

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y uso de Modelos de Elevación Digital del Terreno para la Estimación de las Características Fisiográficas de una Cuenca hidrográfica.  
Caso de estudio: Cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica**

**Erlyn Priscilla Durán Torres**

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

**Quito**

**Febrero de 2011**

## **HOJA DE APROBACION DE TESIS**

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por la fortaleza, sabiduría, que me da para resistir, esperar, trabajar, decidir y así poder llevar a cabo una más de mis metas.

A mi hija Adriana, que ha sido la personita que me ha impulsado e inspirado a seguir adelante, aún en mis más débiles momentos y sin tener que dar un paso atrás, aunque haya sido la más sacrificada en este largo camino.

A mis padres, por su sus sabios consejos que me han dado el apoyo espiritual y moral para con ello lograr desarrollarme y crecer.

“Educar la inteligencia es ampliar el horizonte de sus deseos y de sus necesidades...”

J.R. Lowell

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a los funcionarios del Área de Hidrología por la confianza depositada en la elaboración y presentación de esta tesis. A todos los personeros de la UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO les extiendo un agradecimiento especial por la oportuna y valiosa colaboración en este proceso académico y la asistencia en la elaboración de la misma.

## **RESUMEN**

La presente tesis muestra la importancia del desarrollo de una aplicación SIG, como herramienta que permite la creación de bases de datos espaciales y no espaciales que permiten realizar el despliegue de los mapas y datos más considerados en la obtención de la estimación de las características fisiográficas de una cuenca hidrográfica del Río Sarapiquí, con ayuda de modelos de elevación del terreno, para la planificación, planeamiento y funcionamiento de los proyectos hidroeléctricos del Instituto Costarricense de Electricidad.

Con esta propuesta se cubre una importante área donde se dispondrá de una base de datos con información almacenada la cual satisface las necesidades actuales de los usuarios tales como: agilizar, manipular, analizar y organizar la información que ayudará a realizar los diferentes cálculos y consultas de los principales parámetros de las características fisiográficas de una cuenca.

Este tipo de estudios se consideran necesarios ya que proveen de rapidez y accesibilidad, para que se realicen los estudios pertinentes a nivel de información espacial y no espacial, que llevan a optimizar la toma de decisiones con una menor propensión a errores.

Es por lo anterior, que la implementación de un Sistema de Información Geográfica constituye una alternativa de valor que define la obtención de mayores beneficios a los diferentes usuarios.

## **ABSTRACT**

This thesis demonstrates the importance of developing a GIS application as a tool that allows database creation spatial and non spatial allow the deployment of maps and data considered in obtaining the estimate of the physiographic features a Sarapiquí River Basin, using terrain elevation models for planning, planning and operation of hydroelectric projects of the Instituto Costarricense de Electricidad.

This proposal covers an important area where there will be a database of stored information which meets the current needs of users such as: speed, handling, analyzing and organizing information that will help make the various calculations and queries the main parameters of the physiographic characteristics of a watershed.

Such studies are considered necessary as they provide the speed and accessibility so that appropriate studies are carried out at the level of spatial and non spatial information, leading to optimize decision-making with a lower propensity to errors.

For the above, that the implementation of a Geographic Information System is an alternative value defined by obtaining greater benefits to different users.

## TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
HOJA DE APROBACION DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
LISTA DE TABLAS.....	xiv
REGLAS Y CONVENCIONES PARA EL USO DE LA TESIS .....	xv
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Tema .....	17
1.2. Delimitación del problema .....	17
1.2.1. Problema.....	17
1.2.2. Subproblemas .....	18
1.3. Objetivos.....	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos .....	20
1.4. Justificación .....	21
1.5. Alcances .....	22
1.6. Limitaciones.....	24
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	26

2.1.	Marco referencial.....	27
2.1.1.	Inicios del Instituto Costarricense de Electricidad.....	27
2.1.1.2.	Misión del Instituto Costarricense de Electricidad.....	29
2.1.1.3.	Visión del Instituto Costarricense de Electricidad.....	30
2.1.2.	Visión del Sector Electricidad.....	30
2.1.3.	Centro de Servicios de Estudios Básicos.....	31
2.1.4.	Hidrometeorológico y Laboratorio Químico.....	31
2.1.5.	Área de Hidrología.....	31
2.1.5.1.	Objetivo general.....	32
2.1.5.1.1.	Objetivos específicos.....	32
2.2.	Marco conceptual.....	33
2.2.1.	Cuencas hidrográficas.....	34
2.2.2.	Utilización de las cuencas hidrográficas en Costa Rica.....	35
2.2.3.	Plantas hidroeléctricas.....	35
2.2.4.	Generalidades de la cuenca del Río Sarapiquí.....	35
2.2.4.1.	Localización cuenca hidrográfica del Río Sarapiquí.....	36
2.2.4.2.	Red hidrográfica del Río Sarapiquí.....	37
2.2.5.	Fisiografía.....	37
2.2.5.1.	Características fisiográficas.....	38
2.2.6.	Condiciones bio-climáticas.....	39
2.2.6.1.	Climatología.....	39
2.2.6.2.	Clasificación climática.....	39
2.2.6.3.	Información disponible de estaciones meteorológicas e hidrológicas.....	40
2.2.6.4.	Distribución espacial de la precipitación.....	41
2.2.7.	Que es un Modelo Digital del Terreno.....	41



2.2.7.1.	Modelos de datos para Modelo Digital del Terreno .....	43
2.2.7.2.	Red de Triángulos Irregulares .....	44
2.2.8.	Creación de un Modelo Digital del Terreno.....	45
2.2.9.	Uso actual de la tierra .....	45
2.3.	Desarrollo de los sistemas de información .....	46
2.3.1.	Sistemas de Información Geográfica (SIG) .....	46
	¿Qué es un SIG? .....	46
2.3.2.	Estructuras de datos espaciales.....	52
2.4.	Ciclos de vida de un sistema información.....	54
2.4.1.	Estudio preliminar o de prefactibilidad .....	54
2.4.2.	Documentación del sistema existente y definición de requerimientos .....	54
2.4.3.	Desarrollo del sistema prototipo .....	55
2.4.4.	Diseño del sistema.....	55
2.4.5.	Programación y desarrollo de procedimientos .....	56
2.4.6.	Prueba de los sistemas (implementación) .....	56
2.4.7.	Puesta en marcha.....	56
2.4.8.	Mantenimiento y modificación .....	57
2.5.	Definición de variables.....	57
2.5.1.	Análisis preliminar .....	57
2.5.2.	Requerimientos.....	57
2.5.3.	Base de datos.....	58
2.5.4.	Modelos de datos .....	58
2.5.5.	Hardware.....	60
2.5.6.	Software .....	60
2.5.6.1.	Lenguajes de programación .....	60

2.5.7.	Costo Beneficio.....	61
2.5.8.	Impacto organizacional .....	62
2.5.9.	Entradas .....	62
2.5.10.	Procesos .....	63
2.5.11.	Salidas.....	63
2.5.12.	Diagrama de flujo.....	64
2.5.13.	Prototipo .....	64
2.5.14.	Manual de Usuario.....	64
2.5.15.	Capacitación.....	65
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....		66
3.1.	Tipo de investigación.....	67
3.2.	Sujetos y fuentes de información.....	69
3.2.1.	Sujetos .....	69
3.2.2.	Fuentes primarias de la información .....	69
3.3.	Instrumentos utilizados .....	69
3.4.	Entrevistas.....	70
3.4.1.	Cuestionarios .....	70
3.4.2.	La observación.....	70
3.5.	Definición de variables.....	71
CAPÍTULO IV ANALISIS DE RESULTADOS.....		74
4.1.	Análisis de Sistema .....	75
4.2.	Determinación de requerimientos del usuario .....	75
4.2.1.	Entrevista 1 dirigida al Jefe del Área de Hidrología .....	75
4.2.2.	Entrevista 2 dirigida a los especialistas en estudios hidrológicos .....	76
4.2.3.	Entrevista 3 dirigida a la Jefatura de Tecnologías de información .....	78

4.3.	Estructura de Base de datos .....	80
4.3.1.	Estratos de información espacial .....	80
4.3.2.	Metodología de entrada de datos .....	81
4.4.	Hardware y software.....	83
4.4.1.	Requerimientos de "Software" y "Hardware" .....	83
4.4.2.	Hardware .....	86
4.4.3.	Relación costo-beneficio.....	87
4.4.4.	Implicaciones administrativas .....	88
4.4.5.	Entradas salidas procesos.....	89
4.4.6.	Diagrama de flujo modelo conceptual .....	90
4.4.7.	Programación .....	92
4.4.7.1.	Creación de un prototipo .....	92
4.4.8.	Manual del usuario .....	92
4.4.9.	Capacitación.....	92
CAPÍTULO V DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....		94
5.1.	Desarrollo de la aplicación.....	95
5.5.1.	Componentes del SIG.....	95
5.5.2.	Análisis de antecedentes .....	95
5.5.2.1.	Procedimiento.....	95
5.5.2.2.	Estructura organizativa y de gestión del proyecto .....	97
5.5.3.	Captura de datos en formato digital .....	98
5.5.4.	Cálculo de los parámetros físicos de las características fisiográficas de la cuenca hasta el sitio de toma .....	101
5.5.5.	Creación del Modelo Digital del Terreno (TIN).....	105
5.5.6.	Desarrollo del Visualizador de Mapas en Visual Basic y MapObjects .....	125

5.5.7. Resultados experimentados.....	127
5.5.8. Concordancia entre resultados y objetivos .....	127
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	130
CAPÍTULO VII BIBLIOGRAFIA .....	145
ANEXOS .....	148
ANEXO 1 ENTREVISTAS Y CUESTIONARIOS.....	149
ANEXO 2 MANUAL DE USUARIO.....	159
ANEXO 3 CODIGO FUENTE DE VISUALIZADOR DE MAPAS Y CALCULO DE FORMULAS .....	187

## LISTA DE FIGURAS

Número de figura	Descripción	Página
Figura 1	Organigrama Centro Servicios de Estudios Básicos de Ingeniería...	30
Figura 2	Cuenca Hidrográfica Río Sarapiquí .....	36
Figura 3	Localización Cuenca del Río Sarapiquí.....	36
Figura 4	Red Hidrográfica Cuenca Río Sarapiquí .....	37
Figura 5	Isoyetas medias anuales en la cuenca del Río Sarapiquí, 1970-1989	41
Figura 6	Modelo digital del terreno .....	43
Figura 7	Modelo raster y modelo vector .....	44
Figura 8	SIG como puente de información.....	49
Figura 9	Esquema de componentes de un SIG.....	50
Figura 10	Relación entre base de datos espacial y no espacial.....	51
Figura 11	Representación vectorial y raster.....	53
Figura 12	Flujo de trabajo para el proceso de estudios hidrológicos.....	77
Figura 13	Datos espaciales geográficos .....	81
Figura 14	Requerimientos de interface .....	90
Figura 15	Diagrama de contexto de la aplicación.....	91
Figura 16	Diagrama de flujo .....	95
Figura 17	Estructura del SIG estimación de las características fisiográficas .....	97
Figura 18	Límite de la cuenca digitalizada .....	98
Figura 19	Curvas de nivel hojas cartográficas Poás y Barba .....	99
Figura 20	Ríos de la cuenca del Sarapiquí.....	100
Figura 21	Gráfico de los valores de la curva Hipsométrica .....	112
Figura 22	Perfil Longitudinal del Río Sarapiquí .....	121

## LISTA DE TABLAS

<b>Número de tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
Tabla 1	Características fisiográficas para estudio hidrológico de una cuenca..	38
Tabla 2	Estaciones meteorológicas en la cuenca No.12 Río Sarapiquí .....	40
Tabla 3	Estaciones hidrológicas en la cuenca No.12 Río Sarapiquí .....	40
Tabla 4	Áreas de drenaje y perímetros hasta el sitio de toma.....	102
Tabla 5	Valores de la curva hipsométrica de la cuenca .....	112
Tabla 6	Densidad de drenaje .....	119
Tabla 7	Densidad de los cauces .....	122
Tabla 8	Densidad de drenaje .....	123
Tabla 9	Detalle de archivos geográficos espaciales.....	126

## **REGLAS Y CONVENCIONES PARA EL USO DE LA TESIS**

Para un mayor orden la presente tesis incluye cuatro anexos, de la siguiente forma:

### **Anexo 1 Entrevistas y cuestionarios**

Incluye el diseño de las entrevistas y cuestionario que se utilizaron como instrumentos de recolección de información.

### **Anexo 2 Manual de usuario**

El manual de usuario es diseñado para capacitación de los mismos, contiene los pasos a seguir para la instalación de la aplicación e igual una ayuda rápida y amigable del uso de la aplicación.

### **Anexo 3 Código fuente de visualizador de mapas y calculo de formulas**

El código fuente desarrollado en Visual Basic y los mapas de la cuenca del Río Saripiquí, se adjuntan en el CD-ROM de esta tesis, cuyas instrucciones están incluidas en el manual de usuario.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**



## **1.1. Tema**

“Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y uso de Modelos de Elevación Digital del Terreno para la Estimación de las Características Fisiográficas de una Cuenca hidrográfica. Caso de estudio: Cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica”

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1. Problema**

¿Qué etapas deben realizarse para desarrollar, diseñar, e implementar una aplicación de un sistema de información geográfica automatizado que permita satisfacer las necesidades de información que se originan en el Centro de Estudios Básicos de Ingeniería, del Instituto Costarricense de Electricidad, específicamente en el Área de Hidrología, se experimenta actualmente la necesidad de implementar aplicaciones de sistemas de información geográficas para llevar a cabo, los diferentes estudios hidrológicos correspondiente a la estimación de las características fisiográficas de una cuenca, para la planificación, planeamiento y funcionamiento de los proyectos hidroeléctricos de la institución, a la vez, la realización de pronósticos hidrológicos para evaluar los recursos hídricos y para la prevención de crecientes durante etapas de construcción.

La implementación de una aplicación SIG es la solución para manipular fácilmente la información espacial ya que actualmente casi la totalidad de los parámetros físicos son obtenidos tradicionalmente a través de cálculos manuales. Además, es la solución para acceso fácilmente la información, editar, analizar y modelar datos; el compartir una base de datos espacial y o espacial por las diferentes dependencias en la misma organización; y la habilidad para producir mapas de alta calidad y reportes facilitados en pro de la toma de decisiones.

### **1.2.2. Subproblemas**

¿Cuáles son los aspectos que se deben considerar para realizar la evaluación del sistema?

¿Cuáles son los requerimientos o necesidades que justifican el desarrollo del sistema?

¿Qué consideraciones deben tomarse en cuenta para definir la base de datos y sus relaciones?

¿Cuáles son los requerimientos de "hardware" y "software" necesarios para el diseño, desarrollo e implantación del nuevo sistema?

¿Qué aspectos deben considerarse para precisar el costo beneficio para el diseño, desarrollo e implantación del sistema propuesto?

¿Qué implicaciones administrativas va a generar el nuevo sistema?

¿Qué técnicas se emplearán para definir las entradas, procesos y salidas, que permitan la conceptualización y evaluación de resultados?

¿Cuál es el modelo óptimo del sistema propuesto?

¿Se requiere de un manual de procedimientos que ayude al usuario en el uso del nuevo sistema?

¿Qué actividades se deben realizar para ayudar al usuario en el manejo óptimo del nuevo sistema?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar e implementar una aplicación de sistema de información geográfica para la obtención y estimación de las características fisiográficas de una cuenca, utilizando modelos de elevación del terreno, en la cuenca del Río Sarapiquí en Costa Rica, donde se realiza el estudio para la construcción de una planta hidroeléctrica por el Instituto Costarricense de Electricidad. Además, crear una base de datos geográfica-espacial y no espacial que permita realizar el despliegue de mapas para el análisis en forma ágil e integrada, de los datos más considerados de las características fisiográficas de la cuenca.

### 1.3.2. Objetivos específicos

1. Realizar el estudio preliminar del sistema de información actual, para determinar las razones que justifican el desarrollo de la nueva aplicación.
2. Realizar el estudio de necesidades que permita identificar los requerimientos del nuevo sistema.
3. Determinar la arquitectura óptima para la Base de Datos y sus relaciones.
4. Identificar los requerimientos de "hardware" y "software" necesarios para la implementación de la nueva aplicación.
5. Precisar el costo beneficio para la implementación de la aplicación propuesta.
6. Identificar las implicaciones administrativas que va a generar la nueva aplicación.
7. Determinar las entradas, procesos y salidas del sistema propuesto, utilizando las técnicas apropiadas, que permitan la conceptualización y evaluación de resultados.
8. Desarrollar un prototipo con la finalidad de obtener el modelo óptimo del sistema propuesto.
9. Elaborar un manual de usuario que especifique los procedimientos para el uso del nuevo sistema.
10. Definir la capacitación al usuario, para que le permita el manejo óptimo del nuevo sistema.

## **1.4. Justificación**

En el ICE, desde hace varios años, existe una tendencia a introducir la tecnología de Sistemas de Información Geográfica al quehacer de la Institución.

Esto con el propósito de utilizarla como una herramienta para el análisis de la información geográfica, el diseño de proyectos, para la planificación de las redes eléctricas y de telecomunicaciones.

Implementar un Sistema de Información Geográfica es una inquietud del Departamento de Hidrología desde hace algún tiempo, pues ésta es una tecnología que permite realizar más ágilmente el análisis de la información geográfica.

Contar con este sistema permitirá tener una mejor visión sobre lo que está sucediendo en determinada cuenca o subcuenca, pues se podrá trabajar con toda la información que se dispone al mismo tiempo.

Además, es una herramienta que permite realizar los estudios más rápidos y más fácilmente pues el computador ofrece funciones como entrada, manipulación y despliegue de datos espaciales que si se realizan manualmente consumen mucho tiempo y trabajo.

## **1.5. Alcances**

La planificación y manejo de los recursos hídricos se ha ido convirtiendo con el tiempo en un proceso complejo desde el punto de vista de manejo de información. Sea que las decisiones se hagan sobre nuevas plantas hidroeléctricas, vías de comunicación, productividad agrícola, o diversos aspectos, existe siempre la necesidad de recursos exhaustivos basados en información detallada. Esta información debe ser más que una simple colección de datos, y su análisis debe dar respuesta problemas existentes.

En cualquier tarea de planificación, por lo general, recopilar todos los datos necesarios requiere ensamblar los datos para convertirlos en información, por tanto si se piensa en un análisis espacio - temporal, se requiere de técnicas de modelado, que conllevan cálculos largos y complejos, que por falta de tiempo limitan el análisis se ve restringido y las repeticiones del estudio o su corrección se hacen casi imposibles.

Al considerar todas las variables que influyen en una decisión por medio de un sistema de análisis basado en un sistema de información específico, múltiples factores y combinaciones de ellos pueden ser investigados simultáneamente, de tal manera que se escoja de ellos la más acertada, minimizando costos y errores, y maximizando la solución. Toda decisión envuelve una elección entre alternativas. Por lo tanto se puede decir que el SIG es un instrumento para escoger entre alternativas.

En este sentido, se obtiene en un SIG un instrumento que permite:

- Ayudar en la toma de decisiones con respecto a la planificación hidroeléctrica del territorio regional/nacional.
- Generar un modelo base de Sistema de Información Geográfica para el desarrollo de un Sistema de Información Nacional acoplado a Subsistemas Regionales.
- Proporcionar un instrumento que permita procesar la mayor cantidad de información con la menor inversión de tiempo y costo.
- Contribuir a las estructuras metodológicas y técnicas mediante la implementación de una investigación dirigida hacia nuevas áreas con fines de desarrollar un sistema informativo que sirva de norma para otros sistemas por implementarse en países en vías de desarrollo; y
- Contribuir a las ciencias de planificación, con un instrumento de alto poder analítico. Que sirva para fortalecer el cuerpo teórico - metodológico y permita afianzar las técnicas modernas de investigación y desarrollo.

## 1.6. Limitaciones

Para el desarrollo de esta investigación es importante tomar en cuenta algunas limitaciones que se mencionan a continuación:

- El ámbito del análisis solo cubrirá los requerimientos de los procesos pertenecientes al Área de Hidrología, del Instituto Costarricense de Electricidad.
- Para recolectar información se depende del tiempo que dispongan las personas a entrevistar.
- Se depende del personal del Área de Hidrología para solucionar problemas o aclarar dudas con respecto a los procesos manuales.
- La cartografía local tiene cierto grado de desactualización, lo que provoca complejidad a en el quehacer de los procesos manuales ejecutados actualmente.
- No se cuenta con el recurso de “hardware” deseable para trabajar con los SIG, para que se posea el rendimiento y aprovechamiento en tiempos de respuesta que se puede obtener de los SIG.



- Igualmente, el diseño o arquitectura de la aplicación propuesta debe acatar las especificaciones y patrones institucionales, para garantizar la integración de esta solución con la plataforma tecnológica institucional, lo que puede limitar el uso de tecnologías más recientes y de menos costo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

## **2.1. Marco referencial**

En este apartado se indican aspectos generales sobre el marco de referencia del proyecto, tal como la reseña histórica, la misión y visión de la Institución. Además se definen algunos conceptos que serán los facilitadores para el mejor desarrollo y entendimiento del presente estudio. La información de este apartado fue tomada desde el sitio intranet de Institución, a saber, <http://intranet.ice> el cual es de libre acceso para los empleados de la institución.

### **2.1.1. Inicios del Instituto Costarricense de Electricidad**

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado por el Decreto - Ley No.449 del 8 de abril de 1949, con el objetivo inicial de suplir la demanda y desarrollo eléctrico del país como lo establece dicho decreto emitido por la junta fundadora de la segunda república:

Artículo 1o. Créase el Instituto Costarricense de Electricidad, en adelante llamado el Instituto, al cual se encomienda el desarrollo racional de las fuentes productoras de energía física que la Nación posee, en especial los recursos hidráulicos.

Su creación fue el resultado de una larga lucha de varias generaciones de costarricenses que procuraron solucionar, definitivamente, los problemas de la escasez de energía eléctrica presentada en los años 40 y en apego de la

soberanía nacional, en el campo de la explotación de los recursos hidroeléctricos del país. Posteriormente, en 1963 se le confirió al ICE un nuevo objetivo: el establecimiento, mejoramiento, extensión y operación de los servicios de comunicaciones telefónicas, radiotelegráficas y radiotelefónicas en el territorio nacional. Tres años más tarde, instaló las primeras centrales telefónicas automáticas y, a partir de entonces, las telecomunicaciones iniciaron su desarrollo.

Con el devenir del tiempo, ha evolucionado como un grupo de empresas estatales, integrado por el ICE (Sectores Electricidad y Telecomunicaciones) y sus empresas: Radiográfica Costarricense S.A. (RACSA) y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. (CNFL), las cuales han trazado su trayectoria, mediante diversos proyectos de modernización desarrollados en las últimas décadas.

En relación a la función de satisfacer la demanda de energía se encomendaron las siguientes funciones:

- Solucionar el problema de la escasez de energía eléctrica del país, mediante la construcción y puesta en servicio de más plantas de energía hidroeléctrica, con sus correspondientes redes de distribución.
- Promover el desarrollo del país mediante el uso de la energía eléctrica como fuente de fuerza motriz.

- Procurar la utilización racional de los recursos naturales y terminar con la explotación destructiva e indiscriminada de estos.
- Conservar y defender los recursos hidráulicos del país, mediante la protección de las cuencas, fuentes, cauces de los ríos y corrientes de agua.
- Hacer de sus procedimientos técnicos, administrativos y financieros modelos de eficiencia capaces de garantizar el buen funcionamiento del Instituto y que sirvan de norma a otras actividades costarricenses.

En momentos en que se habla de apertura en mercados donde el ICE tiene presencia la institución ha redoblado esfuerzos orientados a la satisfacción del cliente, introduciendo tecnologías de punta para servirles, muestra de ello es la cobertura eléctrica que se brinda al 96.8% del territorio nacional y el promedio de 24.37 teléfonos convencionales por cada 100 habitantes con una cobertura telefónica del 94% de la población, siendo una de las mayores en América Latina y contando a su vez con uno de los precios más bajos por éste servicio.

#### **2.1.1.2. Misión del Instituto Costarricense de Electricidad**

"Servir a los mercados de la industria eléctrica y de las telecomunicaciones e información, con niveles de competitividad internacional, a través de un enfoque de multiservicios y aplicaciones, para satisfacer las crecientes y variadas necesidades de los clientes, manteniendo una posición de liderazgo en los

nuevos segmentos de estas industrias y segmentos asociados, de acuerdo con el marco jurídico vigente”.

### 2.1.1.3. Visión del Instituto Costarricense de Electricidad

"Satisfacer las necesidades y expectativas evolutivas de los clientes y la sociedad costarricense, mediante el suministro oportuno de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones e información de calidad, a precios y tarifas competitivos, con la tecnología adecuada y el mejor recurso humano."

### 2.1.2. Visión del Sector Electricidad

"Mejorar la calidad de vida y el desarrollo económico y social, a través de un servicio de electricidad que supera las expectativas de bienestar, comodidad y progreso de todos los costarricenses.

