO	Código Oficial de las parroquias	Texto	20	
					NOMBRE	Nombre oficial parroquias del Ecuador	Texto	40	
	4	I_VIA	Camino mantenido para la circulación de vehículos, base IGM	Línea	NOMBRE	Nombre Oficial	Texto	50	
					CODIGO	Código tomado del IGM	Texto	20	
					DESCRIPCION	Tipo de Vía	Texto	80	
	5	I_CENTROS_POBLADOS	Zonas rurales del Ecuador, base IGM	Punto	NOMBRE	Nombre Oficial	Texto		
					DEMOGRAFIA	Total personas existentes	Double	8	
					ALFABETISMO	Nivel de alfabetismo del centro poblado	Texto	10	
					EXTENSION	Área Total	Double	10	
	6	I_AMANZANADO	Zona Urbana del Ecuador	Punto	NOMBRE	Nombre Oficial	Texto	50	
					DEMOGRAFIA	Total personas existentes	Double	8	
					ALFABETISMO	Nivel de alfabetismo del centro poblado	Texto	10	
					EXTENSION	Área Total	Double	10	
	7	I_RIO DOBLE	Corriente natural de agua, más o menos continua y con un caudal variable	Línea	NOMBRE	Nombre oficial, base IGM	Texto	200	
					EXTENSION	Área Total	Double	8	
	8	I_RIO TORRENTE	Corriente natural de agua, más o menos continua, desemboca en el mar, en un lago o en otro río	Línea	NOMBRE	Nombre oficial, base IGM	Texto	200	
EXTENSION					Área Total	Double	8		
9	I_LAGO_LAGUNA	Un cuerpo de agua más o menos extensa rodeado por tierra	Polígono	NOMBRE	Nombre Oficial, base IGM	Texto	200		
				EXTENSION	Área Total	Double	8		

	10	I_SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas	Polígono	NOMBRE	Nombre Oficial, base Medio Ambiente	Texto	200	
					CODIGO	Código oficial desinado Medio Ambiente	Texto	200	
					EXTENSION	Área Total del área protegida, base Medio Ambiente	Double	8	
	1	ESTACION	Instalación a la que llegan y de la que parten trenes	Punto	NOMBRE	Corresponde al nombre de la ciudad o poblado donde se asienta la estación	Texto	100	
					CODIGO	Establecido por del dpto. Técnico de FEEP, aprox. 50 años	Texto	10	
					PROVINCIA	Designación correspondiente a las provincias del Ecuador	Texto	40	
					CANTON	Designación correspondiente a los cantones del Ecuador	Texto	40	
					PARROQUIA	Designación correspondiente a las parroquia del Ecuador	Texto	40	
					COMUNIDAD	Nombre Designado a la comunidad donde se asienta el tren	Texto	40	
					CATEGORIA	Define los atributos que tiene un elemento y motivan la visita turística dependiendo de su naturaleza: los sitios naturales y las manifestaciones culturales (Plan Maestro FEEP)	Texto	40	
					TIPO	Está constituido por los elementos de características similares en una categoría. Fuente Plan Maestro FEEP	Texto	40	
					SUBTIPO	Definen a los elementos que caracterizan a los tipos. Fuente Plan Maestro FEEP	Texto	40	
					COOR. ESTE	Datos tomados por Holística consultora de FEEP	Double	10	
					COOR. NORTE	Datos tomados por Holística consultora de FEEP	Double	10	
					ALTITUD	Distancia vertical desde donde se asienta los talleres con respecto a nivel del mar	Texto	10	