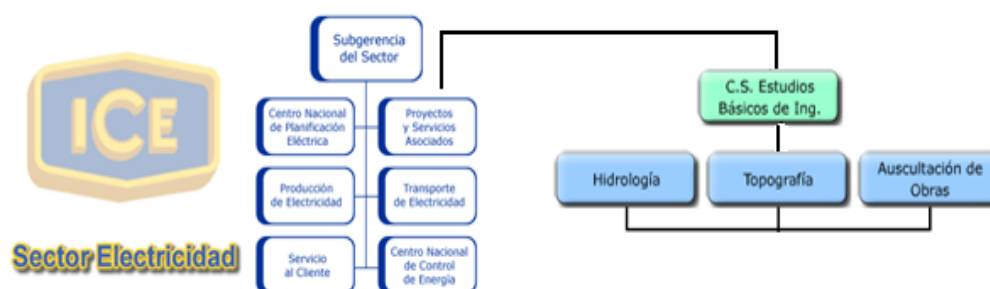


Figura 1 Organigrama Centro Servicios de Estudios Básicos de Ingeniería  
Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad, 2004

### **2.1.3. Centro de Servicios de Estudios Básicos**

Se crea como Unidad de la Sección de Estudios Básicos en el año 1953. En 1966 se conforma como Sección de la Oficina de Estudios Básicos. Con la creación del Departamento de Estudios Básicos en 1978 se conforma como Oficina de Hidrología con la sección de Laboratorio Químico y en el año 1991 se consolida como Departamento de Hidrología conformado por tres oficinas: Redes Hidrometeorológicas, Procesamiento y Análisis.

### **2.1.4. Hidrometeorológico y Laboratorio Químico**

En 1998 con la creación de la UEN Proyectos y Servicios Asociados del Sector Electricidad de la cual forma parte el Centro de Servicio Estudios Básicos de Ingeniería, se conforma como una de las Áreas Técnicas o Subprocesos que lo integran. Sus oficinas se encuentran ubicadas en el segundo piso del Edificio del Bloque A, Sabana Norte.

### **2.1.5. Área de Hidrología**

El Área de Hidrología diseña, construye, opera y mantiene la red hidrometeorológica institucional que proporciona información básica de niveles de río, caudales, sedimento, calidad físico químico del agua, precipitación y otros parámetros meteorológicos necesarios para los estudios hidrológicos y climatológicos de los proyectos hidroeléctricos en las etapas de reconocimiento, prefactibilidad y factibilidad. Además realiza pronósticos hidrológicos para evaluar

la disponibilidad de recurso hídrico y opera redes telemétricas (tiempo real) en los proyectos en construcción y centros de generación, con el fin de optimizar la operación de éstos. Recolección y análisis físico-químico de muestras de agua y sedimentos.

### **2.1.5.1. Objetivo general**

Desarrollar las actividades del proceso hidrológico y comercializar sus productos con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes permitiendo la evaluación de la cantidad y calidad del agua disponible como un requisito para el desarrollo y administración del recurso hídrico

#### **2.1.5.1.1. Objetivos específicos**

- Diseñar, instalar y operar la red de estaciones hidrometeorológicas.
- Procesar la información proveniente de la red de estaciones hidrometeorológicas.
- Elaborar estudios hidrometeorológicos par las diferentes etapas de los proyectos y otras aplicaciones
- Realizar pronósticos hidrológicos que permitan evaluar la disponibilidad del recurso hídrico.
- Diseñar y operar sistemas de prevención hidrológica que permitan optimizar la operación de obras hidráulicas y proteger poblaciones obras y bienes.



- Recolectar y analizar muestras de agua y sedimentos.
- Mantener, administrar y ampliar el banco de datos hidrológicos y meteorológicos.
- Comercializar los servicios y productos del Área.
- Coordinar y participar en actividades hidrológicas con organismos internacionales.
- Brindar servicios de Laboratorio Químico, para proyectos de generación en estudio, construcción y plantas en operación, además se suministran servicios a otros clientes internos y externos.

Proporcionar servicios o productos en el Área de Hidrología para satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos, desarrollando y garantizando la calidad de estos en armonía con el medio ambiente y el desarrollo integral del recurso humano.

## **2.2. Marco conceptual**

El ámbito técnico en el que se desenvuelve este trabajo requiere la definición de conceptos importantes dentro de los cuales se enmarca el mismo, por lo que este apartado contendrá un acercamiento a las definiciones referentes a las distintas ramas de la computación que están inmersas en el proyecto presentado.

### **2.2.1. Cuencas hidrográficas**

En términos generales, las cuencas hidrográficas son regiones geográficas caracterizadas por su situación topográfica, donde sus aguas convergen en un punto común, generalmente que puede ser un río, lago o mar.

Una cuenca está bordeada por macizos montañosos, cuyas crestas o líneas continuas y máximas alturas constituyen los límites de la cuenca. Cada cuenca posee características propias de acuerdo con su ubicación, vegetación, los ríos y caudales y al uso que se les dé. Dentro de las cuencas existen las llamadas subcuencas, que son más pequeñas que las cuencas. Están compuestas por los elementos siguientes:

- La vegetación o flora.
- El agua en sus diferentes estados.
- Los estratos geológicos.
- La fauna.
- Los ríos.
- Los suelos y sus características de relieve. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, s.f.).

### **2.2.2. Utilización de las cuencas hidrográficas en Costa Rica**

Debido a la creciente demanda energética en los últimos años, el Instituto Costarricense de Electricidad ha realizado una búsqueda de nuevos sitios apropiados para la instalación de plantas hidroeléctricas.

### **2.2.3. Plantas hidroeléctricas**

Una planta hidroeléctrica aprovecha la energía hidráulica para producir energía eléctrica. Para obtener la energía eléctrica se necesita de otra forma de energía para transformarla. La energía potencial se obtiene por medio de un embalse, por la acción de la gravedad el agua adquiere energía cinética.

A la energía desarrollada por el agua al caer se le llama energía hidráulica. Por su velocidad y masa el agua empuja las turbinas, el cual forma energía hidráulica en energía mecánica. Los generadores producen energía eléctrica, que pasa a las subestaciones que se encargan de elevar el voltaje de manera que lleguen a su destino con la debida calidad. (Instituto Costarricense de Electricidad, s.f., p.1)

### **2.2.4. Generalidades de la cuenca del Río Sarapiquí**

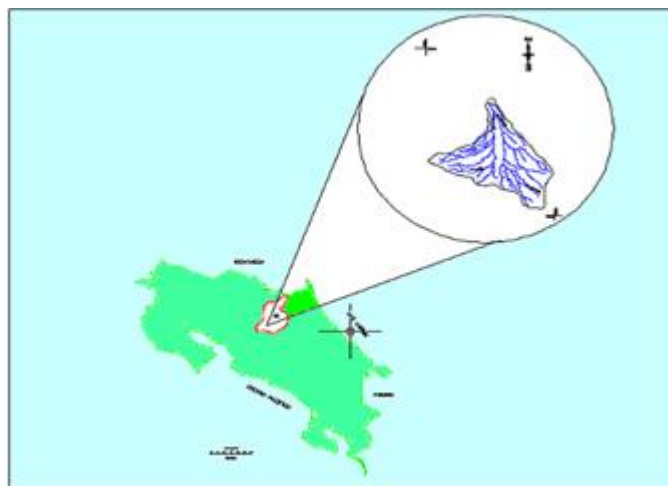
En el presente proyecto analizaremos las características fisiográficas del relieve de la cuenca hidrográfica que se consideran en los estudios hidrológicos.



**Figura 2 Cuenca Hidrográfica Río Sarapiquí**  
Fuente: Elaboración propia

#### **2.2.4.1. Localización cuenca hidrográfica del Río Sarapiquí**

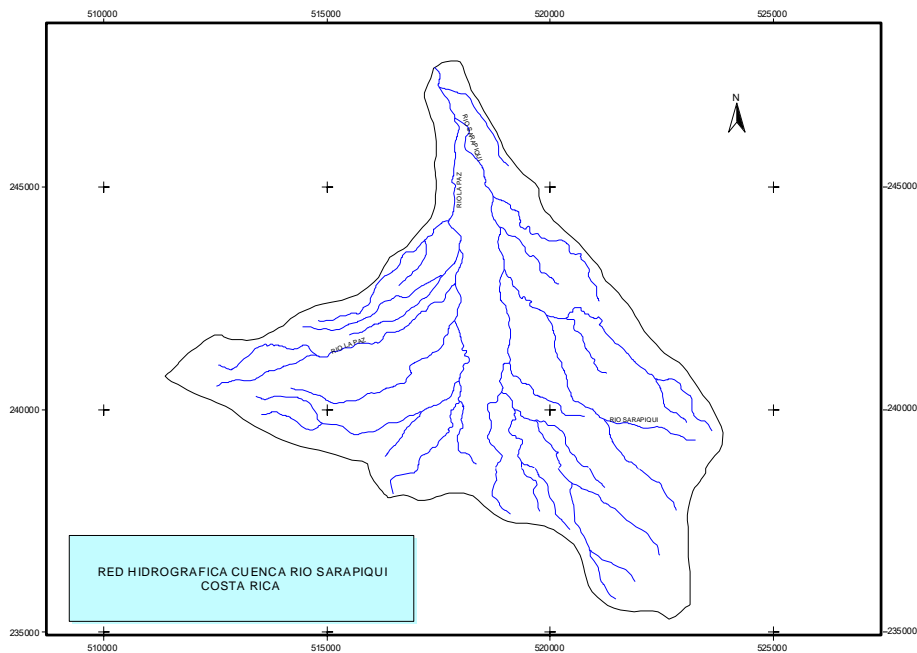
La cuenca del Río Sarapiquí se encuentra ubicada en la subvertiente Norte del país. Dicha cuenca está comprendida entre las coordenadas  $10^{\circ} 07'$  y  $10^{\circ} 15'$  de latitud norte y entre los  $84^{\circ} 06'$  y  $84^{\circ} 14'$  de longitud oeste.



**Figura 3 Localización Cuenca del Río Sarapiquí**  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.4.2. Red hidrográfica del Río Sarapiquí

La red hidrográfica del principal del Río Sarapiquí hasta el sitio de toma está compuesta por los ríos La Paz, San Rafael, Santo Domingo, La Paz Grande, La Paz Pequeña y Quebrada Pulga.



**Figura 4 Red Hidrográfica Cuenca Río Sarapiquí**  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.5. Fisiografía

La fisiografía de la cuenca está caracterizada por aspectos tales como pendiente, elevación, orientación de la cuenca, relieve forma y geometría del cauce. Cada una de dichas características puede delimitarse o cuantificarse a través de varios parámetros y expresiones.

### 2.2.5.1. Características fisiográficas

Las corrientes fluviales ocupan una superficie llamada cuenca hidrográfica, y en su ámbito se encuentra la red hidrográfica, es decir, el río principal, afluentes y subafluentes. El análisis de las corrientes fluviales se realizan normalmente desde un aspecto descriptivo y otro físico; el descriptivo recoge el lugar de nacimiento, las poblaciones o puntos significativos por donde discurre, el lugar donde desemboca y los afluentes que tiene. Por su parte, la parte física se encarga de estudiar el caudal, sus variaciones, características fisiográficas del cauce, tipo de erosión en el que interviene, y el régimen fluvial o posibilidades de aprovechamiento hidráulico. Las características fisiográficas que se consideran en investigaciones hidrológicas son las que tienen que ver con la cuenca, la red de ríos y el cauce o río principal. (Díaz Delgado, Mamado Khalidou, Iturbe Antonio, Esteller Vicente, Reyna Francisco, 1999, pp. 124-134).

<b>CUENCA</b>	<b>DRENAJE</b>	<b>RIO PRINCIPAL</b>
<b>Superficie</b>		
<b>Perímetro</b>	<b>Orden de corrientes</b>	<b>Pendiente</b>
<b>Forma</b>	<b>Densidad de drenaje</b>	<b>Longitud</b>
<b>Coeficiente de compacidad</b>	<b>Densidad hidrográfica</b>	<b>Coeficiente de sinuosidad</b>
<b>Relación de circularidad</b>		
<b>Relación elongación</b>		
<b>Curva hipsométrica y elevación media</b>	<b>Relación de bifurcación</b>	<b>Perfil longitudinal</b>
<b>Rectángulo Equivalente</b>		
<b>Pendiente</b>		
<b>Orientación</b>		

Tabla 1 Características fisiográficas para estudio hidrológico de una cuenca

Fuente: Díaz Delgado, Mamado Khalidou, Iturbe An, Esteller Vicente, Reyna Francisco, 1999

## **2.2.6. Condiciones bio-climáticas**

### **2.2.6.1. Climatología**

Esta cuenca está influenciada por las condiciones climáticas que rigen en la vertiente del Caribe (zona norte) de Costa Rica. La vertiente se caracteriza por tener acentuadas variaciones espaciales y temporales de precipitación.

La vertiente del Caribe está dominada por los vientos alisios este se intensifica en los meses de diciembre a abril y en menor escala durante los meses de julio y agosto. Durante los meses de mayo a noviembre la precipitación predominante, caracterizándose por ser muy intensa, de corta duración y muy localizada. En general se puede decir que la vertiente del Caribe no posee una marcada época seca y que llueve durante todo el año.

### **2.2.6.2. Clasificación climática**

De acuerdo a la clasificación de Koppen , la cuenca del río Sarapiquí presenta un clima templado húmedo, caracterizado de la parte de la cuenca comprendida entre las elevaciones 800 y 2800 m.s.n.m. Este tipo de clima no se define claramente una estación seca; en el mes menos lluvioso la precipitación es mayor de 80 mm, la temperatura media del mes más frío es inferior a los 18 ° C pero superior a los -3° C, los veranos son cálidos y en el mes más caluroso la temperatura sobrepasa los 18° C.

### 2.2.6.3. Información disponible de estaciones meteorológicas e hidrológicas

En la tabla 2 se presenta la lista con las estaciones meteorológicas instaladas en la cuenca de estudio. Se suministra para cada estación las coordenadas, la elevación, fecha de instalación y en este momento quien la opera.

TABLA No. 2							
Estaciones Meteorológicas en la Cuenca No. 12 Río Sarapiquí							
NUMERO	NOMBRE	COORDENADAS LAMBERT NORTE		ELEVACION m.s.n.m.	TIPO ESTACION	FECHA DE INSTALACION	OPERADA
		LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE				
69505	VARA BLANCA	520089	238646	1804	LLUVIA	01/07/1979	ICE
69588	ISLA BONITA	518259	246018	1120	LLUVIA	01/01/1979	ICE

**Tabla 2 Estaciones meteorológicas en la cuenca No.12 Río Sarapiquí**

**Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad, 2004**

En la tabla 3 se muestra las estación 0691202 con el nombre Sarapiquí con registro de caudales desde mayo de 1973 de manera que se cuenta con 30 años de registro.

TABLA No. 3							
Estaciones Hidrológicas en la Cuenca Río Sarapiquí - ICE							
NUMERO	NOMBRE	RIO	AREA DE	ELEVACION m.s.n.m.	FECHA DE REGISTRO	COORDENADAS LAMBERT NORTE	
			DRENAJE EN KM <sup>2</sup>			LONGITUD OESTE	LATITUD NORTE
0691202	Cariblanco	Sarapiquí	73	752	01/05/1973	517907	248356

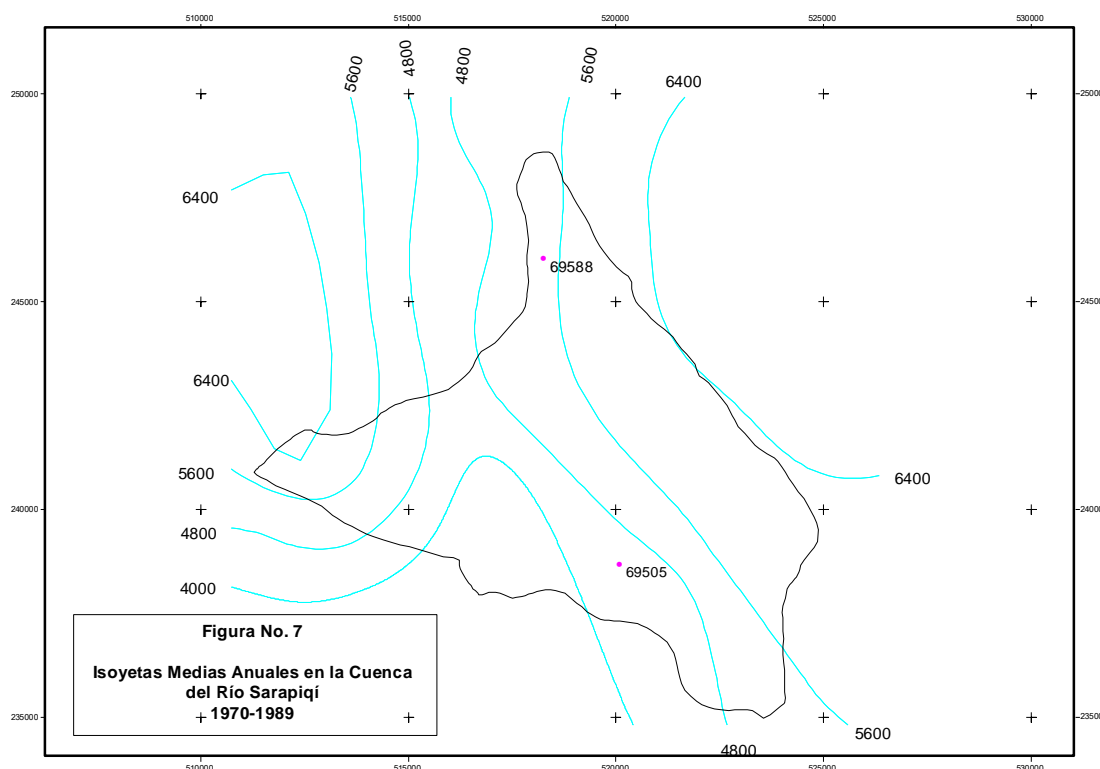
**Tabla 3 Estaciones hidrológicas en la cuenca No.12 Río Sarapiquí**

**Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad, 2004**



### 2.2.6.4. Distribución espacial de la precipitación

En la figura 4 se presenta el mapa de isoyetas medias anuales para el período 1970-1989, se observa que la precipitación varía desde 4000 mm en la región más elevada al sur, hasta alcanzar 6400 mm en la región central oeste.



**Figura 5 Isoyetas medias anuales en la cuenca del Río Sarapiquí, 1970-1989**

**Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad, 2004**

### 2.2.7. Que es un Modelo Digital del Terreno

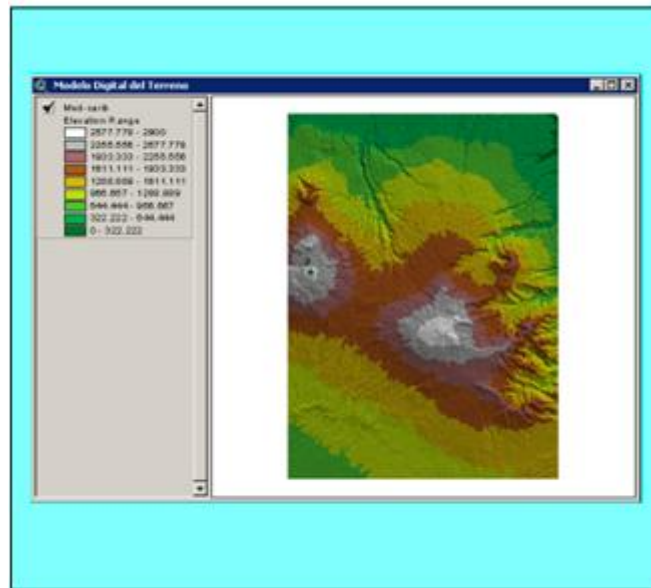
Los modelos Digital del Terreno se define como un modelo cuantitativo en formato digital del relieve de la superficie terrestre, que contiene información acerca de la posición (x-y) y al altitud (z) de los elementos de esa superficie.

Los modelos de elevación del terreno fueron desarrollados inicialmente como un mecanismo para almacenar digitalmente información de elevaciones

Estos son aplicados para:

- Calcular el volumen de tierra que es eliminado durante la construcción de un carretera
- Identificación de rutas y localizaciones sometidas a riesgos potenciales como desprendimientos o inundaciones.
- Producción de mapas de pendientes y orientación, especialmente aplicaciones medioambientales
- Representación del nivel de polución, ozono y temperaturas.

Para crear un modelo digital del Terreno el método indirecto la cual se realiza por medio de la digitalización manual que se realiza con un tablero digitalizador sobre el cual se coloca el mapa. Las curvas de nivel se siguen manualmente con un cursor de forma que el ordenador recibe a ciertos intervalos prefijados por el operador y las coordenadas que definen la trayectoria de la línea. (Comas y Ruiz 1993, p. 54).



**Figura 6 Modelo digital del terreno**  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.7.1. Modelos de datos para Modelo Digital del Terreno

El modelo de datos puede expresarse mediante diferentes estructuras de datos de los modelos básicos.

#### a. El modelo raster

Los datos se interpretan como el valor medio de unidades elementales de superficie no nula que teselan, adopta una forma de red regular de malla cuadrada, en la estructura la matriz se define el origen del intervalo entre filas y columnas.

## b. El modelo Vectorial:

En el modelo vectorial los atributos del terreno se representan mediante puntos, líneas o polígonos con sus respectivos atributos. Esta estructura de datos se compone de un conjunto de triángulos irregulares adosados.

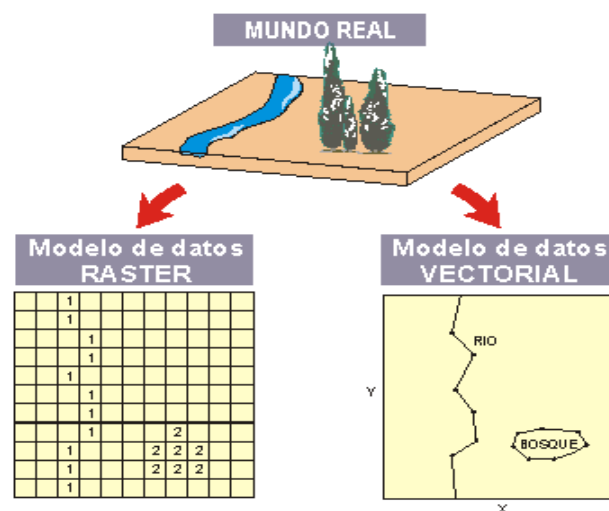


Figura 7 Modelo raster y modelo vector

Fuente: [http://www.ccidep.gob.pe/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=15](http://www.ccidep.gob.pe/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=15)

### 2.2.7.2. Red de Triángulos Irregulares

En el mundo vectorial el modelo más usado es el TIN, es una manera más simple de construir una superficie a partir de un conjunto de puntos. La estructura es el resultado de sobreponer una retícula sobre el terreno y extraer la altitud media de cada celda. La cual adopta una forma de una red de malla cuadrada. Y la localización espacial del dato está determinada en la matriz una vez definida el origen y el valor del intervalo entre filas y columnas. En el modelo de elevación del terreno los vértices representan entidades de terreno tales como las cumbres,

fosas o puertos de montaña, y las líneas representan crestas o valles. (Ungís, 2002, págs.4-1)

### **2.2.8. Creación de un Modelo Digital del Terreno**

La conversión de las curvas de nivel se realizan por medio de digitalización manual y con un tablero digitalizador se captura del mapa las curvas de nivel que se siguen manualmente con un cursor y se almacenan las curvas de nivel como una serie de vectores, cada vector es una curva y es almacenado como una serie de coordenadas(x-y).

### **2.2.9. Uso actual de la tierra**

Se puede afirmar que el uso actual de la tierra se refiere al acondicionamiento y desarrollo de diferentes sectores terrestres, donde surgen gran variedad de actividades para el aprovechamiento de la tierra, como lo es la agricultura, silvicultura, ganadería, industria, comercio, urbanismo, transporte, recreación, entre otros.

El uso de la tierra planificado plantea la necesidad de un ordenamiento espacial, ecológico y temporal de los recursos terrestres, coordinadamente a nivel nacional, regional y local. El uso del suelo varia un poco dependiendo de la inclinación del terreno, condiciones del suelo (susceptibilidad de erosión, fertilidad, grosor, agotamiento, entre otros) y los fenómenos meteorológicos (precipitación, número estaciones secas, temperatura, y otros).

La cuenca del Río Sarapiquí según el uso de suelo del año 1992 está cubierto el 80% por, bosque natural y bosque natural intervenido y el resto está cubierto de pastos y otros cultivos estacionales (piñales, palmito, plátano, yuca, ñampí y plantas ornamentales).

### **2.3. Desarrollo de los sistemas de información**

Durante el desarrollo de todo sistema de información se debe pasar por una secuencia de etapas, si bien el orden en que se presentan, en cierto modo, el orden natural o cronológico, no es estrictamente cierto y es por ello que deben tomarse en cuenta las consideraciones siguientes:

- Todas las fases están estrechamente relacionadas entre sí, y muchas veces es difícil establecer un límite claro entre ellas.
- A medida que se avanza en las etapas suele ser necesario incorporar aspectos que no fueron previstos.
- El proceso de desarrollo de un sistema de información debe ser llevado de lo general a lo particular, de lo abstracto a lo concreto; con el fin de evitar que el detalle impida la visión del conjunto y se pierdan los objetivos planteados.

#### **2.3.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG) ¿Qué es un SIG?**

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), es la herramienta que solventa el problema de la organización de bases de datos altamente desarrolladas y dirigidas

al manejo de la información geográfica, y de puente de enlace entre las disciplinas encargadas de desarrollar las regiones: Ingeniería Civil, Hidrología, Ingeniería Industrial, Geografía, Ingeniería de Sistemas, Manejo de Cuencas Hidrográficas, Ecología, Planificación Urbana y Regional, entre otras.

Según diversas definiciones, un SIG cumple con una orientación de proceso, de aplicación, de herramienta y de base de datos. Desde el punto de vista de proceso, estos sistemas consisten en varios subsistemas integrados que incluyen los procesos básicos de entrada, almacenamiento, consulta, análisis y salida de información geográfica, dando una perspectiva de requerimiento organizacional así como de ente dinámico.

Una definición de SIG por aplicación es otra perspectiva que se maneja en función del tipo de información que maneja, como ejemplo un sistema de inventario de recursos naturales, sistemas urbanos y otros. Sin embargo, no se diferencia de otras aplicaciones geográficas automatizadas, pero ayuda a visualizar su ámbito de utilidad.