TREN ECUADOR					PRECIPITACION	Cantidad de agua procedente de la atmosfera que cae en los sitios donde se asientan las estaciones, medida en mm	Texto	10					
					TEMPERATURA	Temperatura promedio de los sitios donde están asentadas las estaciones, medida en °C	Texto	10					
					ESTADO	Situación de conservación en la que se encuentran las estaciones	Texto	40					
					CU. CERCANO 1	Centros Urbanos más cercanos a las estaciones	Texto	40					
					DISTANCIA 1	Medida desde la estación al centro urbano (Km)	Double	8					
					CU. CERCANO 2	Centros Urbanos más cercanos a las estaciones	Texto	40					
					DISTANCIA 2	Medida desde la estación al centro urbano (Km)	Double	8					
					TRANSPORTE	Medio de accesibilidad para llegar a las estaciones	Texto	40					
					S.B. AGUA	Servicio básico de Agua con lo que cuenta las estaciones	Texto	40					
					S.B.ENERGIA	Servicios Básicos de energía con lo que cuentan las estaciones	Texto	40					
					S.B. ALCANTARRILLADO	Servicio Básico de alcantarillado con lo que cuenta las estaciones	Texto	40					
					S.B COMUNICACIÓN	Servicio Básico de comunicación con lo que cuentan las estaciones	Texto	40					
					2	TRAMOS	Rutas del tren que están operables a nivel de toda la ruta	Línea	NOMBRE	Argumentos temáticos, que constituyen en un resumen puntual de los atributos que posee un determinado lugar	Texto	200	
									RUTA	Camino determinado del Tren que va de un sentido a otro	Texto	100	
EQUIPO TRACTIVO	Unidad ferroviario autopropulsado que se utiliza para las diferentes rutas	Texto	50										
DIAS	Días a la semana que sale el Tren a sus diferentes rutas	Texto	10										

					HORA	Horas de llegada y salida a las diferentes estaciones durante el recorrido de la rutas	Texto	10	
					PRECIO	Costo de los pasajes de las diferentes rutas del tren	Texto	10	
					DISTANCIA	Distancia de cada uno de los rutas del tren (Km)	Double	8	
					# T. NACIONALES 2011	Total de turistas nacionales que hicieron uso del servicio del sistema ferroviario a las diferentes rutas	Double	8	
					# T.EXTRANJEROS 2011	Total turistas extranjeros que hicieron uso del servicio del sistema ferroviario a las diferentes rutas	Double	8	
	3	TALLERES	Espacio donde se realiza el mantenimiento de las unidades ferroviarios	Punto	NOMBRE	Designado por el nombre del barrio o ciudad de asentamiento del taller	Texto	40	
					PROVINCIA	Designación correspondiente a las provincias del Ecuador	Texto	40	
					CANTON	Designación correspondiente a los cantones del Ecuador	Texto	40	
					PARROQUIA	Designación correspondiente a las parroquia del Ecuador	Texto	40	
					ALTITUD	Distancia vertical desde donde se asienta los talleres con respecto a nivel del mar	Texto	10	
					DISTANCIA	Medida en Km, tomando la partida desde la estación más cercana	Double	8	
					ESTADO	Situación de conservación en la que se encuentran las talleres	Texto	40	
					COOR. ESTE	Tomadas con GPS	Double	8	
					COOR. NORTE	Tomadas con GPS	Double	8	
	4	CAMPAMENTOS	Espacio donde se guardan todas las herramientas materiales de mantenimiento de vía	Punto	PROVINCIA	Designación correspondiente a las provincias del Ecuador	Texto	40	
CANTON					Designación correspondiente a los cantones del Ecuador	Texto	40		
PARROQUIA					Designación correspondiente a las parroquia del Ecuador	Texto	40		

					ALTITUD	Distancia vertical desde donde se asienta los talleres con respecto a nivel del mar	Texto	10	
					T. CONSTRUCCION	Tipo de material de construcción del campamento	Texto	40	
					DISTANCIA	Medida en Km, tomando la partida desde la estación más cercana	Double	8	
					ESTADO	Situación de conservación en la que se encuentran los campamentos	Texto	40	
					COOR. ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					COOR. NORTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
	5	PUENTES	Estructura hecha por el hombre que provee paso sobre cuerpos de agua, depresiones u otros obstáculos	Punto	TIPO DE MATERIAL	Material del que está elaborado los puentes	Texto	50	
					LONGITUD	Distancia longitudinal del puente	Double	8	
					ESTADO	Situación de conservación en la que se encuentran las puentes	Texto	40	
					COOR. ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					COOR. NOETE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					DISTANCIA (KILOMETRAJE)	Con referencia al punto 0 Duran-Quito	Double	8	
	6	TUNELES	Paso subterráneo abierto artificialmente para establecer una comunicación	Punto	ANCHO	Medido en metros el ancho del túnel	Double	8	
					ALTO	Medido en metros la altura del túnel	Double	8	
					ESTADO	Situación de conservación en la que se encuentran las puentes	Texto	40	
					COOR.ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					COOR. NORTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					KILOMETRAJE	Con referencia al punto 0 Duran-Quito	Double	8	
7	DESVIOS	Cambio provisional del trazado en un trecho de la línea férrea	Punto	COOR. ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8		