De acuerdo con esta posición, se extrae del documento del Ing. Javier Saborío (1995) la definición de un SIG:

"Un Sistema de Información Geográfica es un sistema de información asistido por el computador para la entrada, manipulación y despliegue de datos espaciales". (p. 5)

Bajo una concepción de herramienta, estos sistemas incorporan un conjunto sofisticado de procedimientos y algoritmos basados en computadora para el manejo de datos espaciales, y organizados de acuerdo con las necesidades de cada proceso (entrada, almacenamiento, consulta, y otros).

Los Sistemas de Información Geográfica, según Burrough (1986) son:

"Un conjunto de herramientas para recoger, almacenar, buscar, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real para unos determinados objetivos". (p.194)

Al respecto, Pattillo (1992) comenta:

"Un Sistema de Información Geográfico (SIG) puede ser definido como un conjunto de medios y procedimientos, cuyo objetivo es el de automatizar el tratamiento de datos espaciales geoferenciados y sus características descriptivas".

Así, el objetivo de los SIG es:

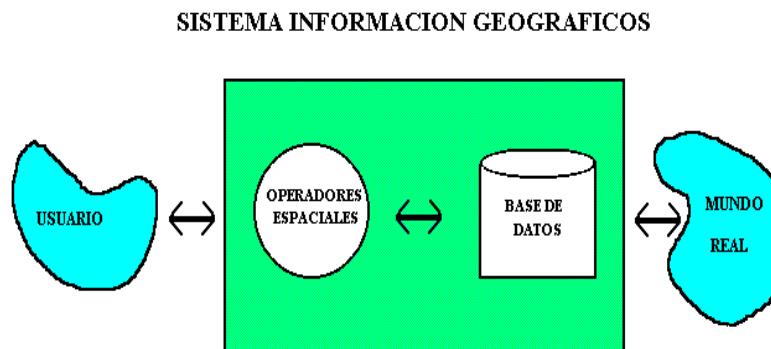
- Ubicación espacial del problema en estudio.
- Un sistema normal de recolección de datos.
- Información Organizada.
- Información actualizada.
- Información instantánea.
- Representación gráfica del problema.
- Permitir modelos complejos.

Por último, cabe destacar que las definiciones de un SIG divagan respecto al soporte de la base de datos de atributos de los objetos que maneja el sistema. De



manera que, la orientación a base de datos que brinda un SIG, enfatiza la facilidad de la interacción con otras herramientas.

La idea expresada por Guevara, en lo referente al SIG indica que es un conjunto de operadores que manipulan una base de datos espaciales y a la vez, constituyen un puente de soporte entre el mundo real y el usuario. Como lo señala la siguiente figura 8.



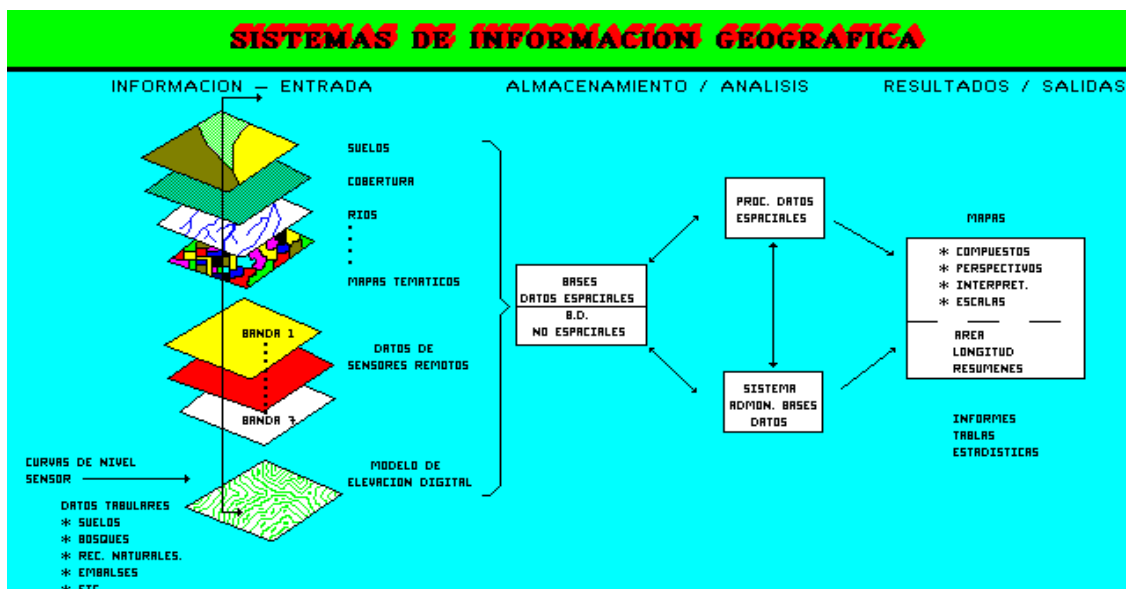
**Figura 8 SIG como puente de información**  
Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la información geográfica que utiliza datos espaciales y tabulares da como resultado el cimiento fundamental del desarrollo de cualquier SIG.

El SIG está formado por tres componentes que son, un componente operativo o funcional y la base de datos espaciales. El componente funcional es el conjunto de procedimientos algorítmicos abstractos que permiten procesar y actualizar la base de datos espaciales, con el fin de ser analizada y evaluada estrictamente. El tercer componente son las estructuras de datos, que constituyen el elemento puente entre

el conjunto de funciones y la base de datos, pero que son transparentes a los usuarios finales.

El SIG debe ofrecer una solución a cada uno de los tres problemas fundamentales en el campo de la documentación: entrada, archivo/recuperación de información y salida de la información. Estas tres tareas, dependen de su concreta realización de la estructura de la base de datos. (Guevara, 1987, p. 306)



**Figura 9** Esquema de componentes de un SIG  
Fuente: Elaboración propia

El SIG es un instrumento para la utilización de alternativas como:

- Ayudar a la toma de decisiones.
- Generar modelos de bases de información.
- Generar alternativas de análisis.
- Permite procesar cantidades de información con menor costo y tiempo.

- Desarrollar sistemas informativos que sirvan de norma para otros sistemas.
- Contribuye a la planificación con un alto poder analítico.

Para Saborío, "El conjunto de datos espaciales y no espaciales, constituyen la base de datos, que es el componente principal sobre el que se basan los análisis y resultados producidos con el SIG". (Saborío, p. 8)

Los datos espaciales se refieren a datos o información que se ubican en el espacio, ya sea con referencia a un sistema de coordenadas o a un orden topológico, mientras que los datos no espaciales se refieren a las propiedades de entidades espaciales, ya que no representan información de localización y se les conoce como datos de atributo.

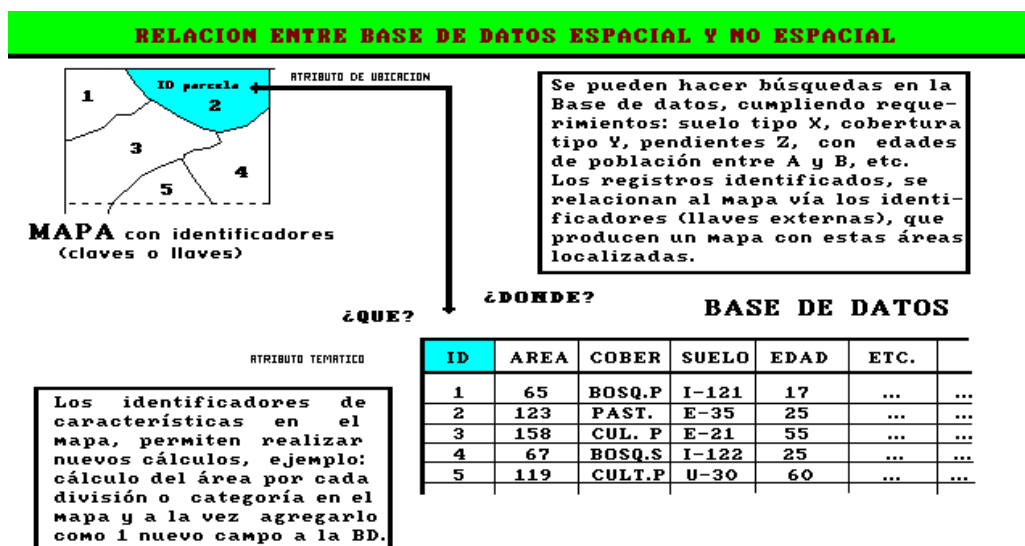


Figura 10 Relación entre base de datos espacial y no espacial  
Fuente: Elaboración propia

En un Sistema de Información Geográfica, todos los datos espaciales o no espaciales (también llamados atributivos) se almacenan en bases de datos. Aunque el conocimiento de su estructura no es básico para el manejo de los SIG, ayuda a entender cómo trabajan, y que limitaciones y ventajas tienen.

Los SIG generan grandes volúmenes de información a ser almacenada y consultada por múltiples usuarios.

Cowen (1988) afirma que:

"Un SIG es mejor definido como un sistema que usa una base de datos espacial para proveer respuestas a consultas de naturaleza geográfica. Desde un punto de vista conceptual, los aspectos relacionados con diseño de bases de datos versan más sobre rendimiento del sistema que con sus funciones esenciales". (p. 11)

Los Sistemas de Administración de Bases de Datos (DBMS por sus siglas en inglés) fueron diseñados para dar soporte bajo estas condiciones, incluyendo las facilidades de protección, aseguramiento y consistencia de la información almacenada.

### **2.3.2. Estructuras de datos espaciales**

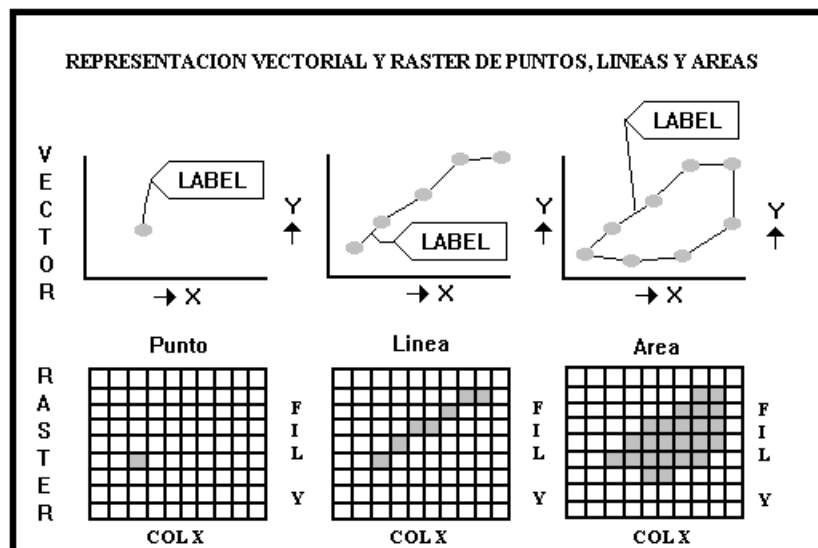
En los Sistemas de Información Geográficas, los datos se representan siguiendo el modelo vectorial o raster, dependiendo de la fuente de la que provengan, de la manera de ser introducidos en la base de datos, y del tipo de operaciones que se quiera realizar.

En cuanto a estructuras de datos espaciales Van Westen (s.f.), indica que:

"El modelo o estructura vectorial intenta representar de la manera más precisa las formas en el espacio. Para esto, se utilizan puntos, líneas y polígonos que delimitan los límites de los objetos de igual forma que estarían diseñados en un mapa. La localización de objetos se hace en referencia a un eje de coordenadas, partiendo del supuesto que la posición de las coordenadas es matemáticamente exacta.

El modelo o estructura raster consiste, en cambio, en la división del espacio en una red de celdas (generalmente cuadrada). Cada celda representa la unidad mínima de información y se la denomina pixel. Los pixel están asociados a un único valor de una variable determinada. En caso de que en un mismo espacio geográfico se den diferentes variables, esta relación unívoca lleva a que cada variable esté representada en un mapa o capa diferente.

La localización (a nivel de contenido interno de pixel) de los objetos en este tipo de modelo está referenciada al número de columna o fila de la red".



**Figura 11 Representación vectorial y raster**  
 Fuente: Van Westen, (s.f.)

## **2.4. Ciclos de vida de un sistema información**

Las etapas que se siguen en el ciclo de vida de un sistema varían un poco, según el criterio de algunos profesionales, sin embargo, todos concuerdan en las etapas siguientes:

### **2.4.1. Estudio preliminar o de prefactibilidad**

Esto se reduce a las necesidades por medio de solicitudes, se inicia con la petición de alguna persona o especialista en sistemas. También, está compuesta por tres partes que son: clasificación del requerimiento, estudio de factibilidad y aprobación del requerimiento.

### **2.4.2. Documentación del sistema existente y definición de requerimientos**

Es importante adquirir conocimiento detallado de las facetas dentro del área que se investiga, para ello el analista debe buscar la respuesta a las preguntas claves siguientes:

- ¿Qué se está haciendo?
- ¿Cómo se está haciendo?
- ¿Qué tan frecuente ocurre?
- ¿Qué tan grande es la cantidad de transacciones o decisiones?
- ¿Qué tan bien se lleva la tarea?
- ¿Existe algún problema?

- ¿Si el problema existe, qué tan en serio es?
- ¿Si el problema existe, cuál es la causa principal?

Conforme se recopilan los elementos, los analistas estudian los requerimientos de información, para identificar las características que tiene el nuevo sistema, incluyendo la información que el sistema debe producir y las características operativas como son los controles de procesamiento, tiempos de respuesta y métodos de entrada.

### **2.4.3. Desarrollo del sistema prototipo**

Se utiliza para situaciones únicas o situaciones en las que existe poca información. En algunos casos, no puede ser posible decidir por anticipado todas las características del sistema. Un prototipo es un piloto o una prueba, se espera que el prototipo se modifique después de varios intentos, esto es que el modelo que va rindiendo información adicional del diseño mediante su uso. El desarrollo del prototipo a menudo coincide con el diseño de sistemas.

### **2.4.4. Diseño del sistema**

En esta etapa se diseña o modifica el sistema existente para cumplir con los requerimientos establecidos, se confeccionan las salidas requeridas, y describe el formato y tipo de las entradas, el proceso y la organización de los archivos. También se conoce como diseño lógico.

#### **2.4.5. Programación y desarrollo de procedimientos**

Incluye la confección detallada de programas, definición de procedimientos y confección de los manuales del sistema. Los programadores son responsables de documentar el programa de incluir los comentarios que expliquen el porqué se utilizó tal procesamiento. La documentación es esencial para probar el programa y darle mantenimiento una vez que la aplicación se ha puesto en marcha.

#### **2.4.6. Prueba de los sistemas (implementación)**

Durante esta etapa se inician las operaciones del nuevo sistema y se hacen pruebas con datos ficticios y reales. Se verifican totales y resultados, se introducen los nuevos procedimientos y el sistema da los primeros pasos. Además, el sistema es controlado para ver resultados mediante el uso de "procedimientos en paralelo".

El usuario directo es entrenado exhaustivamente. Esta etapa patentiza que el sistema satisface los requerimientos del usuario y que el "software" no va a fallar.

#### **2.4.7. Puesta en marcha**

Es el período en que el sistema trabaja regularmente elaborando y procesando información. El usuario conoce bien el manejo y funcionamiento del sistema que está bajo su responsabilidad.



### **2.4.8. Mantenimiento y modificación**

Como producto de deficiencias observadas en la operación o a nuevos requerimientos, el sistema sufre cambios, ajustes y mejoras; se afirma que esta etapa comienza y dura mientras este en operación el sistema.

## **2.5. Definición de variables**

### **2.5.1. Análisis preliminar**

Según Senn (1992): El propósito del análisis preliminar radica en evaluar las peticiones de un proyecto. Se recoge información que permite evaluar las ventajas de la petición del proyecto y dar un juicio bien fundamentado sobre la factibilidad del proyecto propuesto. (p. 87)

Dentro de una empresa existen situaciones dónde surgen preguntas tales como sí existe una mejor manera de hacer algo. Es por eso que el análisis preliminar es una etapa que inicia siempre con la petición de una persona, empleado o cualquier especialista de sistemas que detecta la necesidad de crear y diseñar un sistema de información que cumpla con los requisitos establecidos.

### **2.5.2. Requerimientos**

Senn (1992), indica en cuanto a los requerimientos, que para un sistema manual o automatizado son todas aquellas características o detalles que se deben incorporar para producir las mejoras o cambios que el analista determino que se necesitan, en

otras palabras son las actividades o mejoras que el nuevo sistema debe proporcionar y que se determinan por la comparación del desempeño actual con los objetivos del desempeño aceptable del sistema. (p. 35)

De manera que, los requerimientos representan las características que deben incorporarse a un sistema, por medio de su estudio se analiza el sistema y se determina si es necesario efectuar mejoras.

### **2.5.3. Base de datos**

La idea expresada por Senn (1992) en lo referente a bases de datos indica que:

"Una base de datos es una colección integrada de datos almacenados en distintos tipos de registros, de forma que sean accesibles para múltiples operaciones". (p. 599)

Por lo tanto, los sistemas de base de datos se diseñan para gestionar grandes bloques de información, con el motivo primordial de una utilización conveniente y eficiente, para realizar cualquier movimiento en la base de datos.

### **2.5.4. Modelos de datos**

Según Korth (1993),

"los modelos de datos se definen como un conjunto de herramientas conceptuales para describir datos, relaciones entre ellos, semántica y restricciones asociadas a los datos". (p.7)

- **Modelos lógicos basados en objetos**

Su característica fundamental es la capacidad de estructuración flexible y las restricciones de datos permitidas explícitamente. Los modelos representativos de esta clase son el modelo entidad-relación y el modelo orientado a objetos.

- **Modelo Entidad-Relación**

Para Korth (1993), el modelo de entidad-relación (E-R) se basa en una percepción del mundo real que consiste en una colección de objetos básicos llamados entidades, y relaciones entre estos objetos. La entidad se distingue como un objeto diferente de otros por medio de sus atributos, y a su vez, la relación es la asociación de varias entidades. (p. 7)

- **Modelo orientado a objetos**

De igual manera que un modelo E-R, el modelo orientado a objetos se basa en una colección de datos. En este modelo, un objeto contiene valores almacenados en variables instancia dentro del objeto. Así, los objetos contienen objetos a un nivel de anidamiento, así como partes de código que operan sobre el objeto (llamadas métodos).

Para Korth (1993), el modelo orientado a objetos consiste en que:

"Los objetos que contienen los mismos tipos de valores y los mismos métodos se agrupan en clases. Una clase puede ser vista como una definición de tipo para objetos.

La única forma en la que un objeto puede acceder a los datos de otro objeto es invocando a un método de ese otro objeto. Esto se llama envío de un mensaje al objeto. Así, la interfaz de llamada de los métodos de un objeto define su parte visible externamente. La parte interna del objeto -las variables de instancia y el código de método- no son visibles externamente. El resultado es dos niveles de abstracción de datos". (p. 8)

### **2.5.5. Hardware**

El "hardware" lo constituye la parte física y el equipo asociado. El microprocesador (C.P.U.), monitor, teclado, unidades de disco, impresoras, puertos, tarjetas y todo el equipo adicional que lo compone como el mouse, módems, multimedia, entre otros y las partes mecánicas para poder usar el "software" para realizar operaciones y obtener los resultados.

### **2.5.6. Software**

Según la definición de Freedman (1991-1993), el "software" de sistemas se compone de programas de control, incluyendo sistema operativo, "software" de comunicaciones y administrador de bases de datos.

#### **2.5.6.1. Lenguajes de programación**

Un lenguaje de programación es un método formal diseñado para describir un algoritmo en forma precisa y ambigua. Suelen clasificarse en dos grupos.

- **Lenguaje bajo Nivel**

Se caracteriza por depender de las características del "Hardware" de cada computadora particular. La ventaja de estos lenguajes es que permiten explorar al máximo las capacidades del "hardware" de una computadora en particular.

- **Lenguaje de alto nivel**

Permiten al programador obviar detalles relacionados con el "hardware" de la computadora para ser ejecutados.

La ventaja de estos lenguajes es que permiten expresar el problema de una forma natural y además los programas son portables hacia diferentes tipos de computadora. La desventaja es que no permiten explotar todas las facilidades de "hardware" de cada computadora.

### **2.5.7. Costo Beneficio**

Los costos asociados con el sistema son los gastos, salidas, pérdidas resultantes del desarrollo y uso de un sistema. Los beneficios son las ventajas que se obtienen de la instalación y utilización del mismo. Para efectos del análisis, los costos y beneficios se clasifican básicamente en dos categorías: costos y beneficios tangibles e intangibles.

Los costos tangibles son los costos relacionados en forma directa con las salidas de efectivo, es decir, son medibles con bastante exactitud, como lo es el salario de un trabajador, costo del equipo computacional y otros. Los costos intangibles son costos que financieramente no pueden determinarse con exactitud, los cuales pueden ser el valor de la pérdida de un cliente, o el descenso de la imagen de la compañía.

### **2.5.8. Impacto organizacional**

Según Senn (1992), la evaluación del impacto determina cómo afectan o cambian los sistemas a las áreas de la empresa donde serán instalados, además, el impacto de los sistemas debe compararse con los costos y beneficios económicos que percibirá la organización. (p. 841)

Identificación y medición de los beneficios para la organización en las áreas tales como finanzas (costos, ingresos, ganancias), eficiencia operacional e impacto competitivo.

### **2.5.9. Entradas**

La forma primaria de introducir datos para su proceso en ordenadores es teclearlos en un terminal local o remoto. Se almacenan en soportes magnéticos, normalmente un disco o disquete de cualquier tipo. Donde no es viable utilizar terminales de pantalla, se debe emplear un dispositivo de captura de datos especializado.

### **2.5.10. Procesos**

Según Senn (1992), se define como procesos: "A las actividades para aceptar, manejar y suministrar datos e información. Pueden ser manuales o basadas en computación", y como procedimientos los "métodos y rutinas para utilizar el sistema de información y lograr con ello los resultados esperados". (p. 386)

### **2.5.11. Salidas**

Las salidas comúnmente se refieren a los resultados e información generados por el sistema. La salida viene a ser importante para un usuario final, debido a que para muchos es la única razón para el desarrollo del sistema y la base para evaluar la utilidad de la aplicación. Los métodos de salida varían según los sistemas.

Los conceptos expresados por Senn (1992), en lo referente a que la salida de un sistema de información explican que estos deben alcanzar los objetivos siguientes:

- "1. Expresar información relacionada con actividades pasadas, estado actual o proyecciones para el futuro.
2. Señalar eventos importantes, oportunidades, problemas o advertencias.
3. Iniciar una acción.
4. Confirmar una acción". (p. 422 y 423.

### **2.5.12. Diagrama de flujo**

El modelo del sistema recibe el nombre de diagrama de flujo de datos (DFD). La descripción completa de un sistema está formada por un conjunto de diagramas de flujo de datos. Cada proceso puede desglosarse en diagramas de flujo de datos cada vez más detallados. Esta secuencia se repite hasta que se obtienen suficientes detalles que permiten al analista comprender en su totalidad la parte del sistema que se encuentra bajo investigación.

### **2.5.13. Prototipo**

Mediante los prototipos se modela una aplicación que funciona como un sistema de información, no tiene todas las características o funciones del sistema final, pero si posee los elementos necesarios para que las personas puedan utilizar el sistema propuesto y por ende determinen qué les agrada o qué no les agrada e identifican las características que creen deben alterarse.

Se define según Senn (1992), como:

"El prototipo es un sistema que funciona desarrollado con la finalidad de probar ideas y suposiciones relacionadas con el nuevo sistema".  
(p. 43)

### **2.5.14. Manual de Usuario**

La documentación que va a dar a las manos del usuario final, ya sea en la forma de manuales, sistemas de ayuda en línea o en diagramas sencillos, debe coincidir con



la forma en que funcione la aplicación. Los analistas tienen que asegurarse de que ponen la atención suficiente para mantener este aspecto de credibilidad.

### **2.5.15. Capacitación**

Todos los usuarios de un nuevo sistema deben ser entrenados, actividad que se convierte en condición previa al éxito. El analista es responsable de determinar el contenido, duración y profundidad de los cursos de entrenamiento a que será sometido el personal que hará uso del sistema.

Se requiere un lapso prolongado para que el usuario llegue a ser productivo y autoeficiente en el uso de un sistema nuevo.

El plan de entrenamiento debe contemplar los aspectos siguientes:

- Personal involucrado.
- Ámbito.
- Programa.
- Calendario.

La capacitación del personal que tendrá relación con el sistema, ya sea directa o indirectamente es sumamente importante porque hasta el más elegante y bien diseñado sistema puede fracasar debido a la forma en que sea operado o usado.

Tanto los operadores como usuarios deben recibir capacitación.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1. Tipo de investigación

Entre los criterios que se tomaron en cuenta para dar estas clasificaciones se pueden citar, finalidad, profundidad, carácter de la medida, entre otros.

Estos tipos pueden tratarse metodológicamente en cualquier enfoque y pueden combinarse entre sí, pero usted puede ir clasificando cual se ajusta mejor a un determinado paradigma.

- **Según finalidad:**

Investigación aplicada:

Su finalidad es la solución de problemas prácticos para transformar las condiciones de un hecho que nos preocupa. El propósito fundamental no es aportar al conocimiento teórico.

- **Según Alcance Temporal:**

Estudios Transversales (sincrónicos): estudian aspectos de desarrollo de los sujetos en un momento dado.

- **Según profundidad u objetivo:**

Explicativa: explica los fenómenos y el estudio de sus relaciones para conocer su estructura y los aspectos que intervienen en su dinámica.