					COOR. NORTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					LONGITUD	Distancia longitudinal del desvío	Double	8	
					DIRECCION	El sentido de desvío si es izquierdo o derecho	Texto	20	
					ESTADO	Situación de conservación en la que se encuentran los cambios de dirección	Texto	40	
	8	CAMBIO DE DIRECCION	Cambio de agujas que permite a los trenes cambiar de una vía a otra	Punto	COOR. ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					COOR. NORTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					DIS (KILOMETRAJE)	Con referencia al punto 0 Duran-Quito	Double	8	
	9	TORNAMEZA	Mecanismo que permite girar al auto ferro	Punto	ESTADO	Situación de conservación en la que se encuentran el tornamesa	Texto	40	
					COOR. ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					COOR. NORTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					KILOMETRAJE	Con referencia al punto 0 Duran-Quito	Double	8	
	AREA DE INFLUENCIA	1	ATRATIVOS TURISTICOS	Atractivos complementarios dentro del área de influencia (30Km), Plan Maestro FEEP	Polígonos	NOMBRE	Designación dada al atractivo en base al MINTUR	Texto	200
CATEGORIA						Define los atributos que tiene un elemento y motivan la visita turística dependiendo de su naturaleza: los sitios naturales y las manifestaciones culturales. Fuente Plan Maestro	Texto	40	
TIPOLOGIA						Está constituido por los elementos de características similares en una categoría. Fuente Plan Maestro FEEP	Texto	40	
SUBTIPOS						Definen a los elementos que caracterizan a los tipos. Fuente Plan Maestro	Texto	40	
ALTITUD						Distancia vertical desde donde se asienta el atractivo turístico respecto a nivel del mar	Texto	10	

					DISTANCIA	Tomada desde la estación al atractivo turístico (km)	Double	8	
					COOR. ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					COOR. NORTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
	2	ALOJAMIENTO	Establecimientos acondicionados para otorgar servicio de alojamiento las personas temporalmente	Punto	TIPO	Diversos tipos de alojamiento Turístico de carácter hotelero	Texto	20	
					NOMBRE	Designación dada a cada uno de los establecimientos de alojamiento	Texto	200	
					CATEGORIA	Clasificación según su importancia o grado de servicio de los establecimientos de alojamiento	Texto	20	
					COOR.ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					COOR.NORTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
	3	ALIMENTACION	Establecimientos que ofrecen servicios de alimentación	Punto	TIPO	Diversos tipos de establecimientos que ofrecen servicios de alimentación	Texto	20	
					NOMBRE	Designación dada a cada uno de los establecimientos de servicio alimentario	Texto	200	
					CATEGORIA	Clasificación según su importancia o grado de servicio que ofrecen los establecimientos alimenticios	Texto	20	
					COOR.ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					COOR.NORTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
	4	ESPARCIMIENTO	Establecimientos que ofrecen actividad destinada a dar a la gente el placer o la relajación	Punto	TIPO	Diversos tipos de establecimientos de entretenimiento	Texto	20	
					NOMBRE	Designación dada a cada uno de los establecimientos de entretenimiento	Texto	200	
					CATEGORIA	Clasificación según su importancia o grado de servicio de los establecimientos de entretenimiento	Texto	20	
					COOR.ESTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	
					COOR.NORTE	Dato georeferenciado tomadas con GPS	Double	8	

5.6.2 Diseño Lógico

El diseño lógico traduce la matriz creada en el diseño conceptual en un conjunto de objetivos que muestrean y organizan las variables y objetos para lograr una representación lo más adecuada posible.

En la presente investigación el diseño lógico aplicado fue el modelo entidad-relación que nos permite representar las entidades relevantes del SIG, así como sus interrelaciones y propiedades, como se presenta en el Anexo 2.

5.6.3 Diseño Físico

En el diseño físico se determinó en qué forma se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas que nos proporciona del software ArcGIS para el desarrollo del SIG para la empresa pública de Ferrocarriles del Ecuador.

Una vez establecido el diseño conceptual, lógico y físico del sistema, se proceda a la generar una Geodatabase personal denominada SIG_TREN a través del software ArcGIS, donde todos los datos se alojan en un único archivo de Microsoft Access (mdb).

La propiedad más destacable de este tipo de archivos es que puede almacenar todos aquellos elementos que constituyen un SIG, sean estos archivos raster, archivos shp,

ordenando todos estos elementos a su vez en carpetas denominadas Feature Dataset y estableciendo relaciones de correspondencia entre los que fuese necesario.

Una vez creado la Geodatabase personal SIG_TREN se procedió a incorporar todos los elementos constituyentes del SIG, ordenándolos en los Feature Dataset con sus respectivos atributos los cuales se detallan a continuación:

FID	Shape	est nombre	est codigo	est altitu	est precip	est transp
0	Point	Eloy Alfaro de Chimbacalle	J	2777	1250-1500	Automovil, Bus
1	Point	Santa Rosa	ST	3013	1250-1500	Automovil
2	Point	Tambillo	BA	2779	1250-1500	Automovil, Bus
3	Point	Aloag	LG	2949	1250-1500	Automovil, Bus
4	Point	Machachi	MA	3089	1250-1500	Automovil, Bus
5	Point	Cotopaxi - Boliche	X	3547	1250-1500	Automovil, Bus
6	Point	Lasso	A	2995	500-750	Automovil, Bus
7	Point	Guaytacama	GU	2882	1250-1500	Automovil
8	Point	Latacunga	LA	2760	1250-1500	Automovil, Bus
9	Point	Salcedo	SM	2636		
10	Point	Cunchibamba	CB	2688		
11	Point	Eloy Alfaro	FA	4	1250-1500	Automovil, Bus
12	Point	Ambato	B	2588	0-500	Automovil, Bus
13	Point	Montalvo	MV	2842	500-750	Automovil, Bus
14	Point	Mocha	LC	3187	500-750	
15	Point	Cevallos	CV	2882	500-750	Automovil, Bus
16	Point	Urbina	BN	3618	750-1000	Automovil
17	Point	Luisa	CS	3171		Bus
18	Point	Riobamba	C	2754	0-500	Automovil, Bus
19	Point	Sibambe	PS	1886	0-500	Tren
20	Point	Huigra	RH	1255	500-750	Automovil, Bus
21	Point	Bucay	BJ	320	2000-2500	Automovil, Bus
22	Point	San Rafael	SR	188	1000-1250	Automovil, Bus

Figura 18. Desarrollo de la Geodatabase para FEEP

5.7 Pruebas y Validación del diseño

Para la validación de la funcionalidad y la operatividad del sistema a desarrollar se establecerá un plan de pruebas, las mismas que permitirán garantizar el correcto

funcionamiento del sistema, y sobre todo ayudarán a descubrir las deficiencias que pudieren haberse generado durante la programación para realizar los ajustes necesarios sobre los errores que no hayan sido detectados.

Las diferentes pruebas consisten además de la valoración, por parte de los técnicos beneficiarios del aplicativo y usuarios en general, los resultados de la ingeniería del Sistema y de la estructuración de las aplicaciones en base a las características y funcionalidad esperadas.

Se realizará una evaluación total de todos los elementos que constituyen el sistema así como también validaciones a medida que el desarrollo del sistema avanza. La evaluación se realiza a través de las pruebas respectivas cuya finalidad es determinar el correcto funcionamiento de cada una de las funciones esperadas y de los procesos de preservación, extracción y organización de las bases de datos.

Estas pruebas deben demostrar los resultados alcanzados como Sistema de Información Geográfico de forma representativa para todos los procesos de adquisición/lectura, conversión, estructuración, integración, análisis, modelamiento y visualización de datos.

Para diseñar los casos de prueba, se debe tomar en cuenta la especificación funcional del sistema, estableciendo si cada función es operativa, a más de esto y en

base al conocimiento del sistema se debe probar que el mismo vaya de acuerdo a las especificaciones previamente establecidas.