- **Según el carácter de la medida:**

Cuantitativa: se fundamenta en los aspectos observables y susceptibles de cuantificar. Utiliza la metodología empirico-analítica y se sirve de la estadística para el análisis de los datos.

- **Según el Marco en el que tiene lugar:**

De campo o sobre el terreno: son estudios que se realizan en situaciones naturales y que permiten con mayor libertad generalizar los resultados a situaciones afines. No permite un riguroso control como en el laboratorio.

- **Según la concepción del fenómeno:**

Ideográfica: enfatiza lo particular e individual. Se basa en la singularidad de los fenómenos y su objetivo no es llegar a leyes generales ni ampliar el conocimiento teórico.

- **Según dimensión Temporal:**

Descriptiva: estudia los fenómenos tal y como aparecen en el presente, en el momento de realizar la investigación. Incluye gran variedad de estudios cuyo objetivo es describir los fenómenos (diagnósticos, estudio de casos, correlaciones, etc).

- **Según la orientación que asume:**

Orientado a la Explicación: Busca dar respuestas a problemas concretos para la toma de decisiones, ya sea para cambiar o mejorar la practica (investigación acción, investigación in situ).

## **3.2. Sujetos y fuentes de información**

### **3.2.1. Sujetos**

Los sujetos seleccionados para el desarrollo de esta investigación son los siguientes:

- Jefatura de la Oficina de Estudios Hidrológicos
- Personal especializado en estudios hidrológicos
- Jefatura de Tecnologías de información

### **3.2.2. Fuentes primarias de la información**

Como fuentes primarias de la información se utilizaron libros, revistas, manuales técnicos y las entrevistas a los expertos, tanto para conocer los conceptos relevantes sobre la plataforma de Telefonía IP, las comunicaciones, el sistema de información a implementar para la central telefónica y los aspectos tecnológicos para realizar el análisis de la factibilidad de implementación de telefonía IP, Internet.

## **3.3. Instrumentos utilizados**

Como parte de la investigación y recolección de información se hará entrevistas a los expertos con el fin de obtener puntos clave para el desarrollo del proyecto, las entrevistas se deben llevar siguiendo una serie de preguntas claves para la

obtención de la información, por lo tanto se confeccionará un cuestionario que tiene como fin identificar necesidades relacionadas con la aplicación

### **3.4. Entrevistas**

Se seleccionó la entrevista como técnica para la recolección de información, la misma se basa en la elaboración de preguntas que permiten recabar información en forma verbal acerca de la plataforma de red, el sistema de telefonía para un muestreo no probabilístico.

*“sigue un procedimiento fijo, de antemano, por un cuestionario o guía, o sea, una serie de preguntas que el entrevistador prepara previamente.”*  
(Barrantes Echeverria, Rodrigo, 2008, p. 65)

#### **3.4.1. Cuestionarios**

Se selecciono el cuestionario como técnica de recolección de información debido a la posibilidad de crear preguntas para obtener información en relación de cómo se procesa la información actualmente.

#### **3.4.2. La observación**

Se utilizo la observación directa no participativa, este instrumento permitió recolectar información de interés mediante bitácoras con los datos específicos relacionados con la plataforma tecnológica existente como distancias, anchos de banda, equipos de comunicación actuales, funcionamiento del sistema a implementar.

### 3.5. Definición de variables

En el presente estudio se utilizaron las siguientes variables:

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	REFERENTE
¿Qué etapas deben de realizarse para implementar una aplicación de un Sistema de Información Geográfica que permita estudiar la estimación de las características fisiográficas de una cuenca?	Desarrollar e implementar una aplicación de Sistema de Información Geográfica en la obtención de la estimación de las características fisiográficas de una cuenca, utilizando modelos de elevación del terreno, en la cuenca del Río Sarapiquí en Costa Rica.	Aplicación de un Sistema de Información Geográfica para la obtención de la estimación de las características fisiográficas de una cuenca, utilizando modelos de elevación del terreno, en la cuenca del Río Sarapiquí en Costa Rica.
SUBPROBLEMAS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLES
¿Cuáles son los aspectos que se deben considerar para realizar la evaluación del sistema?	Realizar el estudio preliminar del sistema de información actual, para determinar las razones que justifican el desarrollo del nuevo sistema.	<b>Análisis preliminar:</b> Es la reunión de información que permite evaluar los méritos de la solicitud de proyecto y emitir un juicio, con conocimiento de causa, con respecto a la factibilidad del proyecto propuesto .(Senn, p. 87)
¿Cuáles son los requerimientos o necesidades que justifican el desarrollo del sistema?	Realizar el estudio de necesidades que permita identificar los requerimientos del nuevo sistema.	<b>Requerimientos:</b> Son las características que deben incluirse en un nuevo sistema.(Senn, 1992, p. 122)
¿Qué consideraciones deben tomarse en cuenta para definir la arquitectura óptima para la Base de Datos y sus relaciones?	Determinar la arquitectura óptima para la Base de Datos y sus relaciones.	<b>Base de datos:</b> "Es una colección integrada de datos almacenada en distintos tipos de registros, de forma que sean accesibles para múltiples aplicaciones".( Senn, 1992, p. 599)
¿Cuáles son los requerimientos de "hardware" y "software" necesarios para la implementación del nuevo sistema?	Identificar los requerimientos de "hardware" y "software" necesarios para la implementación del nuevo sistema.	<b>"Hardware":</b> Conjunto de unidades físicas, circuitos y dispositivos que componen un sistema de computadora. <b>"Software":</b> Programas necesarios para que el

		computador realice el trabajo.
¿Qué aspectos deben considerarse para precisar el costo beneficio para la implementación del sistema propuesto?	Precisar el costo beneficio para la implementación del sistema propuesto.	<b>Costo Beneficio:</b> Procedimiento lógico para la comparación de los beneficios de un programa alternativo con los costos de su alternativa
¿Qué implicaciones administrativas va a generar el nuevo sistema?	Identificar las implicaciones administrativas va a generar el nuevo sistema	<b>Implicaciones administrativas:</b> Identificación y medición de los beneficios para la organización.
¿Qué técnicas emplea para definir las entradas, procesos y salidas, que permitan la conceptualización y evaluación de resultados?	Determinar las entradas, procesos y salidas del sistema propuesto, utilizando las técnicas apropiadas, que permitan la conceptualización y evaluación de resultados.	<b>Entrada:</b> "Las especificaciones de entrada describen la manera en que los datos ingresarán al sistema para su procesamiento".(Senn, 1992, p. 477) <b>Procesos:</b> "Las declaraciones formales que emplean técnicas y lenguajes que permiten describir actividades importantes que forman parte de un sistema".( Senn, 1992, p. 176) <b>Salidas:</b> "Cualquier información producida por un sistema de información, ya sea impresa o en pantalla".( Senn, 1992, p. 422) <b>Diagramas de flujo:</b> La herramienta gráfica que se emplea para describir y analizar el movimiento de los datos a través de un sistema.
¿Cuál es el modelo óptimo del sistema propuesto?	Desarrollar un prototipo con la finalidad de obtener el modelo óptimo del sistema propuesto.	<b>Prototipo:</b> "Se refiere a un modelo que funciona para una aplicación de sistemas de información".(Senn, 1992, p. 243)
¿Cómo documentar los procedimientos que ayuden al usuario en el uso del nuevo sistema?	Elaborar un manual de usuario que especifique los procedimientos para el uso del nuevo sistema.	<b>Manual del usuario:</b> Documento que contiene las especificaciones del sistema.
¿Qué actividades se deben realizar para ayudar al usuario	Definir la capacitación al usuario, para que le permita el	<b>Capacitación:</b> Aquellos que estén familiarizados



en el manejo óptimo del nuevo sistema?	manejo óptimo del nuevo sistema.	con el sistema deben conocer cuál será su papel, cómo pueden usar el sistema y qué hará o que no hará el sistema.( Senn, 1992, p. 818)
--	----------------------------------	--

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **4.1. Análisis de Sistema**

La conversión de los requerimientos en soluciones que los satisfagan forma parte del diseño del sistema, la valoración de éstos por parte del investigador manifiesta cuan beneficioso será el sistema para los usuarios, por tanto, basados en los requerimientos, los procesos de clasificación e interpretación de los hechos, diagnósticos y el manejo de la información en el sistema es que se moldea un planteamiento beneficioso y que resulte útil para satisfacer las necesidades del sistema y de lo que interviene en éste.

## **4.2. Determinación de requerimientos del usuario**

### **4.2.1. Entrevista 1 dirigida al Jefe del Área de Hidrología**

Para el Jefe del Área de Hidrología, la necesidad de la implementación y manejo de una aplicación de un sistema de información Geográfica, para obtener la estimación de las características fisiográficas de una cuenca hidrográfica, es indispensable, debido a que el uso de esta herramienta con una aplicación específica generaría resultados inmediatos, pues se podrían realizar una variedad de actividades rápida y ágilmente, tales como el análisis de mapas y la toma de decisiones que deriva de un sistema de información geográfica.

Por tanto, el aspecto que llega a ser más importante en la aplicación de un SIG, es la capacidad de relacionar y comparar la información temporal y espacial-temporal. El personal especializado del Área de Hidrología, será el encargado de manejar la aplicación del SIG, para las diferentes tareas que el mismo ofrece.

En caso de realizarse modificaciones el responsable de llevarlas a cabo es el personal que desarrollo la aplicación, por consecuente, deberá estar en disposición de modificar la aplicación

#### **4.2.2. Entrevista 2 dirigida a los especialistas en estudios hidrológicos**

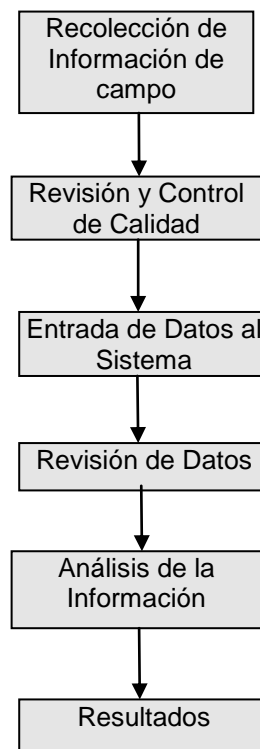
Para los ingenieros especializados en la realización de estudios hidrológicos, actualmente la manipulación de información gráfica es manual, ya que principalmente se utilizan los mapas a diferentes escalas para la obtención de la información. Por lo que se puede decir que actualmente no utilizan ninguna aplicación específica en un SIG. De manera que, parte de la información extraída de los mapas se utiliza para llevar a cabo el análisis, pero la mayor parte del trabajo es manual y tedioso por no existir un sistema de información geográfica automatizado. Además, consideran que los mismos son utilizados principalmente para los estudios hidrológicos.

Los procesos se presentan frecuentemente, esto por no decir que son diarios. Dado que son utilizados en todos los estudios hidrológicos. La información gráfica juega un papel importante en la toma de decisiones y es fundamental, se puede afirmar que es indispensable.

Las tareas manuales por su propia naturaleza tienen razón de ser efectuadas en forma lenta, pero constituyen un obstáculo al proceso. Por que las labores se

tornan lentas, el principal problema que surge con el cumplimiento de procesos manuales es la propensión a errores, dado a que sólo parte de la información puede ser obtenida. El recurso informático es también uno de los principales problemas, ya que al igual que el personal está saturado de trabajo.

Las dificultades en los procesos manuales generan altos volúmenes de información, debido a que no se tiene un dominio del conjunto analizado, esto provoca atrasos y el resultado no es el mejor. Además, no se cuenta con recursos informáticos adecuados. El siguiente es un esquema que reproduce el flujo de proceso manual que se realiza día a día en el Área de Hidrología, específicamente para los estudios hidrológicos.



**Figura 12 Flujo de trabajo para el proceso de estudios hidrológicos**  
Fuente: Elaboración propia

Las ventajas que brindará la aplicación SIG, radica en que se podrá trabajar con grandes volúmenes de información, el proceso es automatizado y por tanto, se pueden conocer todas las variables del sistema. Además, brinda la agilidad y rapidez necesaria para el análisis de información y toma de decisiones.

Todos aquellas personas que tengan que trabajar con información geográfica en la elaboración de informes, estudios hidrológicos, entre otros, son los potenciales usuarios del sistema. Para utilizarlo como usuario final, se debe tener una capacitación amplia en los SIG, esto es que lleve a cabo cursos formales sobre SIG, pero sobre todo que sea parte de su trabajo diario. Y a la vez, que tenga conocimientos básicos en computación.

#### **4.2.3. Entrevista 3 dirigida a la Jefatura de Tecnologías de información**

Para la jefatura de tecnologías de información los aspectos por considerar si se está hablando de SIG, como una herramienta que se utiliza para una aplicación específica con sus respectivos datos, el mismo se debe de evaluar de acuerdo con los objetivos y expectativas que se debieron definir al principio del proyecto.

Los requerimientos que justifican al mismo es que el Área de Hidrología confecciona los informes hidrológicos para los proyectos hidroeléctrico, para la elaboración de los tales informes se necesita procesar tanto información gráfica como tabular, en forma independiente y en algunos casos sería óptimo poder

combinarlas. Actualmente, el procesamiento de la información gráfica se hace manualmente con excepción de los dibujos o mapas los cuales se hacen con el software AUTOCAD. "El contar con un SIG permitirá procesar de una forma más ágil y conveniente la información gráfica, así como que las entidades gráfica, así como que a las entidades gráficas se les puede asociar información tabular lo que permite tener una visión global.

Las consideraciones que deben tomarse en cuenta para definir la arquitectura óptima para la base de datos y sus relaciones podría indicar lo siguiente "...el manejador de Base de Datos que se esté utilizando, los requerimientos de información que tenga el nuevo sistema (entidades y relaciones), "hardware" que va a soportar la base de datos".

En cuanto a costo/beneficio para el desarrollo e implantación del sistema se debe considerar el mismo como un todo, no como cada una de sus partes. "Lo que estoy comparando es lo que me cuesta el sistema contra los beneficios que me traería el tener el sistema", indico. En los costos se debe contemplar el tiempo de los desarrolladores, el tiempo de los usuarios, el equipo y "software" que se debe comprar, el costo para el levantamiento de toda la información y otros recursos que se utilicen (giras, fotografías, papelería, entre otros).

En cuanto al beneficio se debe comparar lo que costaba realizar una función con el viejo sistema y lo que cuesta con el nuevo, también la disponibilidad de información

y contar con información oportuna, así como cuantificar la facilidad de modificar las cosas.

El sistema generará implicaciones administrativas, por lo que se debe definir y ejecutar políticas de respaldo, perfiles de usuarios que los usan, estar velando que el sistema funciones apropiadamente y otros.

### **4.3. Estructura de Base de datos**

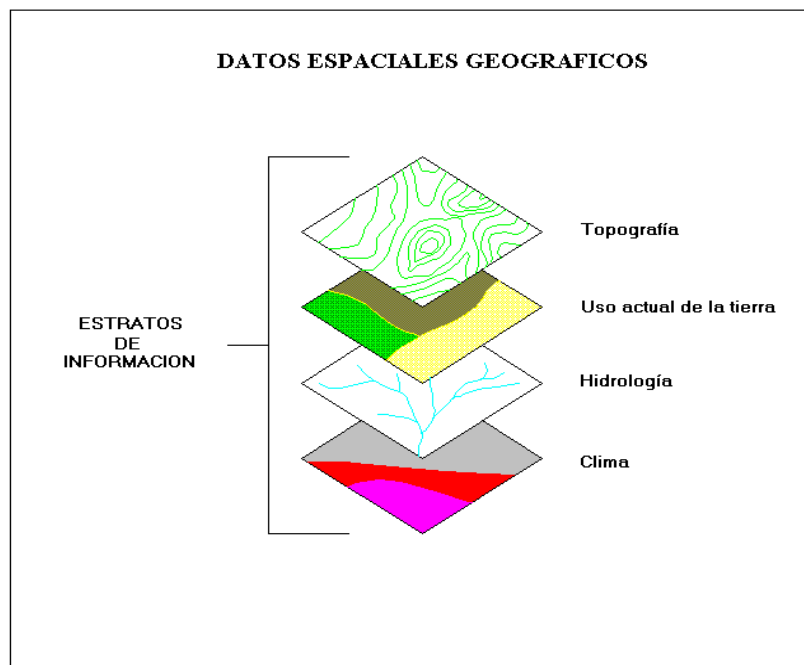
#### **4.3.1. Estratos de información espacial**

Los estratos de información espacial cartográfica que se planea utilizar para realizar el aprobar las certificaciones de uso del suelo requisitos de construcción y alineamientos en el sitio de estudio son los siguientes:

- Topografía (curvas de nivel. Fuente hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica)
- Hidrografía (Red de Ríos Fuente hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional)
- Límites de la Cuenca (Fuente hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional)
- Isoyetas Medias Anuales 1970-1889 ((Fuente Oficina de Hidrología y meteorología, (Instituto Costarricense de Electricidad)



- Ubicación de estaciones (Fuente Oficina de Hidrología y meteorología, (Instituto Costarricense de Electricidad )
- Uso del suelo (Provenientes de imágenes de satélite) Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. 2009



**Figura 13 Datos espaciales geográficos**  
Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.2. Metodología de entrada de datos**

Para la obtención de los parámetros de entrada que se requieren para realizar la aplicación, se obtuvo del procesamiento de la siguiente información y mapas:

- Definición del problema.
- Tratamiento de la información.

- Delimitar la cuenca del Río Sarapiquí manualmente de las hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional. (IGN) y levantado medio de dibujo asistido por computador en este caso del programa Autocad.
- Digitalización de la cuenca a escala 1:50.000 de las hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional. (IGN)
- Digitalización de Ríos de la cuenca a escala 1:50.000 de las hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional. (IGN)
- Digitalización curvas de nivel cada 20 metros a escala 1:50.000 de las hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional. (IGN).
- Digitalización de Isoyetas Medias Anuales 1970-1989 a escala 1:50.000
- Generar Modelo de elevación Digital del terreno por medio de las funciones de del Analista Espacial 3.2 (módulo de interpolación TIN).
- Obtener información sobre uso del suelo por medio de estudios que se han realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica del año 1992.
- Ubicar las estaciones de la red hidrometeorológica que se encuentran en la cuenca como información adicional y ayuden al usuario a ubicar con cuales estaciones se cuentan en ese sitio de estudio.
- Realizar visualizaciones de los mapas finales utilizando programación en Visual Basic y MapObjets.

## **4.4. Hardware y software**

### **4.4.1.Requerimientos de "Software" y "Hardware"**

A continuación se presentan los aspectos relevantes de los "software" utilizados.

#### **a. ArcView 3.2:**

ArcView es un sistema de información con un fácil uso de punto e interface gráfica y es fácil de cargar los datos tabulares y espaciales. Se puede desplegar datos como mapas, tablas y gráficos. Provee de herramientas para el análisis de datos, presentación de resultados con una muy buena calidad de mapas.

Considerando los componentes básicos que debe manejar un SIG y tomando en cuenta éxito del sistema en el aspecto institucional se decidió utilizar para el desarrollo del proyecto de graduación, el programa ArcView versión 3.2 para Windows.

Éste es un Sistema de Información Geográfica para computadores que ofrecen las funciones y operaciones típicas de un sistema comercial. El programa es amigable y excelente para realizar proyectos a nivel local y regional. Se diseñó para proveer un acceso barato de tecnología asistida por computador, siendo utilizado como medio.

**b. Autocad Versión 2004:**

AutoCAD es el programa de dibujo técnico más utilizado en la actualidad por profesionales de las más diversas áreas. Dominarlo significa mayor rapidez y calidad en la realización de proyectos arquitectónicos, diseño de piezas mecánicas y diversos otros productos. Para realizar el levantamiento de los dibujos de la fuente original. Se cuenta con licencia autorizada.

**c. Analista Espacial Ver. 3.2:**

Para generar, manipular y analizar los diferentes mapas de la cuenca, en este caso el modelo de elevación digital del terreno (TIN). Este programa se cuenta con licencia autorizada.

**d. MapObjects 2.0 y Visual Basic 6:**

Para la programación del visualizador de los mapas finales. Se cuenta con licencia autorizada de Visual Basic y no se cuenta con licencia de MapObjects solamente con actualizaciones temporales.

En cuanto a los requerimientos de "hardware" necesarios para el desarrollo de un SIG, es bueno contar con un equipo que de soporte y que sea capaz de almacenar capturar, codificar, editar, procesar y visualizar la información espacial o georeferenciada.

**e. Tecnologías para generar modelos y análisis 3D:**

En los últimos años la proliferación de aplicaciones 3D en SIG se ha incrementado, con la aparición de Google Earth el usuario está familiarizado con entornos 3D. Por otra parte los ordenadores con facilidad con 3D son comunes en la actualidad y el acceso a banda ancha es prácticamente generalizado, además, existe mayor cantidad de datos públicos que pueden ser utilizados por clientes SIG que sean capas de recibir datos de internet. Las aplicaciones desarrolladas en 3D no sólo son visualmente más atractivas, también nos ofrecen más información que el SIG clásico en 2D. Gracias a la integración de librerías

**f. Analista 3D:**

El Analista 3D es un módulo que se agrega a ArcView en forma de extensión y la cual soporta shape tridimensionales, y superficies en 3D, y que se pueden ver en tiempo real en perspectiva. Se puede crear y visualizar datos espaciales que usan una tercera dimensión para proporcionar una visión más de la variable en estudio, además puede revelar tendencias, y puede resolver ciertos problemas de análisis espacial. 3D Analyst ofrece una solución completa para trabajar con SIG en un entorno 3D

### **g. Tecnologías de teledetección y procesamiento digital de imágenes de satélite**

El desarrollo espectacular de las técnicas de teledetección durante los últimos años ha propiciado la aparición de imágenes con excelentes niveles en los diferentes tipos de resolución. Costa Rica cuenta con productos de los proyectos TERRA 97 y CARTA 2003 y 2005. En el caso de CARTA, existen dos productos del tipo imagen; uno fotográfico y otro multispectral. Ambos pueden integrarse para lograr ampliar el espectro del primero y de esta forma obtener fotografías en color natural o falso color con buena resolución espacial.

El objetivo es motivar a distintos investigadores que utilizan imágenes teledetectadas que se encuentran en el servicio de los ciudadanos del país.

Para consultar y ampliar la información puede ingresar a la pagina del Programa Nacional de investigación Aerotransportadas (PRIAS)

[http://www.cenat.ac.cr/esp/area/gestion\\_ambiental/prias/prias.php](http://www.cenat.ac.cr/esp/area/gestion_ambiental/prias/prias.php) fecha 05-01-11 hora: 11:30 a.m

#### **4.4.2. Hardware**

En cuanto a los requerimientos de "hardware" necesarios para el desarrollo de un SIG, es bueno contar con un equipo que de soporte y que sea capaz de almacenar capturar, codificar, editar, procesar y visualizar la información espacial o georeferenciada. Para este caso se debe utilizar una configuración básica como la siguiente:

- **Procesador:** Quad Core Processor Core i5-750,2.66GHz,8MB
- **Memoria:** 2GB,DDR3,Non-ECC SDRAM Memory,1333MHz,2x1GB
- **Monitor:** LCD 21 pulgadas
- **Disco Duro:** 250GB SATA 3.0Gb/s,7200 RPM Hard Drive with 8MB DataBurst Cache
- **Unidad Óptica:** 16X DVD+/-RW w/
- **Gráficos :** 256MB ATI FireMV® 2260, 2MON, 2 DP w/ 1 DP to DVI Adapter

#### 4.4.3. Relación costo-beneficio

La adquisición de tecnología de SIG, se fundamenta en primera instancia ya que es un sistema digital que resulta menos costoso y más eficiente que un trabajo manual; segundo, un SIG realiza un envío rápido y consistente de información a los usuarios; y tercero, aporta la probabilidad de análisis para el correspondiente soporte en la toma de decisiones y planeamiento .

Estos costos se refieren a la inversión en “software”, no son significativos pues la institución ya contaba con el mismo, los costos respectivos al “hardware”, donde se ejecutan dichas aplicaciones se puede estimar un costo arriba de los \$20,000.00 que incluye las adquisición de 2 Workstation, 1 plotter y 1 impresora. Además, la implementación de la nueva aplicación SIG, no incurre en gastos para la obtención de imágenes sensores remotos, ya que son negociados por medio de

convenios e igual las giras de reconocimiento de campo se encuentran incluidas en el presupuesto anual del Área de Hidrología.

#### **4.4.4. Implicaciones administrativas**

Desde el punto de vista del personal administrativo, la implicación que genera la aplicación del Sistema de Información Geográfica es la rapidez con que se obtienen los informes finales, debido a que estos son la base de los estudios hidrológicos necesarios para la realización de los diversos proyectos pertinentes al ICE, lo que indica un aumento en la capacidad de toma de decisiones y análisis de la información por parte de los especialistas encargados de los estudios.

Por otra parte, la administración del sistema por sí sólo genera las implicaciones necesarias que se definen como políticas de respaldo, perfiles de usuarios, mantenimiento, capacitación y manuales para los usuarios, entre otros. El impacto que provoca la aplicación del sistema en las funciones operativas, se enmarca en el manejo ágil y versátil de la información, convirtiendo los procesos en resultados precisos y accesibles.

Bajo el concepto de calidad total, se considera que la aplicación del sistema cumple con el mejoramiento de las tareas, dando como resultado la eficiencia y eficacia de los procedimientos ya establecidos en el Área de Hidrología, así, se



brinda un mejor servicio tanto a los usuarios, como a las otras dependencias del ICE, que lo requieran.

#### **4.4.5. Entradas salidas procesos**

La interface entre el usuario y la aplicación del sistema para enviar y recibir información que se utiliza para la entrada y salida son la pantalla y el teclado, donde las acciones de procesamiento de los datos de inclusión, modificación, recuperar datos, eliminar, imprimir se llevan a cabo para que el usuario conozca cómo realizar las siguientes acciones de diálogo por medio de los menús de pantalla y por medio del teclado.

- **Captura y edición de los datos**

Para la captura, edición, consulta se realizan por medio de pantallas que interactúan con el usuario.

- **Almacenamiento de datos**

Para el almacenamiento de los datos se utilizará el almacenamiento servidores de almacenamiento.

- **Salida de los datos**

Los datos tienen salida por web o impresión para la respectiva firma de certificaciones del cliente.



**Figura 14 Requerimientos de interface**  
**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.4.6. Diagrama de flujo modelo conceptual

Básicamente el sistema está compuesto de módulos que implementan la funcionalidad del sistema. La parte esencial son los datos entrada, proceso y los datos que son administrados por tecnologías de información para la obtención de la estimación de las características fisiográficas de una cuenca e igual que las consultas que están dirigidos a los clientes.

### DIAGRAMA DE CONTEXTO

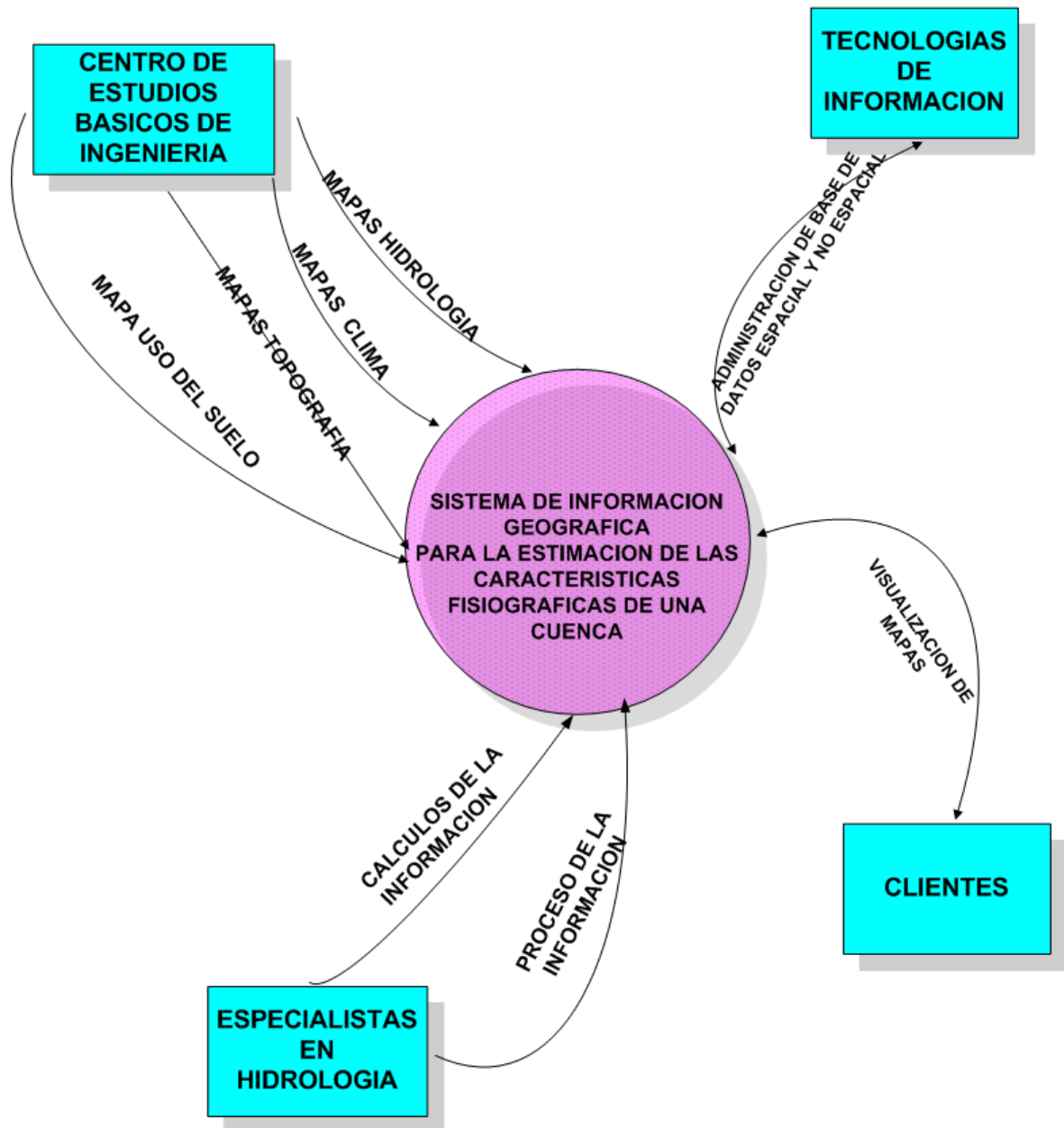


Figura 15 Diagrama de contexto de la aplicación

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.7. Programación**

##### **4.4.7.1. Creación de un prototipo**

La creación del prototipo permite dar una solución a los requerimientos Área de Hidrología a su vez permite realizar los cambios, para disponer que en un futuro desde el momento en que la aplicación sea utilizada por el personal especializado, esta pueda destinarse a otras posibilidades. La implementación del SIG se desarrollo como un plan piloto, dado que esta tecnología no había sido provista en sus funciones. Sin embargo, posee los elementos necesarios para que las personas utilicen la aplicación propuesta y por ende se determine si los requerimientos establecidos inicialmente se han cubierto parcial o totalmente, además que identifiquen las mejoras o inconvenientes que eventualmente puedan alterar el buen desempeño de la aplicación SIG.

##### **4.4.8. Manual del usuario**

Ver anexo 2.

##### **4.4.9. Capacitación**

La capacitación se llevara a cabo con la coordinación de la Oficina de Capacitación de la Dirección de Formación de Personal del ICE, quien generara un adecuado calendario que incluye, fechas, horas y sitios donde se efectuara la capacitación.

Es importante mencionar que se hará uso del manual de usuario ya realizada de la aplicación.

## **CAPÍTULO V**

### **DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## 5.1. Desarrollo de la aplicación

### 5.5.1. Componentes del SIG

El SIG estimación para las características fisiográficas de una cuenca, tendrá los componentes de la figura 16 del cual es conformado por procedimientos, datos, hardware, software y recurso humano.



Figura 16 Diagrama de flujo

Fuente: Elaborado propia

### 5.5.2. Análisis de antecedentes

#### 5.5.2.1. Procedimiento

El trabajo de investigación se inició con la identificación de los objetivos para la obtención de los diferentes parámetros para la estimación de las características fisiográficas de una cuenca, los cuales son elementos para desarrollar el estudio hidrológico como lo son los parámetros físicos siguientes: factor de forma, orientación de la cuenca, curva hipsométrica, índice de capacidad, índice de la

pendiente, pendiente media de los cauces principales, perfiles de los cauces principales, densidad de cauces, densidad de drenaje y uso de la tierra, el caso de estudio es la cuenca del Río Sarapiquí, donde se realiza el estudio de factibilidad para la construcción de una planta hidroeléctrica por el Instituto Costarricense de Electricidadtos de construcción y alineamiento.

Una vez entablados los objetivos del trabajo se prosiguió a elaborar un desarrollo teórico para fundamentar el proyecto de investigación. Luego se estableció la metodología a utilizar en el desarrollo del proyecto. Al establecer estos aspectos se prosiguió con el desarrollo del trabajo.

A partir de esta etapa se realizó en primera instancia una investigación preliminar, que consistió en realizar un estudio de la determinación de requerimientos y las actividades por realizar para su correspondiente evaluación. Se crearon las estructuras de los datos, formalización, modelos y esquema conceptual. Se llevó a cabo una evaluación del sistema administrador de bases de datos y del equipo por utilizar.

Una vez realizado el análisis e implantación del sistema se realizó una evaluación del sistema de información, tomando como primer aspecto el "hardware" y "software" del mismo. Por último, se concluye con la evaluación de los resultados y recomendaciones del trabajo de investigación. La aplicación tiene como fin satisfacer las necesidades actuales tales como: agilizar manipular, analizar y



organizar la información para la obtención de los diferentes parámetros para la estimación de las características fisiográficas de una cuenca, el caso de estudio es la cuenca del Río Sarapiquí.

### 5.5.2.2. Estructura organizativa y de gestión del proyecto

Con el objetivo de coordinar el desarrollo de la aplicación para la estimación para las características fisiográficas de una cuenca, integrado por un grupo de especialistas y un equipo SIG las funciones principales las siguientes:



Figura 17 Estructura del SIG para la estimación de las características fisiográficas

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.3. Captura de datos en formato digital

#### a. Digitalización de la cuenca del Río Sarapiquí

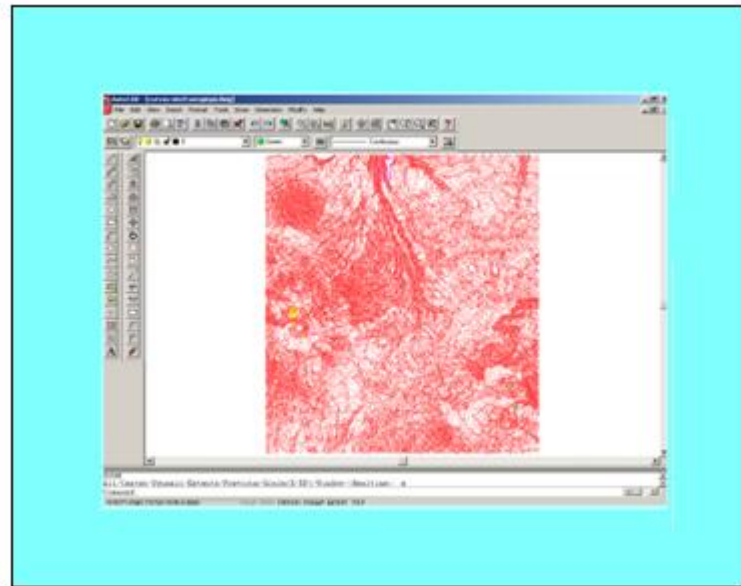
El límite de la cuenca del Río Sarapiquí fue digitalizado por medio de Autocad y fue extraído de las hojas cartográficas Poás y Barba, a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica (IGN) para contar con una mejor definición del límite.



**Figura 18 Límite de la cuenca digitalizada**  
Fuente: Elaboración propia

#### b. Digitalización de las curvas de nivel

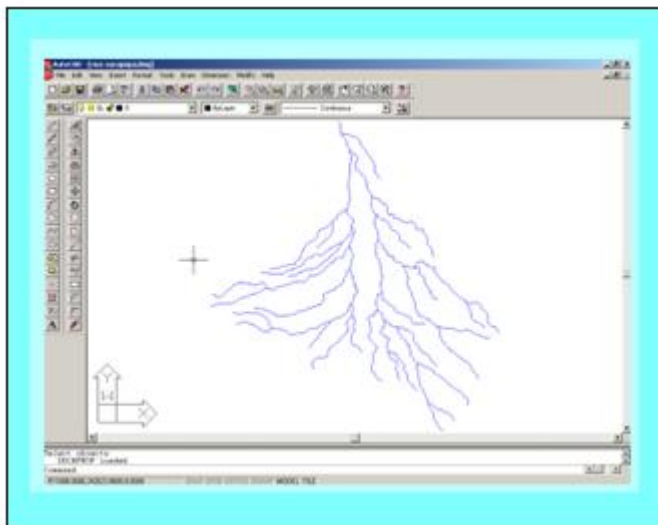
Las curvas de nivel la cuenca del Río Sarapiquí fue digitalizado por medio de Autocad y fue extraído de las hojas cartográficas Poás y Barba a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica (IGN) para contar con una mejor definición en la creación del modelo de elevación del terreno.



**Figura 19** Curvas de nivel hojas cartográficas Poás y Barba  
Fuente: Elaboración propia

### **c. Digitalización de los ríos de la cuenca**

Las curvas de nivel la cuenca del Río Sarapiquí fue digitalizado por medio de Autocad y fue extraído de las hojas cartográficas Poás y Barba, a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica (IGN) para contar con una mejor definición en la creación del Modelo de Elevación Digital



**Figura 20 Ríos de la cuenca del Sarapiquí**

**Fuente: Elaboración propia**

Siendo capturados, levantados y almacenados los estratos de la información geográfica en formato digital se manipulan la información para obtener los parámetros para la estimación de las características fisiográficas hasta el sitio de toma del Río Sarapiquí

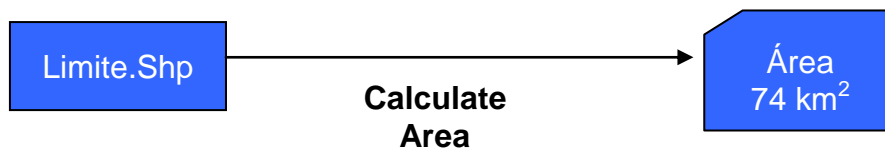
#### 5.5.4. Cálculo de los parámetros físicos de las características fisiográficas de la cuenca hasta el sitio de toma

##### a. Área y Perímetro de la Cuenca

El área es considerada como el parámetro físico básico que define una cuenca. El área de la cuenca está dada por la proyección de la superficie enmarcada por el perímetro de la cuenca y el perímetro de la cuenca es la longitud total de la línea que define la divisoria topográfica de la cuenca por encima de la estación medidora de caudales o punto de referencia.

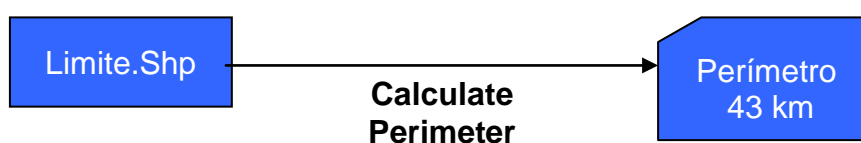
##### Procedimiento para calcular el área de la cuenca:

- Despliego la vista el archivo **límite.shp**,
- Activo la tabla de **Attributes of limite.shp** con la opción **Table** del menú principal, y a la vez selecciono **Start editing**.
- Con la opción **Edit** del menú principal adiciono el campo **area** con la opción **Add field**.
- Selecciono del menú principal la opción **Field**, y seleccionó la opción **calculate**, la cual sirve para calcular el área de la cuenca y escribo la siguiente expresión: **[Shape].ReturnArea / 1000000** y su resultado es de **74 Km<sup>2</sup>** desplegado en el campo **Area** en kilómetros cuadrados de la tabla **attributes of limite.shp**



### Procedimiento para calcular el Perímetro de la cuenca:

- Despliego la vista el archivo **límite.shp**,
- Activo la tabla de **Attributes of limite.shp** con la opción **Table** del menú principal, y a la vez selecciono **Start editing**.
- Con la opción **Edit** del menú principal adiciono el campo **Perimeter** con la opción **Add field**.
- Selecciono del menú principal la opción **Table**, y seleccionó la opción **calculate**, la cual sirve para calcular el área de la cuenca y escribo la siguiente expresión **[Perimeter] / 1000** y su resultado es de **43 Km** desplegado en el campo **Perimeter** en kilómetros de la tabla **Attributes of limite.shp**



### Resultado:

CUENCA	AREA ( Km <sup>2</sup> )	PERÍMETRO (Km)
Río Sarapiquí	74	43

Tabla 4 Áreas de drenaje y perímetros hasta el sitio de toma

Fuente: Elaboración propia

## b. Factor de forma

El factor de forma de la cuenca es importante en las características del hidrograma de descarga del río, el mismo expresa la relación entre el ancho promedio del área de drenaje y la longitud de la cuenca.

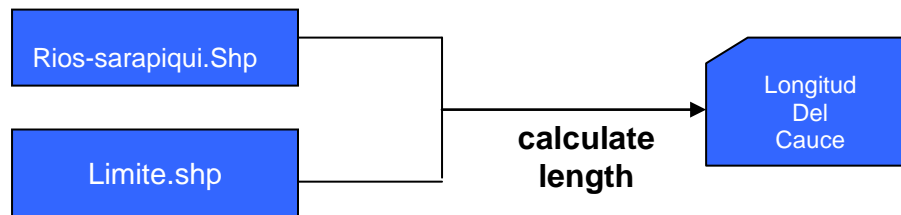
$$F_f = \frac{A}{(L)^2}$$

**Donde:**

- A = Área de la cuenca
- L = Longitud del cauce desde el sitio de toma hasta la divisoria de agua

### Procedimiento para calcular las longitudes de los ríos de la cuenca del Río Sarapiquí:

- Despliego la vista el archivo **limite.shp** y **ríos-sarapiquí.shp**
- Activo la tabla de **Attributes of Ríos-sarapiqui.shp** con la opción **Table** del menú principal, y a la vez selecciono **Start editing**.
- Con la opción **Edit** del menú principal adiciono el campo **Longitud** con la opción **Add field**.
- Selecciono del menú principal la opción **Field**, y seleccionó la opción **calculate**, la cual sirve para calcular el área de la cuenca y escribo la siguiente expresión **[Shape].ReturnLength / 1000** y su resultado es desplegado en el campo **Longitud** en kilómetros de la tabla **Attributes of Ríos-sarapiqui.shp**



**Procedimiento para calcular la longitud del cauce principal del río Sarapiquí desde toma de agua hasta la divisoria de agua:**

- Despliego la vista el archivo **limite.shp** y **ríos-sarapiquí.shp**
- Activo la tabla de **attributes of Ríos-sarapiqui.shp** con la opción **Table** del menú principal, y a la vez selecciono **Start editing**.
- Me posiciono en el campo **categoría** el cual contiene el los datos del río principal.
- Selecciono del menú principal la opción **Field**, y seleccionó la opción **Summarize**, la cual sirve para sumar las longitudes del campo categorias clasificadas como **principal** y escribo la siguiente expresión **Sum/\_Longitud** y su resultado es de **16 km** desplegado en una nueva tabla con el nombre **Suma longitud cauce principal.dbf**.
- La longitud obtenida desde la toma de aguas del río Sarapiquí, hasta la divisoria de aguas de la cuenca, es medida por la opción **measure**, el cual da como resultado **0.85 km**.



El resultado obtenido de los anteriores cálculos de 16 km y 0.85 Km que sumados entre si dan como resultado la longitud total del cauce **L= 16.85 km** de longitud.

$$F_f = \frac{74}{(16.85)^2} = 0.26$$

**Resultado:**

La longitud de los cauces se indica a continuación:

Toma Sarapiquí: 16.85 Km

El factor obtenido es el siguiente:

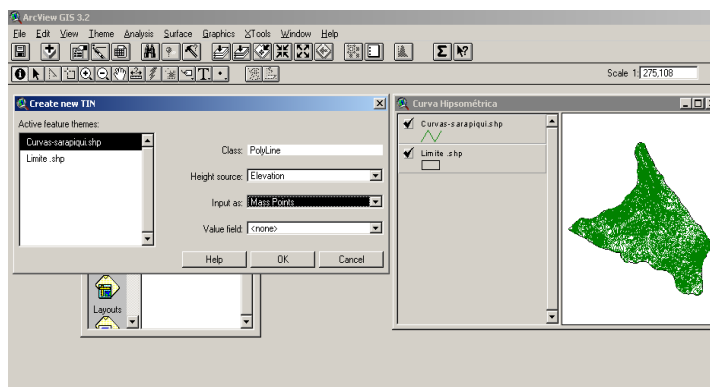
Toma Sarapiquí: 0.26

**c. Curva Hipsométrica****5.5.5. Creación del Modelo Digital del Terreno (TIN)**

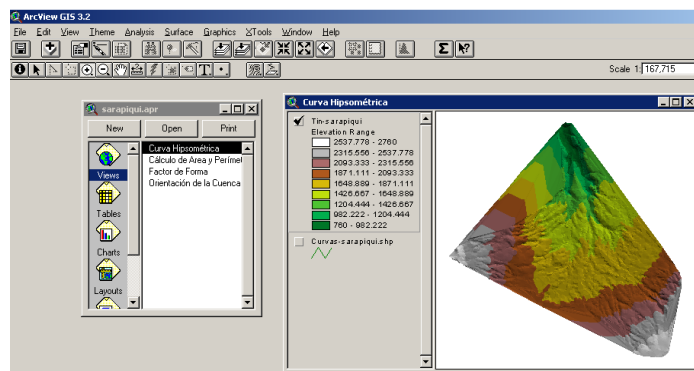
La curva hipsométrica muestra la distribución de la digital versus área acumulada de la cuenca. Para generar la curva hipsométrica es necesario llevar a cabo un proceso de reclasificación del Modelo de Digital del Terreno.

## Procedimiento para generar Modelo Digital del Terreno:

- Despliego la vista las curvas de nivel **curvas.shp**
- En el menú principal escojo la opción **Surface** y a su vez selecciono la opción **Create New TIN**, la cual generara el **TIN**, Tin-sarapiqui

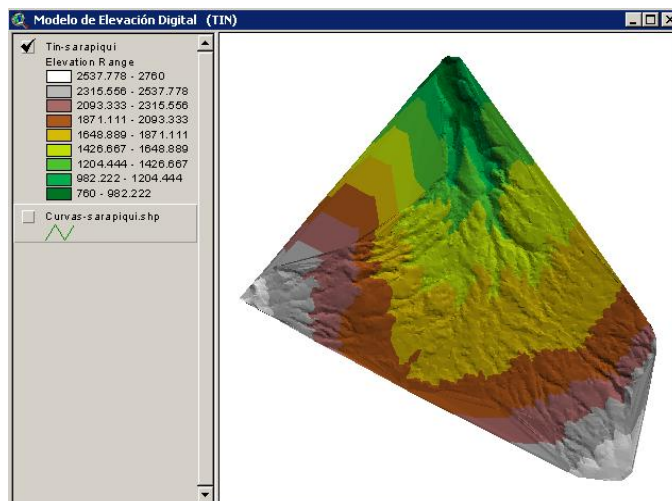


Curvas.shp



tin-sarapiqui.shp

## Resultado mapa final:



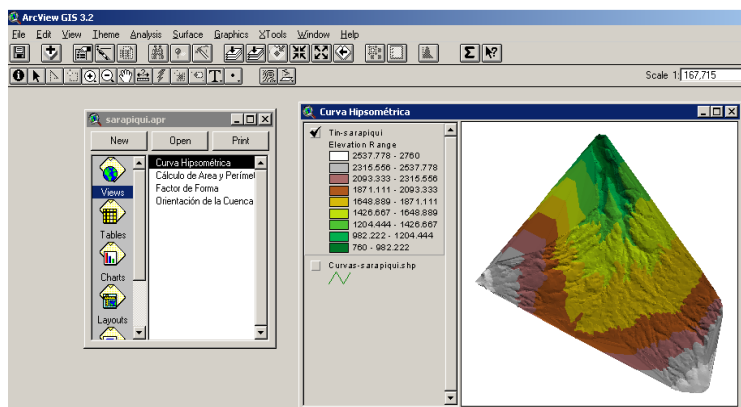
**Modelo Digital del Terreno (TIN)**

Se observa en la leyenda en el Modelo Digital del Terreno que la altitud máxima es de 2760 m.s.n.m. y la altitud mínima es de 760 m.s.n.m.