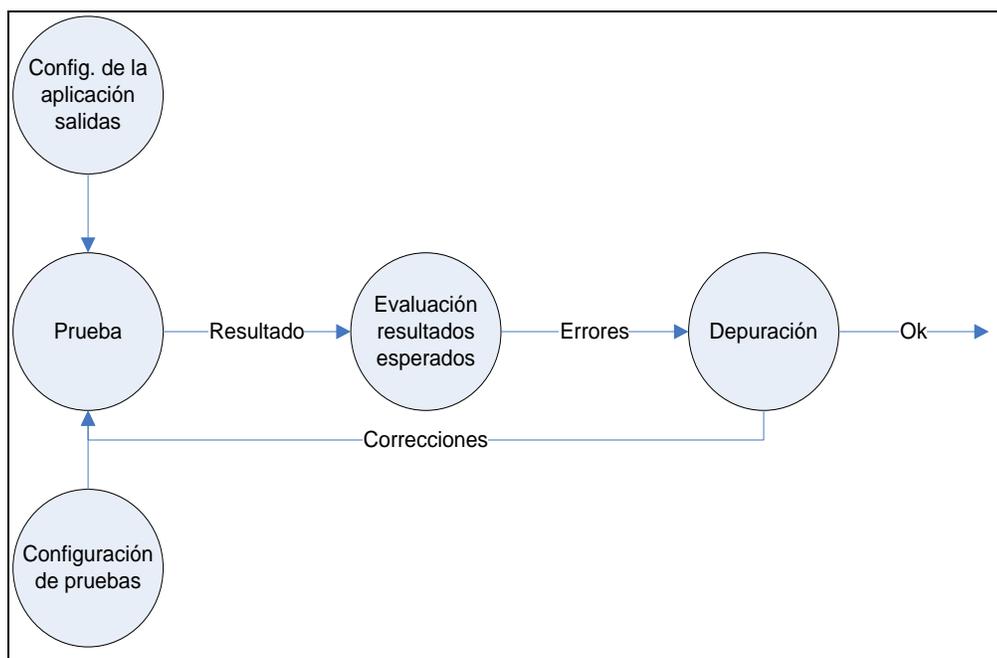


Figura 19. Diseño para pruebas y validación del Sistema

5.7.1 Pruebas de diseño del sistema – Prototipo

Adicionalmente y con el fin de socializar y consensuar lo que será el Sistema de Información Geográfico de Ferrocarriles del Ecuador, se desarrollará un prototipo demostrativo del sistema que muestre de una forma práctica tanto las bondades como la funcionalidad que ofrecerá el mismo.

El diseño de la interfaz logrará una interacción intuitiva y amigable con el usuario guardando las normas que permitan establecer un diseño estéticamente adecuado,

con equilibrio y visualmente atractivo con el fin de facilitar la aceptación y fomentar el uso del Sistema por parte de los potenciales usuarios del sistema.

A partir de la presentación de este prototipo se realizarán pruebas de validación y funcionalidad continua, lo cual permitirá resolver problemas de programación, funcionales o conceptuales sobre la marcha conforme se ejecute el desarrollo.

6. Conclusiones

- La implementación un Sistema de Información Geográfico al sistema ferroviario del país, permitirá a la empresa organizar, relacionar, y analizar los datos que posee, basándose en su localización espacial geográfica, con la finalidad de obtener una base de datos espacial que se utilizara como componente fundamental del análisis previo a la toma de decisiones, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.
- Un buen Sistema de Información Geográfico, nos ayudara a tomar buenas decisiones para la ejecución de proyectos para fomentar la dinamización de economías locales, conjuntamente con el apoyo a los gobiernos locales autónomos y la incorporación del ferrocarril a la oferta turística nacional e internacional.
- El Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado en el presente proyecto de investigación cuenta con la suficiente información (geográfica y alfanumérica), para consolidarse como una herramienta piloto que sirva en la visualización de los problemas operativos del sistema ferroviario, ofreciendo la oportunidad de resolverlos, o bien de dar alternativas o planteamientos de solución.

- El Sistema de Información Geográfica (SIG) que se ha desarrollado, permitirá la administración de información individual (por tramos) o general de toda la Red Ferroviaria del país, con la capacidad de realizar consultas especializadas, análisis estadísticos y geográficos, facilitando la generación de reportes o resultados finales.