## Procedimiento para generar Grid

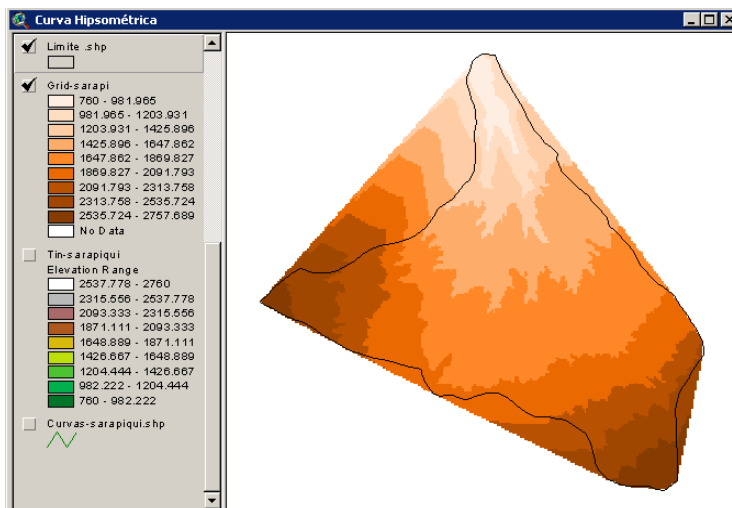
- Despliego la vista el modelo de Digital digital **Tin-Sarapiqui**
- En el menú principal escojo la opción **Theme** y a su vez selecciono la opción **Convert to Grid** la cual sirve para generar el Grid **Grid-Sarapi**
- Para generar el histograma presiono del menú herramientas **Histogram**.





tin-sarapiquí

Resultado mapa final:

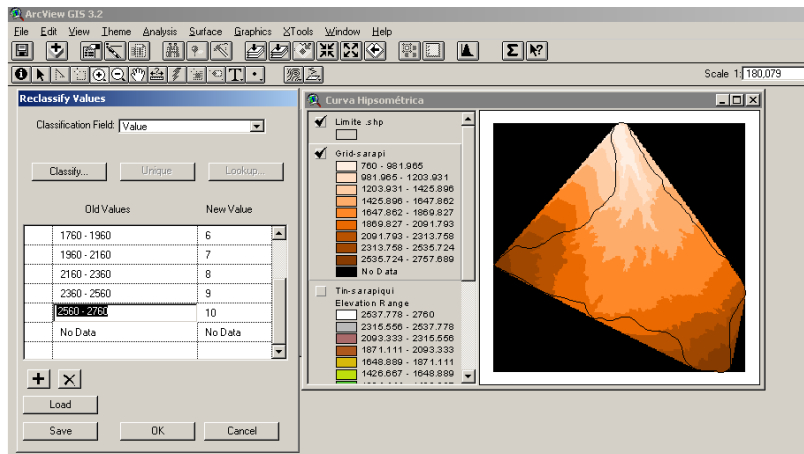


Grid de Sarapiquí

Procedimiento reclasificar el GRID:

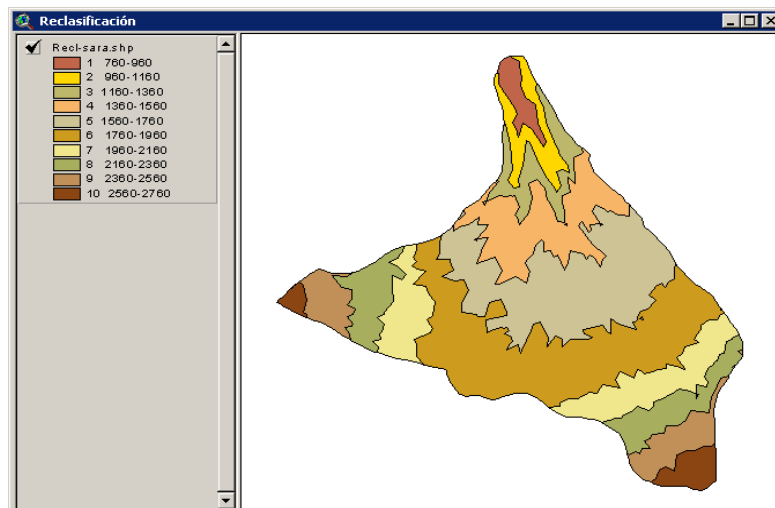
- Despliego la vista el modelo de Digital digital **Grid-Sara**
- En el menú principal escojo la opción **Analysis** y a su vez selecciono la opción **Reclassify** la cual sirve para generar el mapa **Recla-Sarapi**





**Grid-Sara**

**Resultado mapa final:**



**recl-sara.shp**

La reclasificación se dio en 10 rangos de categorías con intervalos de 200 metros quedando así:

Categoría	m.s.n.m.
1	760-960
2	960-1160
3	1160-1360
4	1360-1560
5	1560-1760
6	1760-1960
7	1960-2160
8	2160-2360
9	2360-2560
10	2560-2760

#### d. Calcular áreas entre curvas de nivel

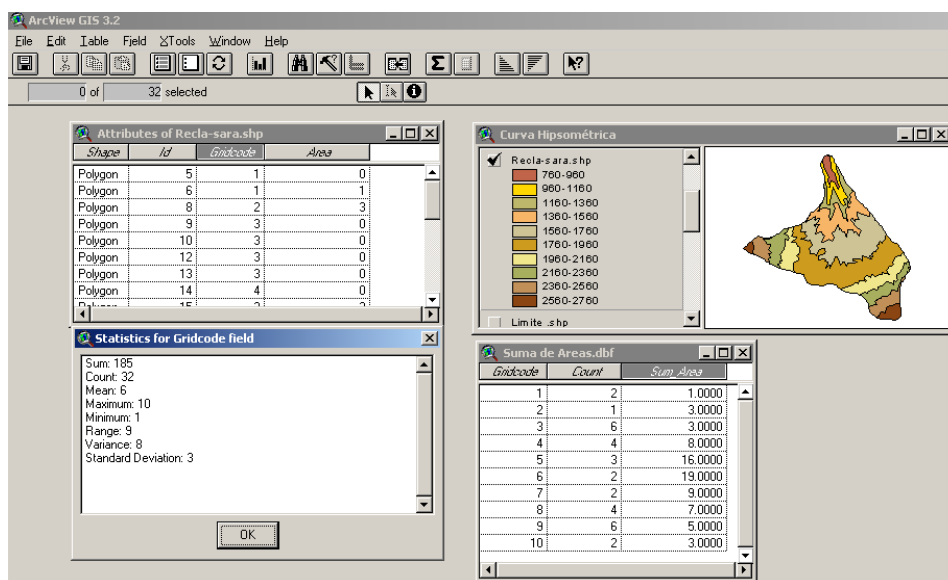
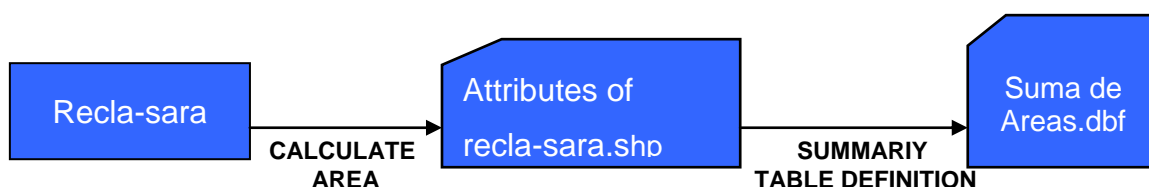
##### Procedimiento para calcular las áreas entre curvas de nivel:

- Despliego la vista el archivo **recla-sara**
- Activo la tabla de **Attributes of recla-sara.shp** con la opción **Table** del menú principal, y a la vez selecciono **Start editing**.
- Con la opción **Edit** del menú principal adiciono el campo **area** con la opción **Add field**.
- Selecciono del menú principal la opción **Field**, y seleccionó la opción **calculate**, la cual sirve para calcular el área reclasificada y escribo la siguiente expresión: **[Shape].ReturnArea / 1000000** y su resultado es

desplegado en el campo **area** en kilómetros cuadrados de la tabla

### Attributes of recla-sara.shp

- Seleccione del menú principal la opción **Field**, y seleccionó la opción **Summarize**, la cual sirve para sumar las áreas entre curvas de nivel del campo **area** y escribo la siguiente expresión **Sum\_area** y su resultado es desplegado en el campo **Sum\_Area** en una nueva tabla con el nombre **Suma de Areas.dbf**. La sumatoria de las áreas entre curvas de nivel y el total coincide con el área total de la cuenca que sería de 74 Km<sup>2</sup>.



**Resultado:**

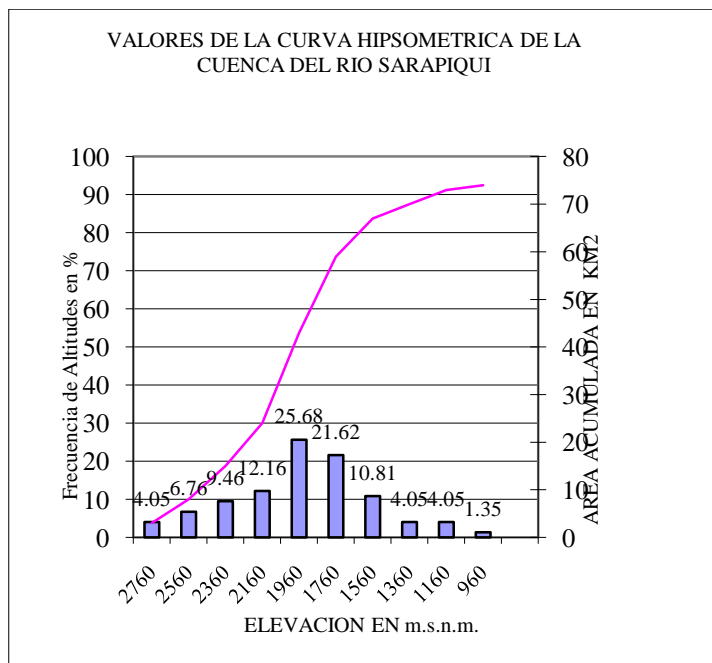
La curva hipsométrica se obtuvo midiendo las áreas entre curvas de nivel y acumulando estos valores en la tabla No. 5 se muestra este procedimiento.

**TABLA No. 5**  
**VALORES DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA**  
**DERIVADOS DEL MODELO DE ELEVACION DIGITAL**

ELEVACION m.s.n.m.	AREA KM <sup>2</sup>	AREA ACUMALADA ACUMULADA	FRECUENCIA DE ALTITUDES EN %	AREA TOTAL EN %
2560	2760	3	3,00	4,05
2360	2560	5	8,00	6,76
2160	2360	7	15,00	9,46
1960	2160	9	24,00	12,16
1760	1960	19	43,00	25,68
1560	1760	16	59,00	21,62
1360	1560	8	67,00	10,81
1160	1360	3	70,00	4,05
960	1160	3	73,00	4,05
760	960	1	74,00	1,35

**Tabla 5 Valores de la curva hipsométrica de la cuenca**

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 21 Gráfico de los valores de la curva Hipsométrica**

**Fuente: Elaboración propia**

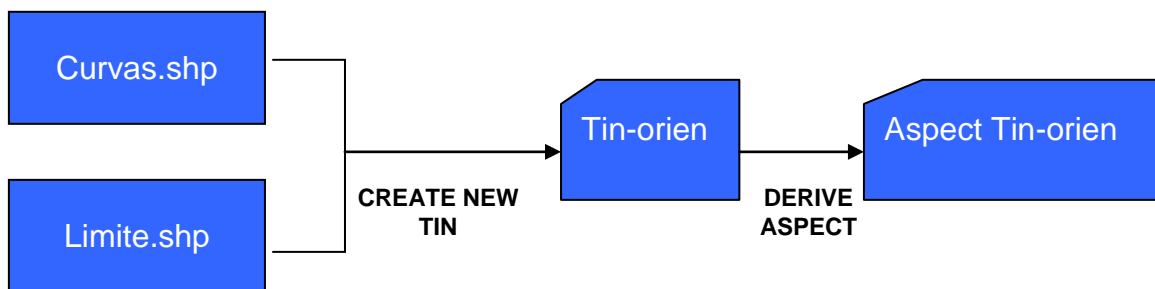


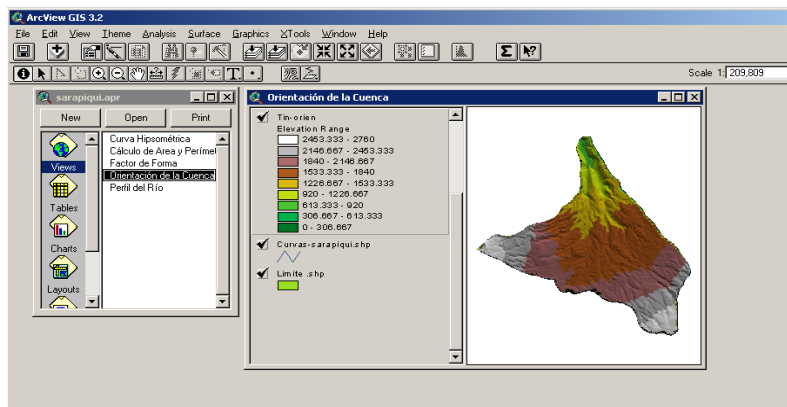
### e. Orientación de la cuenca

La orientación es la dirección geográfica de la pendiente del terreno. Este parámetro interviene en el número de horas que la cuenca es favorecida por la radiación solar. A partir del Modelo de Digital es posible realizar un proceso para generar el aspecto u orientación de las laderas.

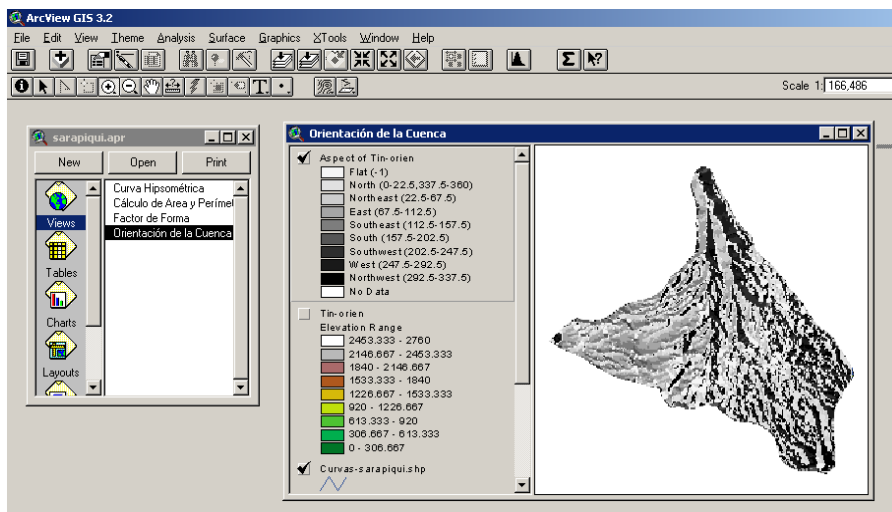
#### Procedimiento generar mapa de orientación

- Despliego la vista en los archivos **curvas.shp** y **limite.shp**
- En el menú principal escojo la opción **Surface** y a su vez selecciono la opción **Create New TIN**, la cual me ayudará a generar el TIN, Tin-orien.
- En el menú principal escojo la opción **Surface** y a su vez escojo la opción **Derive Aspect** para generar el mapa de orientación **Aspect Tin-Orien**



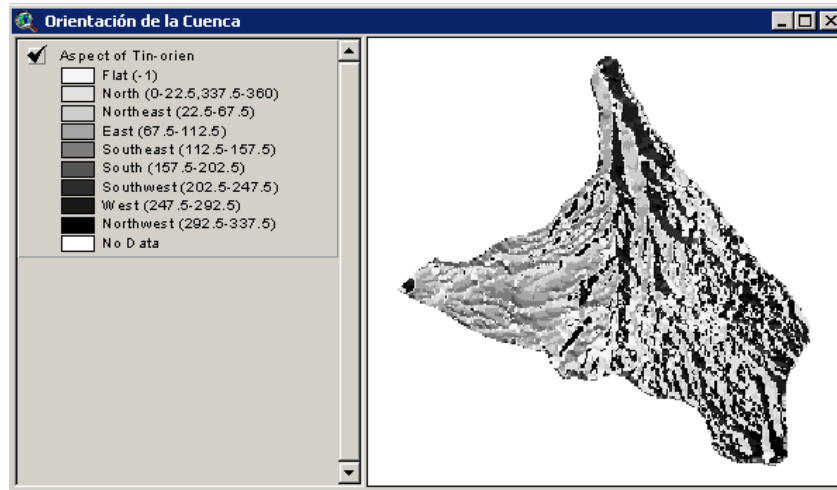


Tin-Orien



aspect of tin-orient

## Resultado mapa final:



aspect of tin-orien

## Resultado:

La cuenca del río Sarapiquí tiene su eje orientado de sureste a noroeste, ubicándose al sureste las zonas más altas y el noroeste las más bajas.

### f. Índice de compacidad

Este índice de una idea de la forma de la cuenca con respecto a la de un círculo que tenga la misma superficie. Valores cercanos a 1 indican que la forma se asemeja a un círculo

Está dado por la fórmula:

$$I_c = \frac{0.28 P}{\sqrt{A}}$$

**Donde:**

P = Perímetro de la cuenca  
 A = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

**Resultado:**

Se puede observar que la toma del Río Sarapiquí presenta valores alejados de la unidad, esto explica la irregularidad de la cuenca del Sarapiquí

$$I_c = \frac{0.28 * 43}{\sqrt{74}} = 1.40$$

**El valor obtenido es el siguiente**

Toma Sarapiquí: 1.40

**g. Índice de Pendiente:**

Está dado por la fórmula:

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{\Delta H_i} B_i}{1000}$$

**Donde:**

- $I_p$  = índice de pendiente  
 $n$  = número de curvas de nivel existente  
 $\Delta H_i$  = Intervalo entre curvas de nivel, en metros  
 $B_i$  = Área entre curvas de nivel dividida por el área total de la cuenca hasta el sitio de presa.  
 $L$  = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente

**Resultado:**

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{17,20}} * \sqrt{\frac{1,31}{100}} = 31,59 \%$$

**El valor obtenido en porcentaje el siguiente:**

Sarapiquí: 31.59 %

**h. Rectángulo equivalente**

El rectángulo equivalente se trata de una transformación geométrica en virtud de la cual se asimila la cuenca a un rectángulo que tenga el mismo perímetro y la misma superficie. De esta forma las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas a los lados menores del rectángulo y donde la desembocadura de la cuenca es uno de estos lados (Llamas, 1993)

$$L = l_c \sqrt{A} \left( 1 + \frac{\sqrt{1 - (1.12)^2}}{l_c} \right)$$

**Resultado:**

$$L = 1.40 \sqrt{74} * 1 + \frac{\sqrt{1 - (1.12)^2}}{1.40} = 17,20$$

**El valor obtenido es el siguiente:**

Sarapiquí: 17,20 Km

### **i. Pendiente media de los cauces principales**

La pendiente de la cuenca tiene una influencia directa o compleja en la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo del río.

**Se obtiene de la formula:**

$$P_m = \frac{H_M - H_m}{1000 L_r}$$

**Dónde:**

$H_M$  = Altura máxima

$H_m$  = Altura mínima

$L_r$  = Longitud del cauce, en Km

**Resultado:**

Los valores de índice de pendiente del río Sarapiquí presenta valores de 12.50 %

$$P_m = \frac{2760 - 760}{1000 * 16} = 12.50\%$$

CUENCA	ALTURA MAXIMA m.s.n.m.	ALTURA MINIMA m.s.n.m.	LONGITUD CAUCE Km <sup>2</sup>	Pm %
Río Sarapiquí	2760	760	16	12.50


**Tabla 6 Densidad de drenaje**  
Fuente: Elaboración propia

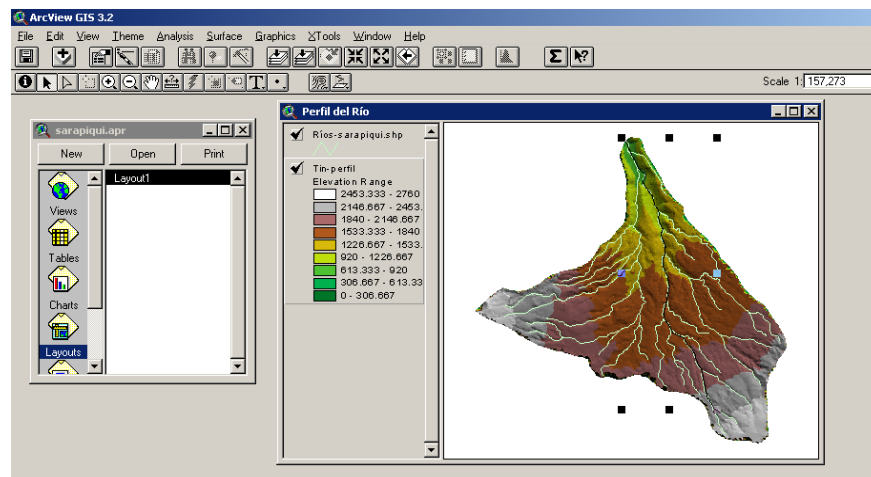
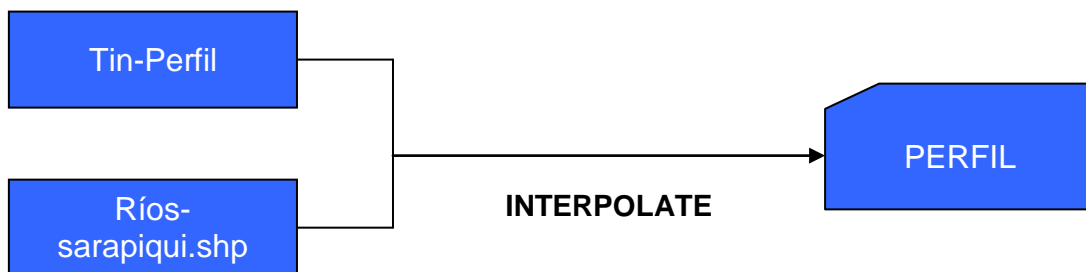
**j. Perfiles del río**

El perfil del río es un gráfico que representa las distintas elevaciones del fondo del río desde su nacimiento hasta la desembocadura de la cuenca

**Procedimiento para generar el perfil del río**

- Despliego la vista de los ríos Río-Sarapiquí y el mapa de Digital del terreno **tin-perfil**

- En el menú de herramientas escojo el botón **Interpolate Line** para generar el perfil trazo una línea siguiendo el río principal
- Para generar el gráfico del perfil entro **Layouts** y escojo de la barra de herramientas el botón **Profile Graphic**  que sirve para crear el gráfico de perfil del río.





## Perfil del Río Sarapiquí Vertical exaggeration 5.6 X

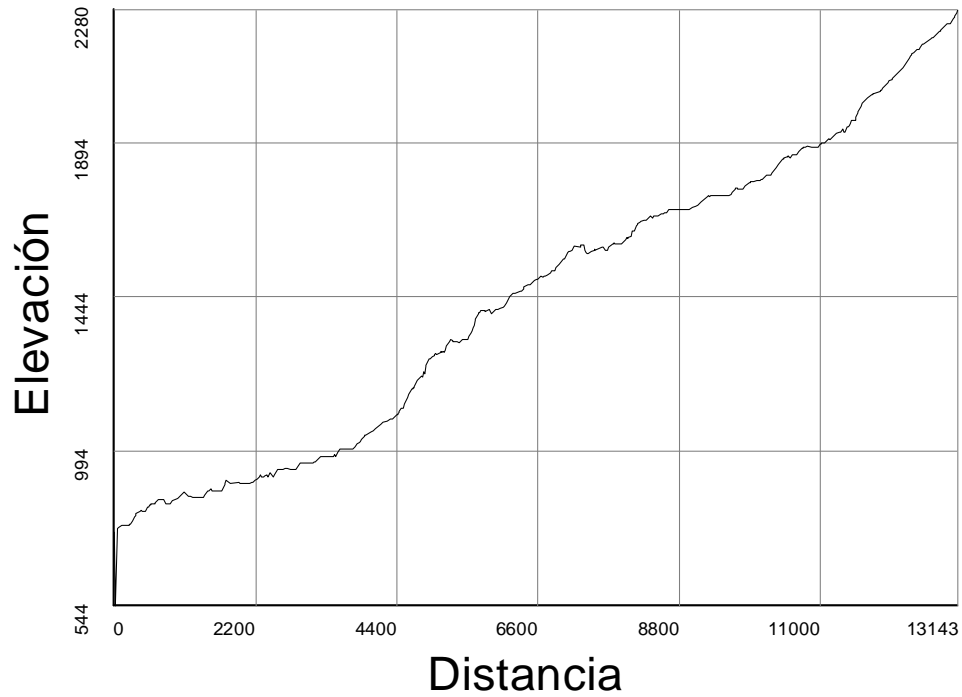


Figura 22 Perfil Longitudinal del Río Sarapiquí

Fuente: Elaboración propia

### k. Densidad del cauce

Está dado por la fórmula siguiente:

$$D_C = \frac{N}{A}$$

**Dónde:**

N = número de cauces de la cuenca

A = área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

$D_c$  = área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

**Resultado:**

$$D_c = \frac{55}{74} = 0.74 \text{ Km}^2$$

**Resultado:**

El valor de la densidad de drenaje es alto lo que indica que la cuenca está bien drenada. La tabla 7 presenta el resultado obtenido:

CUENCA	LONGITUD CAUCES (Km)	AREA CUENCA (Km <sup>2</sup> )	DENSIDAD CAUCES (N/Km <sup>2</sup> )
Río Sarapiquí	55	74.0	0.74

**Tabla 7 Densidad de los cauces**  
Fuente: Elaboración propia

**I. Densidad de drenaje**

La densidad de drenaje expresa la mayor o menor facilidad que tiene una cuenca para evacuar mediante cauces, las aguas después de una precipitación dadas

determinadas condiciones de saturación del suelo. La densidad del cauce expresa como la longitud de los cauces de todos los órdenes por unidad de área

Está dado por la fórmula:

$$D_d = \frac{L}{A}$$

**Donde:**

L = longitud total de los cauces, en Km

A = área de cuenca en Km<sup>2</sup>

D<sub>d</sub> = longitud del cauce por Km<sup>2</sup>

**Resultado:**

$$D_d = \frac{114}{74} = 1.54 \text{ Km}^2$$

La tabla 8 presenta el resultado obtenido el cual concuerda con los de la densidad de drenaje.

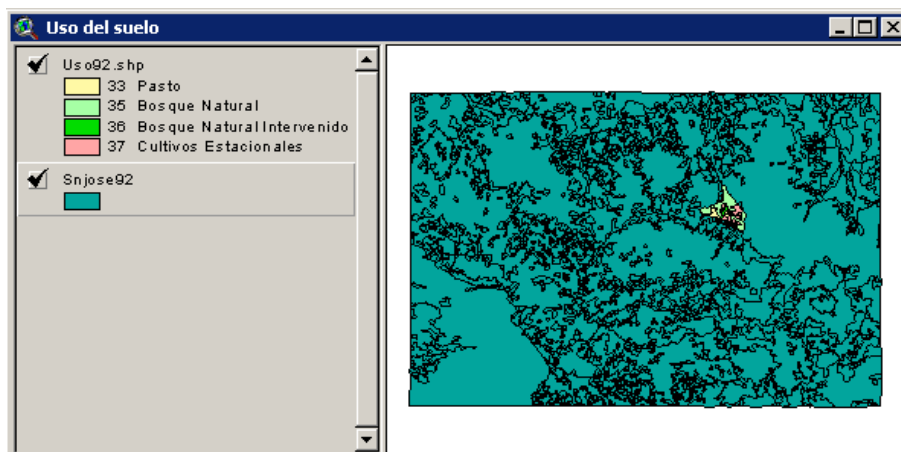
CUENCA	LONGITUD CAUCES (Km)	AREA CUENCA (Km <sup>2</sup> )	DENSIDAD CAUCES (N/Km <sup>2</sup> )
Río Sarapiquí	114	74.0	1.54

**Tabla 8 Densidad de drenaje**  
Fuente: Elaboración propia

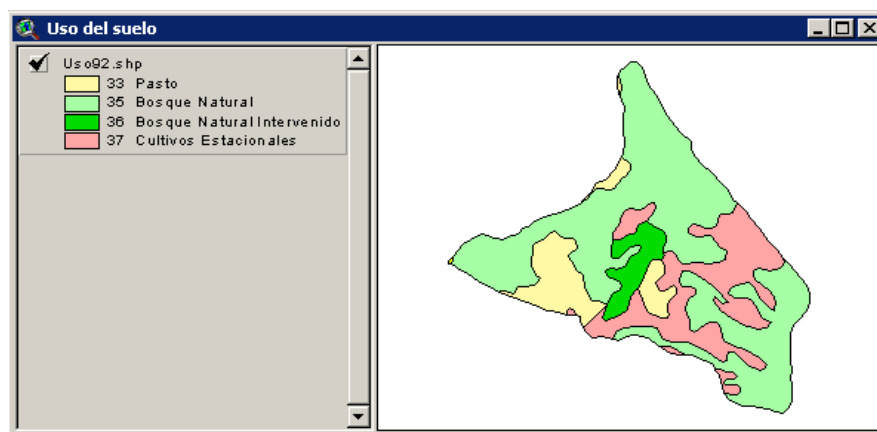
### m. Uso de la tierra

#### Resultado:

Con base en lo observado en el campo y las hojas cartográficas Poás y Barba del Instituto Geográfico Nacional, a escala 1:50.000, edición 1967 se puede determinar que el 80% del área de la cuenca del Río Sarapiquí hasta el sitio de toma esta cubierto el 80% por, bosque natural y bosque natural intervenido y el resto está cubierto de pastos y otros cultivos estacionales (piñales, palmito, plátano, yuca, ñampí y plantas ornamentales



### Resultado mapa de salida:



uso92.shp

### 5.5.6. Desarrollo del Visualizador de Mapas en Visual Basic y MapObjects

El visualizador de mapas tiene como fin satisfacer al usuario en el despliegue de los mapas finales creados en ArcView en formato.SHP. Es una forma rápida de consultar los mapas como también una manera de obtener los resultados de las fórmulas de las características físicas para la cuenca del Río Sarapiquí.

ARCHIVOS SHP	CONTENIDO	TIPO
Curvas-Sarapiquí	Curvas de nivel a escala 1:50.000	Líneas
Esta-Hidro	Ubicación de las Estaciones Hidrológicas, ICE	Puntos
Esta-Meteoro	Ubicación de las Estaciones Meteorológicas del ICE	Puntos
Limite	Límite de la Cuenca del Río Sarapiquí escala 1: 50,000	Polígono
Isoyetas-Sarapiquí	Isolíneas de precipitación , 1970-1989, escala 1:50.000	
Recla-Sara	Reclasificación Final	Polígonos
Ríos-Sarapiqui	Red de Ríos, escala 1:50.000	Líneas
Uso92	Uso del suelo 1992, escala 1:50.000	Polígonos

**Tabla 9 Detalle de archivos geográficos espaciales****Fuente: Elaboración propia**

Las acciones del visualizador de mapas que el usuario puede realizar son las siguientes:

- Agregar Tema
- Borrar Tema
- Copiar Tema
- Imprimir Tema
- Zoom extension
- Zoom más
- Zoom menos
- Desplazamientos
- Identificar tema
- Etiquetar el tema según un campo de la tabla las etiquetas puedan tener diferentes colores y fuentes.
- Ejecutar las formulas de los Parámetros Físicos
- Consultar de los temas los campos de los archivos y desplegarlos (maptips)
- Salir de la aplicación

Para más detalle al usuario se adjunta en los anexos el manual de usuario para consultar la aplicación e igual el código fuente.

### **5.5.7. Resultados experimentados**

Dada la importancia que se maneja en este tipo de estudios se considera necesaria la proyección de Sistemas de Información Geográfica que proveen de rapidez y accesibilidad, para que se realicen los estudios pertinentes a nivel de información geográfica espacial y no espacial, que llevan a optimizar la toma de decisiones disminuyendo los errores que surgen de las operaciones manuales.. La aplicación de esta tecnología dará una alternativa viable y de beneficios tangibles que permitan realizar mejores y más eficientes estudios hidrológicos.

El diseño del visualizador de mapas corresponde a una herramienta desarrollada en código fuente Visual BASIC y MapObjects para que los especialistas puedan manipular, procesar y almacenar los parámetros de la estimación de las características fisiográficas de la cuenca, dicho código se puede actualizar a futuro si se deseara realizar alguna modificación a la aplicación.

### **5.5.8. Concordancia entre resultados y objetivos**

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de la aplicación cumplen con los objetivos, dado que la aplicación satisface las necesidades actuales de los usuarios tales como: agilizar, manipular, analizar y organizar la información.

El uso de los SIG los cuales permiten la creación de bases de datos espaciales y no espaciales que permiten realizar el despliegue de los mapas y datos más

considerados de las características fisiográficas de la cuenca los cuales son elementos para desarrollar el estudio hidrológico. La creación de los modelos de elevación digital del terreno en ArcView y el uso Analista Espacial facilita la tarea de estimación de las características fisiográficas de una cuenca. El desarrollo y creación de un visualizador de mapas finales con ayuda de Visual Basic y MapObjects es una herramienta de fácil uso que ayuda al usuario a:

- Tener acceso rápido y oportuno a la información
- Poder consultar y desplegar los mapas
- Mejorar los resultados de los estudios hidrológicos
- Poder guardar los mapas en formato .BMP para manipularla en otro software.
- Contar con la herramienta rápida, oportuna y actualizada

Las ventajas detectadas son:

- Aumento en la capacidad de toma de decisiones
- Disminución de los costos de operación en dibujo asistido por computadora
- Superación de los niveles de dibujos al análisis espacial y base de datos
- Incorporación de características de base de datos modernas
- Gran experiencia en la institución en este campo
- Facilidad de acceso a los diferentes SIG
- Posibilidad de encontrar SIG en ambientes de red



- Agilidad para la planificación y diseño de estructuras propias del quehacer de la institución
- Soporte de proveedores

Las desventajas detectadas son:

- Alto costo de software y hardware
- Inexistencia de cartografía completa del país
- Desactualización de la cartografía del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.
- Necesidad de conocimiento de las herramientas SIG, por los distintos usuarios.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1. Conclusiones y recomendaciones

### 6.1.1. Conclusión general

- La aplicación del Sistema de Información Geográfica, se efectuó mediante el análisis de requerimientos, y la estructuración de procesos aplicando conceptos de Calidad Total que están siendo aplicados en la institución.
- El SIG tiene posibilidades de perseverar, en tanto existan proyectos a los cuales se pueda aplicar dicha tecnología y podría servir de apoyo a las diversas gestiones del que hacer de la institución.
- Los modelos de elevación digital dan una detallada y precisa información y reducen el tiempo de proceso que se lleva a cabo manualmente.
- El MapObjects y VisualBasic proveen las herramientas necesarias para crear aplicaciones con capacidades SIG como son: visualizar Mapas · Búsquedas Geográficas · Análisis Geográfico, por lo tanto satisface los usuarios.
- Esta tecnología hace surgir implicaciones administrativas que por sí mismas se generan de los sistemas como lo son políticas de respaldo, usuarios, mantenimiento, capacitación, entre otros.
- Contar con personal capacitado para poder operar y aplicar satisfactoriamente con este tipo de tecnología.

### 6.1.2. Recomendación general

- Para el buen desempeño de la aplicación de SIG se recomienda darle seguimiento a la aplicación SIG, dejando de un lado la perspectiva de proyecto piloto, que fue la base para la constitución del mismo.
- Para asegurar una base técnica en la utilización amplia y productiva de esta tecnología, es importante, tener presente que se cuenta con el respaldo de la institución para la implementación de este tipo de tecnología.

Una vez lograda la aplicación del sistema, también se recomienda:

- Alimentar al sistema con información espacial y no espacial actualizada.
- Ampliar la capacidad del equipo utilizado en el manejo de los SIG, siguiendo de guía la configuración deseable que se especifica en el punto 5.4., de este mismo capítulo, con el objeto de obtener tiempos de respuesta rápidos y disminución de errores.
- Realizar estudios que logren un mayor alcance en el aprovechamiento de esta tecnología.
- Contar con el presupuesto necesario, para solventar los diversos gastos que se generan a partir del SIG, como lo son las giras de reconocimiento de campo y los gastos implícitos de papelería y mantenimiento de equipo.
- Detectar posibles usuarios en la organización
- Intercambiar información con instituciones para agilizar la base de datos.

### 6.1.3. Análisis preliminar

- **Objetivo específico**

Realizar el estudio preliminar del sistema de información actual, para determinar las razones que justifican el desarrollo de la nueva aplicación.

- **Conclusión**

Por medio de las entrevistas y la observación realizada, se permitió conocer la necesidad de manipular altos volúmenes de información que sirven como insumo básico en la planificación de proyectos hidroeléctricos para el desarrollo para el país.

Dada la importancia, que se maneja en este tipo de estudios se considera necesaria la proyección de Sistemas de Información Geográfica que provean rapidez y accesibilidad, para realizar estudios pertinentes a nivel de información espacial y no espacial, que llevan a optimizar la toma de decisiones con una menor propensión a errores y con disponibilidad mayor para realizar los análisis necesarios.

- **Recomendación**

Dado que el SIG, es una herramienta que genera resultados complejos, su aplicación resulta de utilidad al Área de Hidrología del Instituto Costarricense de Electricidad, ya que sus actividades requieren productos rápidos y

accesibles, pues maneja no sólo altos volúmenes de información espacial y no espacial, sino que también tiene la capacidad de efectuar análisis y cálculos con dicha información, que se requieren para tomar decisiones oportunas en el desenvolvimiento de los proyectos hidroeléctricos. Este tipo de tecnología permite la agilización en el tratamiento de la información que deriva del campo, y de los parámetros que se manejan para la realización de los estudios hidrológicos.

#### **6.1.4. Requerimientos**

- **Objetivo específico**

Realizar el estudio de necesidades que permita identificar los requerimientos del nuevo sistema.

- **Conclusión**

Mediante el análisis preliminar se determinó los requerimientos básicos del sistema, reconociendo como principal objetivo el manejo de información espacial y no espacial, en forma conveniente tanto para su manipulación como para su análisis.

De esta manera, es conveniente rescatar que la utilización de un SIG, viene a satisfacer las necesidades que surgen de las operaciones manuales del Área de Hidrología.

- **Recomendación**

Un elemento fundamental que interviene en el SIG, en cuanto a información espacial, es como se realiza la adquisición de los datos. Este factor, se refiere a que la información que se adquiera será en la que se base todo el sistema. Por esto, se recomienda un mayor cuidado en la creación de una base cartográfica completa y con la precisión requerida, que satisfaga al usuario del sistema.

Por otra parte, se sugiere que la información no espacial sea actualizada constantemente, dado que de esta se manipulan cantidades considerables de información.

#### **6.1.5. Arquitectura de base de datos**

- **Objetivo específico**

Determinar la arquitectura óptima para la Base de Datos y sus relaciones.

- **Conclusión**

Se estableció que el modelo relacional es el tipo de arquitectura que debe utilizarse al manejar datos tabulares y que el modelo jerárquico se utiliza a nivel de información espacial.

- **Recomendación**

Dado que la base de datos se maneja con identificadores referidos a la información espacial, se considera previsoramente la utilización de base de datos que provean tablas

con la información ya calculada para que sea manejada sin problema alguno en el SIG.

#### **6.1.6. Requerimientos de hardware y software**

- **Objetivo específico**

Identificar los requerimientos de "hardware" y "software" necesarios para realizar la implementación de la nueva aplicación.

- **Conclusión**

Existen actualmente versiones de SIG accesibles para PC que pueden ser adquiridas en el mercado nacional. Sin embargo, se determinó que para realizar la implementación del SIG se utilizaría ArcView. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) cuenta con este "software" para dicha adaptación y con la respectiva licencia con un ambiente amigable para el usuario y constituye la base en la cual el ICE ha realizado los cursos de capacitación en sistemas de información geográfica, además, su costo es barato en comparación con otros. Se acordó que el "hardware" que debe utilizarse en la implantación de un SIG posee una configuración básica con las características sugeridas en el punto 4.4.2. Además, contar con una impresora láser a blanco y negro, o en su defecto, de inyección de tinta a color sería lo recomendable. Se podría pensar en la opción de comprar un plotter se utilizaría para trabajos finales o dibujos que necesiten mucha precisión.



- **Recomendación**

En lo concerniente al "hardware", el Departamento de Hidrología del ICE, podría considerar la necesidad de utilizar un equipo y los dispositivos necesarios que posean todas las características deseables y requeridas para que el SIG se desempeñe sin problema alguno. Por otra parte, el "software" para realizar la aplicación del sistema no implica mayor dificultad, debido a que este se utiliza en la institución.

Sin embargo, es recomendable considerar la necesidad de estar actualizado con el "software" que se utiliza, por eso se debe plantear la necesidad que se mantenga comunicación constante con los distribuidores.

#### **6.1.7. Relación costo-beneficio**

- **Objetivo específico**

Precisar el costo beneficio para la implementación del sistema propuesto.

- **Conclusión**

La implementación de una aplicación SIG, constituye una alternativa de valor que se define a partir de los beneficios que se obtienen en comparación con los costos en los que se incurrió para realizar la aplicación del sistema.

El aprovechamiento de los recursos de "software" consolida la aplicabilidad del SIG en el Área, dado que como se mencionó en el apartado 4.4.3., del capítulo cuatro donde no se incurrió en costos relativamente altos, sino más en los "software" previstos por parte de la institución.

Por otra parte, se debe considerar que el costo por la recopilación de la información por medio de sensores remotos puede ser elevado, sin embargo, para el proyecto no representó obstáculo alguno dado existen convenios con el PRIAS, que facilitan la obtención de dichas imágenes si fueran necesarias ser incluidas en la aplicación a futuro.

También es preciso considerar la necesidad de realizar las giras de reconocimiento de campo para obtener puntos de control sobre uso del suelo, las cuales son financiadas por el presupuesto del proyecto.

#### ▪ **Recomendación**

Dado los beneficios que surgen de la implementación de un SIG, es recomendable considerar la aplicación de esta tecnología no sólo como plan piloto, sino como una alternativa viable y de beneficios tangibles tales como, el aumento de toma de decisiones que deriva de los análisis generados por el sistema.

### 6.1.8. Implicaciones administrativas

- **Objetivo específico**

Identificar las implicaciones administrativas va a generar el nuevo sistema.

- **Conclusión**

Para el personal del Área de Hidrología, donde se realizan los Estudios Hidrológicos, se generan beneficios que intervienen directamente con la ejecución de proyectos hidroeléctricos del ICE, se considera que la implementación del SIG trae consigo mejoras en el rendimiento de las tareas y en el aprovechamiento del tiempo de ejecución de las mismas.

Además, surgen implicaciones administrativas que por sí mismas se generan del sistema, como lo son las políticas de respaldo, usuarios, mantenimiento, capacitación, entre otros.

- **Recomendación**

Por parte de la administración es recomendable considerar la necesidad de proveer el equipo deseable para trabajar con los SIG, para que se posea el rendimiento y aprovechamiento en tiempos de respuesta que se puede obtener de los SIG.

Además se podría facultar al personal encargado del SIG, brindando apoyo, con el objeto de buscar nuevos horizontes en la aplicación de tecnologías relacionadas con los SIG.

### **6.1.9. Entradas, procesos y salidas**

- **Objetivo específico**

Determinar las entradas, procesos y salidas del sistema propuesto, utilizando las técnicas apropiadas, que permitan la conceptualización y evaluación de resultados.

- **Conclusión**

Un sistema de información geográfica implica un cambio conceptual en el análisis y diseño de esta herramienta. Las técnicas para definir entradas, procesos y salidas son la utilización de esquemas de flujo que indican los resultados de procedimientos ejecutados. Sin embargo, la generalización de los procesos se puede adecuar a las especificaciones del análisis estructurado, utilizado para crear el modelo conceptual del sistema.

Los procedimientos trabajados en el sistema son:

1. Entrada de datos, donde se constituyen las imágenes con procesos como la digitalización, conversión, rasterización, georeferenciación y corrección o actualización de las mismas, y en cuanto a datos tabulares intervienen el proceso de depuración de los datos.
2. Manipulación de la información. Donde el procesamiento de imágenes tiene que ver con la generación de modelos de elevación digital y la clasificación de imágenes de satélite. Y la información tabular es estructurada en base de datos.
3. Salida de la información, proceso en el cual se manipula el despliegue de los mapas, las aplicaciones y cálculos que se puedan generar con especificaciones técnicas del área de estudio.

#### ▪ **Recomendación**

Dados los impedimentos que un SIG tiene como sistema no tradicional de procesamiento de datos, es aconsejable buscar material de apoyo que permita analizar y diseñar un modelo conceptual que sirva de guía en los procedimientos conjuntamente.

### **6.1.10. Prototipo**

- **Objetivo específico**

Desarrollar un prototipo con la finalidad de obtener el modelo óptimo del sistema propuesto.

- **Conclusión**

Al determinar las especificaciones del trabajo se consideró necesario el tratamiento del mismo como un plan piloto. Al desarrollar el prototipo se concluyó que se depende de esta variable, para continuar con la implementación del SIG, para ser utilizado en otras aplicaciones similares a la del trabajo elaborado, o en otras regiones de interés.

El prototipo dispuso múltiples factores y combinaciones de ellos, logrando que una vez ubicada la alternativa acertada, se logre minimizar los costos y errores, y maximizar las soluciones.

- **Recomendación**

Dado que el plan piloto referente a la aplicación del SIG se efectuó es recomendable que se le de seguimiento a la implementación de este tipo de tecnología. Se debe considerar, que para no caer en gastos innecesarios, o bien

altos costos, la planificación y conocimiento a priori que involucra la aplicación de un SIG, debe estar bien determinada y enfocada a los requerimientos del Área de Hidrología, ya que de no ser así, pueden realizarse esfuerzos innecesarios o duplicidad de las tareas.

#### **6.1.11. Manual de usuario**

- **Objetivo específico**

Elaborar un manual de usuario que especifique los procedimientos para el uso del nuevo sistema.

- **Conclusión**

Se desarrollo un manual de usuario que describe la forma de utilizar correctamente el sistema, el cual abarca y explica los procedimientos básicos utilizados en la aplicación del SIG.

- **Recomendación**

Se considera oportuno recomendar la utilización del Manual de usuario que paso a paso el uso de la aplicación.

### **6.1.12. Capacitación**

- **Objetivo específico**

Definir la capacitación al usuario, para que le permita el manejo óptimo del nuevo sistema.

- **Conclusión**

La Oficina de Capacitación de la Dirección de Formación de Personal del ICE, realiza cursos de capacitación continuamente. De hecho, los principales usuarios del Área de Hidrología han sido instruidos en el aprovechamiento de los SIG, lo implica una mayor aceptación del sistema y mejor uso del mismo.

- **Recomendación**

Sería recomendable que el personal operativo Área de Hidrología siga siendo instruido, para que así no sólo los especialistas se involucren con esta clase de sistemas, sino que se reconozca la habilidad en otros funcionarios y se llegue a una mayor utilización del sistema. Además, que aprenda a modelar y combinar sus conocimientos y experiencias específicas de acuerdo con su especialidad.



**CAPÍTULO VII**

**BIBLIOGRAFIA**

## 7.1. BIBLIOGRAFIA CITADA

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados: Cuencas Hidrográficas. "Un tesoro que debemos cuidar". San José, Costa Rica: AyA s.f.

Instituto Costarricense de Electricidad, Plantas Hidroeléctricas del ICE, San José, Costa Rica. S.f., p. 1.

Díaz Delgado, Mamado Khalidou, Iturbe Antonio, Esteller Vicente, Reyna Francisco. (1999). Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: Caso del curso alto del Río Lerma, Estado de México. Toluca, México, Ciencia Ergo Sum, pp. 124-134.

Comas y Ruiz (1993). Capítulo cuarto, modelos y estructuras de datos Extraído el 12 enero de 2011 desde <http://www2.uca.es/dept/filosofia/TEMA%204.pdf>

Universidad de Girona, UNIGIS. (2002). Módulo 2, Modelados de datos espaciales. p.p. 4-1.

Saborío, Javier. (1995, agosto). Curso: Sistemas de Información Geográfica. Instituto Costarricense de Electricidad. Subgerencia Desarrollo y Relaciones Humanas. Dirección de Información. p. 5.

Burrough, P.A. (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press. p. 194.

Pattillo B., Carlos y otros. (1992). Texto Guía y Ejercicios en Sistemas de Información Geográficos. Pontificia Universidad Católica de Chile. Programa Percepción Remota y SIG.

Guevara, J. Armando. (1987). Guía para la Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la Planificación Regional y Nacional. Environmental Systems Research Institute. California. p. 306.

Cowen, D.J. (1988). "GIS versus CAD versus DBMS: What are the Differences?", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. p. 11

- Van Westen, C.J.; Monse Ferrer i, Julia y E. García Melendez.: Introducción a los sistemas de Información Geográfica: Con énfasis en el Sistema ILWIS (Integrated Land and Watershed Information System). International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). Universidad de Salamanca, España. s.f.
- Senn, James A. (1992). Análisis y Diseño de Sistemas de Información. Segunda Edición. México: McGraw-Hill Interamericana de México, S.A..
- Korth, Henry F. y Abraham Silberschartz. (1993). Fundamentos de Bases de Datos. 2da Edición. España, Madrid. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A. . p.7.
- Alan, Freedman. (1991-1993). Diccionario de Computación. The computer Language Co. Inc.
- Barrantes Echeverria, Rodrigo. (2008). Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo. San Jose C.R EUNED, p. 65.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**ENTREVISTAS Y CUESTIONARIOS**

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y uso de Modelos de Elevación Digital del Terreno para la Estimación de las Características Fisiográficas de una Cuenca hidrográfica.  
Caso de estudio: Cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica**

**ENTREVISTA 1  
DIRIGIDA AL JEFE DEL AREA DE HIDROLOGIA**

**Erlyn Priscilla Durán Torres**

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

**Quito**

**Febrero de 2011**

## Entrevista 1

### JEFE DEL AREA DE HIDROLOGIA

1. ¿Qué tan necesario es la implantación y manejo de un Sistema de Información Geográfica?
2. ¿Cuáles son los aspectos más relevantes e importantes en el Sistema de Información Geográfica?
3. ¿Cuál sería el personal que deba tener acceso al SIG?
4. ¿Quién va a manejar el sistema y en caso de realizarse modificaciones quién o quiénes van a ser los responsables de llevarlo a cabo?
5. ¿Qué objetivos deben lograrse a través de un SIG a nivel administrativo?

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y uso de Modelos de Elevación Digital del Terreno para la Estimación de las Características Fisiográficas de una Cuenca hidrográfica.  
Caso de estudio: Cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica**

**ENTREVISTA 2  
DIRIGIDA A los ESPECIALISTAS EN ESTUDIOS  
HIDROLÓGICOS**

**Erlyn Priscilla Durán Torres**

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

**Quito**

**Febrero de 2011**



## ENTREVISTA 2

### DIRIGIDA A LOS ESPECIALISTAS EN ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

1. ¿Actualmente que es lo que se hace para manipular información gráfica y realizar los respectivos análisis?
2. ¿Cómo se hace para manipular los procesos con base en este tipo de información?
3. ¿Con qué frecuencia se presentan los procesos basados en datos geográficos?
4. ¿Qué tan grande, en la toma de decisiones para interpretaciones gráficas?
5. ¿En qué jerarquía de eficiencia se efectúan las tareas manuales?
6. ¿Cuales problemas existen con el cumplimiento de procesos manuales?
7. ¿Qué causas originan las dificultades en los procesos manuales?  
¿Qué provocan estos inconvenientes?
8. ¿Cuáles serían las principales ventajas que brindara la implementación de un Sistema de Información Geográfica?
9. ¿Quienes son los usuarios finales del sistema por implementar?
10. ¿Que capacitación deberán tener los usuarios para utilizar un SIG?

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y uso de Modelos de Elevación Digital del Terreno para la Estimación de las Características Fisiográficas de una Cuenca hidrográfica.  
Caso de estudio: Cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica**

**ENTREVISTA 3  
DIRIGIDA A LA JEFAFURA DE TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN**

**Erlyn Priscilla Durán Torres**

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

**Quito**

**Febrero de 2011**

### Entrevista 3

#### 1 DIRIGIDA A LA JEFAFURA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

1. ¿Cuáles son los aspectos que se deben considerar para realizar la evaluación del sistema?
2. ¿Cuáles son los requerimientos o necesidades que justifican el desarrollo del sistema?
3. ¿Qué aspectos deben considerarse para precisar el costo beneficio para el diseño, desarrollo e implantación del sistema propuesto?
4. ¿Qué implicaciones administrativas va a generar el nuevo sistema?
5. ¿Qué técnicas emplea para definir las entradas, procesos y salidas, que permitan la conceptualización y evaluación de resultados?