7. Recomendaciones

- Se recomienda mantener la vigencia, utilidad e importancia, de la base de datos geográfica y alfanumérica componente el Sistema de Información Geográfica generado en el presente trabajo, mediante la actualización continua de sus datos.
- Sería altamente recomendable desarrollar una versión autoejecutable programada en un software libre. La intención de lo anterior es propiciar que el sistema opere sin necesidad de contar con el “software” del ArcGIS en el que fue elaborado dicho sistema.

Bibliografía

- Alfaro, Eloy. (1931). Historia del Ferrocarril del Sur. Quito: Nariz del Diablo, pp. 96
- Cadena, L., Manosalvas, J. y Robalino, M. (2002). Inventario de la Línea Férrea Tramo Norte "Quito-San Lorenzo". Tesis de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ingeniería Civil, Quito, Ecuador, pp. 246.
- Crespo, Roberto.(1933). Historia del Ferrocarril del Sur, (pp. 273). Quito, Ecuador: Imprenta Nacional.
- Gutiérrez, J. y Gould, M. (1994). SIG: Sistemas de información geográfica. (Ed.), Síntesis, pp. 65- 80. Madrid, España.
- De Vacas, F., Villacis, D., López, D. y Ulloa, O., (2001). Inventario de la Vía Férrea "Duran-Quito". Tesis de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ingeniería Civil, Quito, Ecuador, pp. 165.
- Erazo, Orlando. (2009). Diseño e implementación de mapa interactivo utilizando Web Mapping y base de datos espacial: ciudad de Quevedo. Tesis de Maestría en SIG, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/984>. "Recuperado 16, noviembre 2014".
- Leija, Paulina. (2010). Sistema de Información Geográfica para la ayuda de toma de decisiones en política sociales. Tesis de Maestra en Ciencias de Computación, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Computación. México D.F. <http://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2010/tesisPaulinaLeija.pdf>. "Recuperado 12, abril 2014".
- Ojeda, Carlos. (2013). Metodología para la implementación de un SIG de bicitaxis en Bogotá. Tesis de Maestría en SIG, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1629/1/106525>. "Recuperado 27, diciembre 2014".
- Carrera, Jorge. (2012). Incidencia de la rehabilitación del Ferrocarril del Ecuador en el desarrollo local de las comunidades atravesadas por la vía férrea. Tesis de Maestría en desarrollo local con mención en formulación y evaluación de proyectos de desarrollo endógeno, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4890/1/UPS-QT03456>. "Recuperado 18, abril 2014"

Calderón, Esteban. (2010). Implementación de un sistema de información geográfica como soporte para la Toma de decisiones de planificación turística en las provincias de Azuay y Cañar. Tesis de Maestría en SIG, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/605/1/99381>. “Recuperado 26, marzo 2014”

Confederación de empresarios de Andalucía. (2010). Sistemas de Información Geográfica, tipos y aplicaciones empresariales. <http://sig.cea.es/SIG>. “Recuperado 26, marzo 2014”

Instituto Geográfico Militar. (2001). Cartografía Base en formato SHP a Escala 1:50.000. <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/cartografia-libre>. “Recuperado 16, febrero 2014”

Documentos públicos

Ecuador. Empresa de Ferrocarriles Ecuatorianos. (2009). El Ferrocarril Ecuatoriano Patrimonio de su Pueblo, pp. 163.

Ecuador. Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública. (2012) Las Rutas del Ferrocarril. Guardavía, (5): 9 -11

Ecuador. Ferrocarriles del Ecuador, Holística Consultores. (2010). Plan Maestro del Ferrocarril Turístico Patrimonial del Ecuador, pp. 20.

Ecuador. Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública - Hidroplan Cía. Ltda. Ingenieros Consultores. (2009). Rehabilitación línea Férrea Duran – Quito.

Ecuador. República del Ecuador Empresa Nacional de Ferrocarriles del Ecuador ENFE. (1993). Asistencia Técnica para la rehabilitación de los ferrocarriles Ecuatorianos. Tomo único, pp. 68.

Ecuador. Portales del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC); <http://www.inec.gov.ec>

Ecuador. Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública, (2010). Plan Maestro del Ferrocarril Turístico Patrimonial del Ecuador.

Anexos

Anexo 1. Tendido Ferroviario



Anexo 2. Diseño Lógico y Físico de SIG para Ferrocarriles del Ecuador