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y uso de Modelos de Elevación Digital del Terreno para la Estimación de las Características Fisiográficas de una Cuenca hidrográfica.  
Caso de estudio: Cuenca del Río Salpiqué, Costa Rica**

**GUIA DE OBSERVACION**

**Erlyn Priscilla Durán Torres**

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

**Quito**

**Febrero de 2011**

### Guía de Observación

Lugar: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Observador: \_\_\_\_\_

Observado: \_\_\_\_\_

#### Aspectos a considerar en la observación

1. Procesos manuales

---

---

---

---

---

2. Manipulación de datos

---

---

---

---

---

**3. Preparación de la información gráfica**

---

---

---

---

---

**4. Resultados finales**

---

---

---

---

---

**5. Otras características de los procesos observados**

---

---

---

---

---

---

---

**ANEXO 2**

**MANUAL DE USUARIO**

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y uso de Modelos de Elevación Digital del Terreno para la Estimación de las Características Fisiográficas de una Cuenca hidrográfica.  
Caso de estudio: Cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica**

**MANUAL DE USUARIO  
VISUALIDADOR DE MAPAS**

**Erlyn Priscilla Durán Torres**

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

**Quito**

**Febrero de 2011**



## Tabla de contenido

1. Introducción.....	164
2. Archivos utilizados.....	164
3. Programas para realizar la aplicación .....	165
4. Componentes necesarios.....	165
5. Programas fuentes .....	166
6. Para entrar a la aplicación.....	167
6.1. Formulario Inicio.....	167
6.2. Formulario vista.....	168
6.3. Formulario agregar tema.....	170
6.4. Formulario borrar tema.....	171
6.5. Formulario imprimir mapa .....	173
6.6. Formulario Identifica.....	176
6.7. Formulario etiqueta .....	177
6.8. Formulario propiedades del tema.....	178
7. Status bar .....	180
7.1. Formulas de los parámetros físicos .....	181
7.2. Formulario de los parámetros características fisiográficas.....	181
7.3. Factor de forma.....	182
7.4. Índice de compacidad .....	182
7.5. Índice de pendiente .....	183
7.6. Pendiente media .....	184
7.7. Densidad de los cauces .....	184
7.8. Densidad de drenaje .....	185
8. Bibliografía.....	186

## LISTA DE FIGURAS

<b>Número de figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
Figura 23	Componentes .....	166
Figura 24	Formulario de inicio .....	167
Figura 25	Formulario vista .....	168
Figura 26	Barra de herramientas.....	169
Figura 27	Formulario agregar tema.....	170
Figura 28	Ejemplo añadir tema .....	171
Figura 29	Formulario borrar tema.....	171
Figura 30	Ejemplo borrar tema.....	172
Figura 31	Copiar Tema .....	172
Figura 32	Formulario imprimir mapa .....	173
Figura 33	Ejemplo formulario imprimir mapa.....	173
Figura 34	Zoom más .....	174
Figura 35	Zoom menos .....	175
Figura 36	Pan.....	175
Figura 37	Formulario identifica .....	176
Figura 38	Ejemplo de Formulario identifica .....	176
Figura 39	Formulario Etiqueta .....	177
Figura 40	Ejemplo Etiquetar Temas .....	177
Figura 41	Formulario Propiedades del tema .....	178
Figura 42	Ejemplo Formulario propiedades del tema.....	179
Figura 43	MapTips .....	180
Figura 44	Formulario de los parámetros características fisiográficas.....	181
Figura 45	Factor de forma .....	182
Figura 46	Índice de compacidad .....	183
Figura 47	Índice de pendiente .....	183
Figura 48	Pendiente media .....	184
Figura 49	Densidad de los cauces .....	184
Figura 50	Densidad de drenaje .....	185

**LISTA DE TABLAS**

<b>Número de tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
Tabla 10	Archivos de la aplicación .....	164
Tabla 11	Componentes del menú Visual Basic .....	165

## 1. Introducción

El objetivo es crear una aplicación que permita visualizar los archivos de formato **.SHP** que fueron generados en ArcView.

## 2. Archivos utilizados

La práctica incluye los archivos, encontrados en el directorio C:\ERLYN DURAN-TFM\MAPAS SARAPIQUI\ a saber:

ARCHIVOS SHP	CONTENIDO	TIPO
Curvas-Sarapiquí	Curvas de nivel a escala 1:50.000	Líneas
Esta-Hidro	Ubicación de las Estaciones Hidrológicas, ICE	Puntos
Esta-Meteoro	Ubicación de las Estaciones Meteorológicas del ICE	Puntos
Limite	Límite de la Cuenca del Río Sarapiquí escala 1: 50,000	Polígono
Isoyetas-Sarapiquí	Isolíneas de precipitación , 1970-1989, escala 1:50.000	
Recla-Sara	Reclasificación Final	Polígonos
Ríos-Sarapiquí	Red de Ríos, escala 1:50.000	Líneas
Uso92	Uso del suelo 1992, escala 1:50.000	Polígonos

**Tabla 10 Archivos de la aplicación**

- Agregar Tema
- Borrar Tema
- Copiar Tema
- Imprimir Tema
- Zoom extension
- Zoom más
- Zoom menos

- Desplazamientos
- Identificar tema
- Etiquetar el tema según un campo de la tabla las etiquetas puedan tener diferentes colores y fuentes.
- Ejecutar las formulas de los Parámetros Físicos
- Consultar de los temas los campos de los archivos y desplegarlos (maptips)
- Salir de la aplicación

### 3. Programas para realizar la aplicación

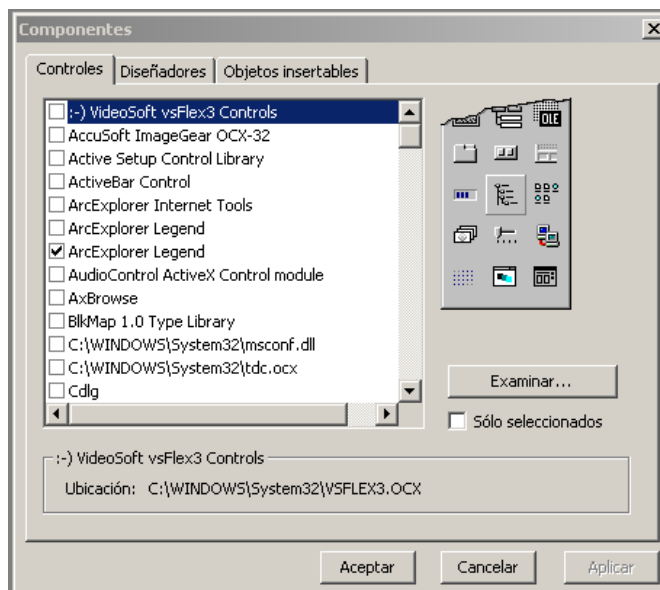
- a- Visual Basic de Microsoft versión 6.0
- b- Map Objects de ESRI version 2.1

### 4. Componentes necesarios

Componentes que se encuentra en el menú Proyecto de Visual Basic 6.0.

COMPONENTES	LOCALIZACIÓN
ESRI MapObjects Legend Control	C:\Archivos de Programas\Archivos comunes\ESRI\MO21Legend.ocx
ESRI MapObjects LT 2.0	C:\Archivos de Programas\Archivos comunes\ESRI\MOLT20.ocx
ESRI MapObjects 2.2	C:\Archivos de Programas\Archivos comunes\ESRI\MO20.ocx
Microsoft ADO Data Control 6.0 (OLEDB)	C:\WINNT\System32\MSADODC.ocx
Microsoft Common Dialog Control 6.0 (SP3)	C:\WINNT\System32\MSADODC.ocx
Microsoft DataGrid Control 6.0 (OLEDB)	C:\WINNT\System32\MSDATGRD.ocx
Microsoft Windows Common Controls 6.0 (SP4)	C:\WINNT\System32\MSCOMCTL.ocx
Microsoft Tabled Dialog Control 6.0 (SP4)	C:\WINNT\System32\TABCTL32.ocx
Mircrosft Masked Edit Control 6.0	C:\WINNT\System32\,MSMASK32.ocx

Tabla 11 Componentes del menú Visual Basic



**Figura 23 Componentes**

## 5. Programas fuentes

Los formularios son los siguientes:

- Frmfinal.
- Inicio.frm
- Formulas.frm
- FrmAgregarMapa.frm
- FrmBorrarMapa.frm
- Frmetiqueta.frm
- Frmidentifica.frm
- frmImprimeMapa.frm
- frmpropiedades.frm
- frmvista.frm

- rutas.bas (módulo)
- clsmapTip(Class Modules)

## 6. Para entrar a la aplicación

Para iniciar la aplicación de clic al archivo final.exe que se encuentra en el siguiente directorio C:\ERLYN DURAN-TFM\MAPAS SARAPIQUI\final.exe

### 6.1. Formulario Inicio

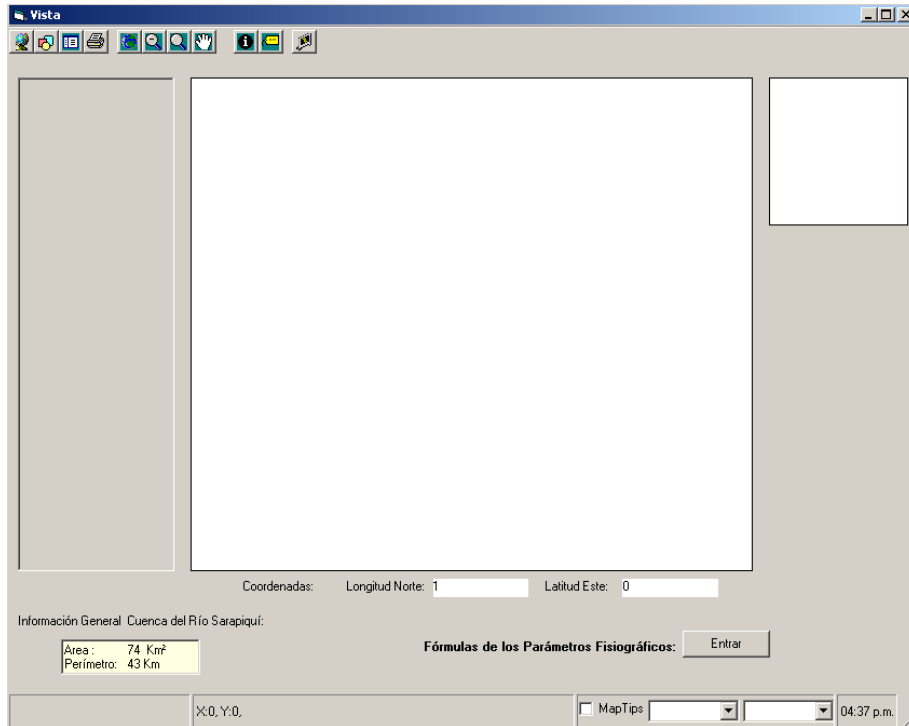
Pantalla de inicio nos permite entrar y salir de la aplicación (**Inicio.FRM**)



Figura 24 Formulario de inicio

## 6.2. Formulario vista

El formulario vista es donde se realizan la mayoría de las aplicaciones y se lleva a cabo el despliegue de mapas (**frmvista.frm**).



**Figura 25 Formulario vista**

- a. En la parte superior localizamos la barra de herramientas
- b. En el centro del formulario se despliega los mapas que se encuentran en la dirección **C:\TFM\MAPAS SARAPIQUI\\*.SHP**
- c. A la izquierda la leyendas de los mapas.
- d. Debajo del despliegue de la parcela tenemos las opciones de imprimir el mapa





- Identificación de temas
- Etiqueta de parcelas con opción de cambiar fuente y color.
- Salir de aplicación

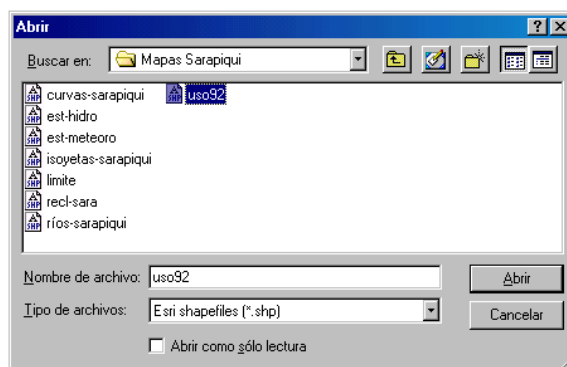
### 6.3. Formulario agregar tema

- **Agregar mapa:**  Este botón activa el formulario agregar tema.

Este formulario permitirá Agregar Tema. Posee dos botones uno de agregar el usuario da clic al botón y elige el archivo .shp y el botón cerrar que con un clic se cierra el formulario.



Figura 27 Formulario agregar tema



Ejemplo:

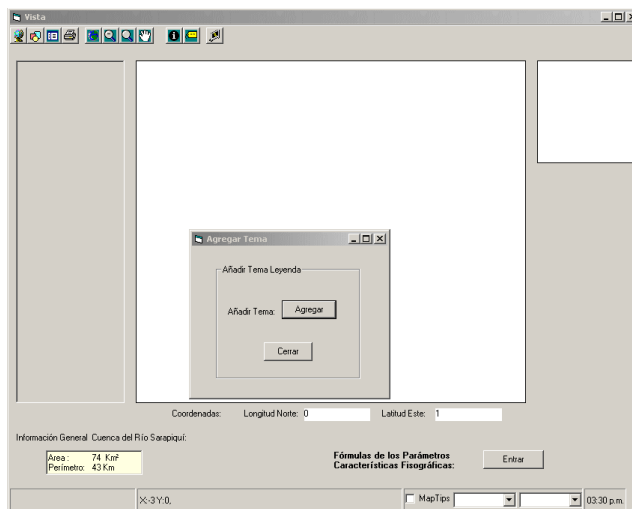


Figura 28 Ejemplo añadir tema

#### 6.4. Formulario borrar tema

- **Borrar mapa:**  Este botón activa el formulario borrar tema.

Este formulario permitirá borrar Tema. Posee dos botones uno de borrar, el usuario da clic al botón y borrar l archivo .shp desplegado y el botón cerrar que con un clic se cierra el formulario.



Figura 29 Formulario borrar tema

Ejemplo:

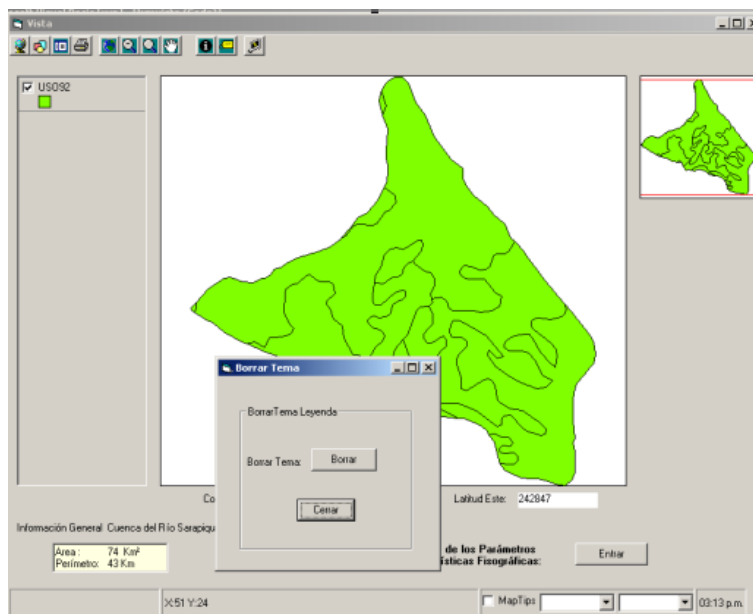


Figura 30 Ejemplo borrar tema

- Copiar Mapa:** Esta opción nos permitirá copiar el tema con formato .BMP

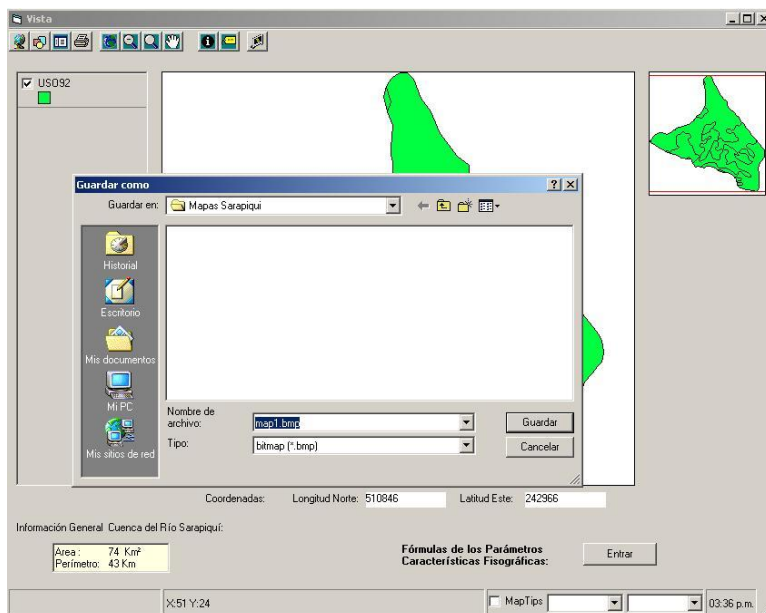


Figura 31 Copiar Tema

## 6.5. Formulario imprimir mapa

- **Imprimir Mapa:**  Este botón activa el formulario imprimir mapa.

Este formulario permitirá imprimir el mapa. Posee dos botones uno de imprimir y borrar, las unidades del mapa se imprimirán en metros si el usuario tiene encendido la opción de metros al igual que puede elegir la escala del mapa.

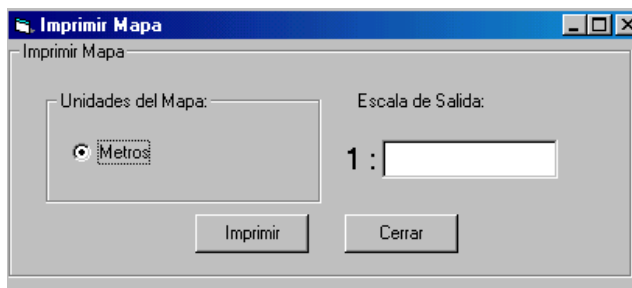


Figura 32 Formulario imprimir mapa

**Ejemplo:**

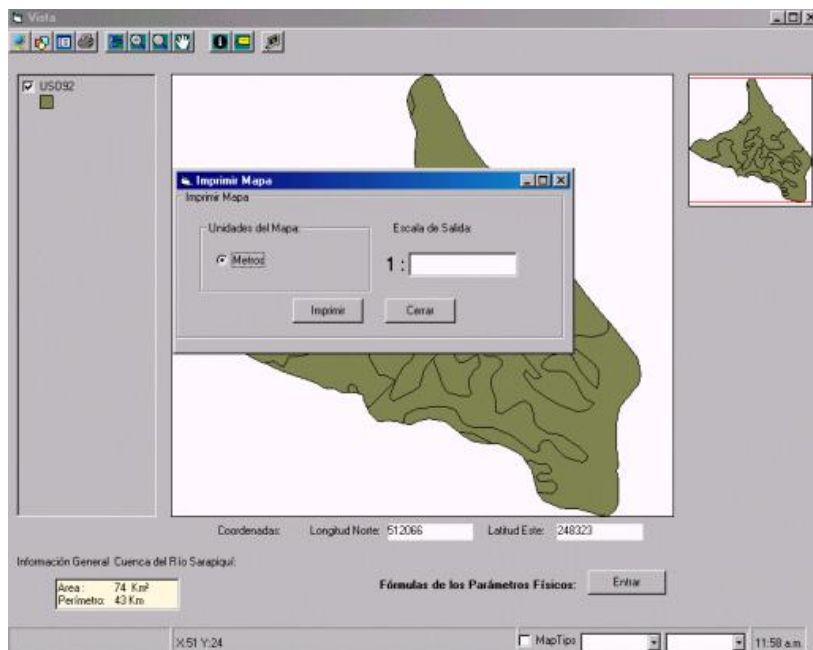
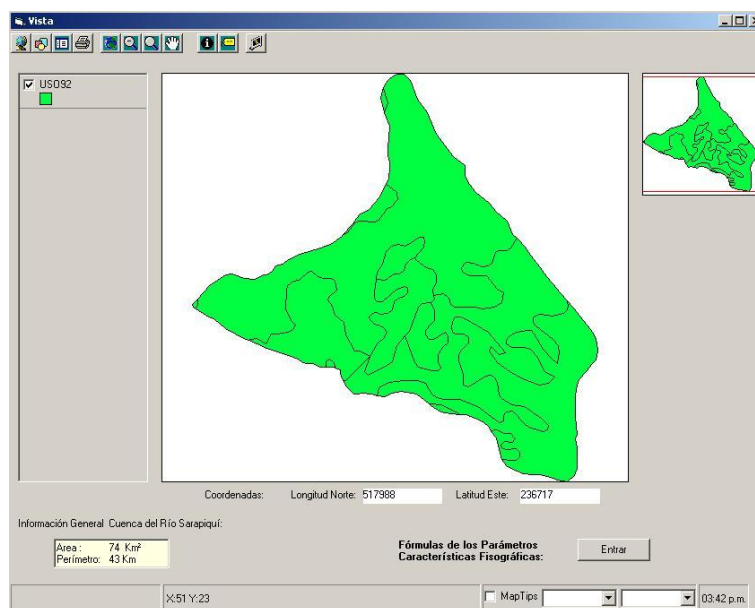



Figura 33 Ejemplo formulario imprimir mapa

- **Extensión:** 

Este botón está programado para que haga un ZOOM extendido cuando se hayan utilizado previamente las opciones de ZOOM+ o ZOOM.



- **Zoom más**  El Zoom+ no permite obtener más detalles del tema

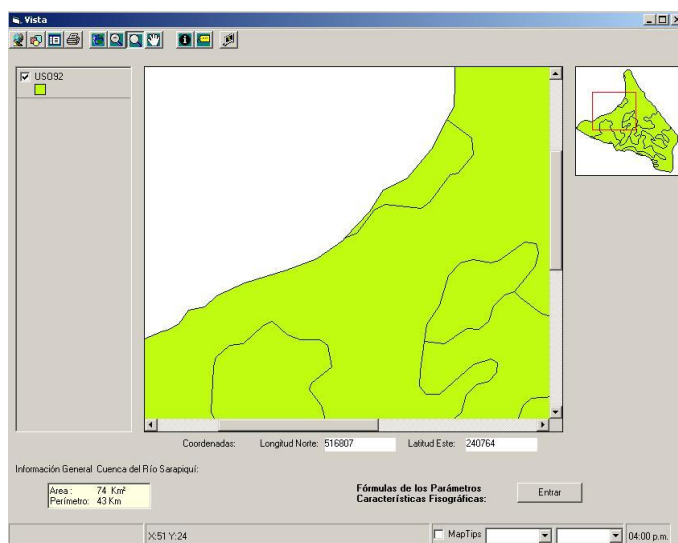



Figura 34 Zoom más

- Zoom Menos:**  Botón de Zoom-, se realizan vistas previas de los zoom+ anteriores.

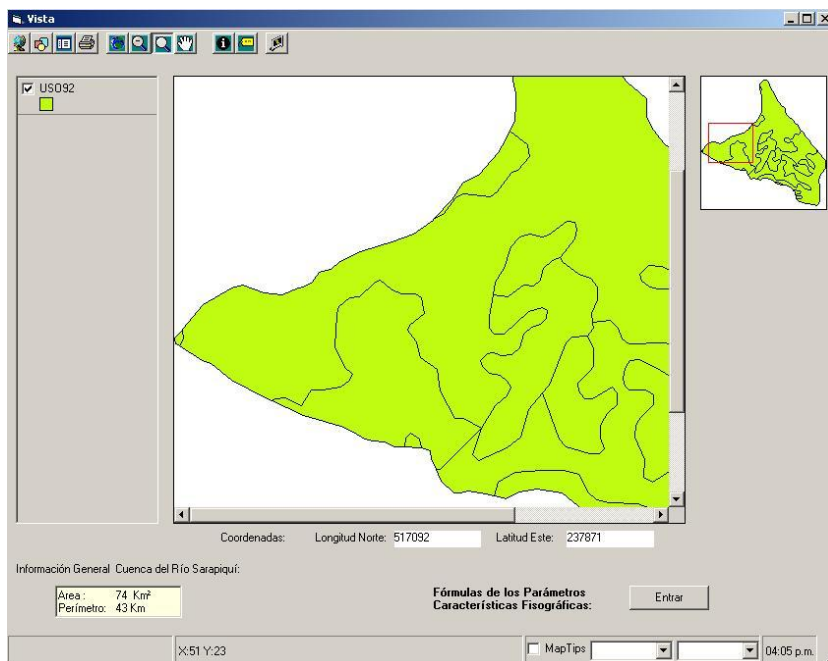


Figura 35 Zoom menos

Pan:  **PAN** permitirá desplazarse a través de la ventana del tema

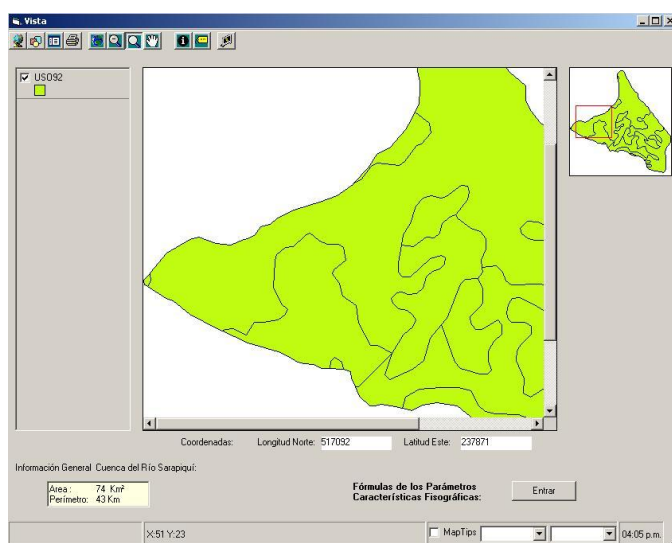
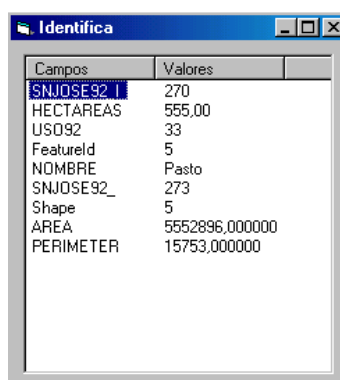


Figura 36 Pan

## 6.6. Formulario Identifica

- **Identificar**  Este botón activa el formulario Identificar

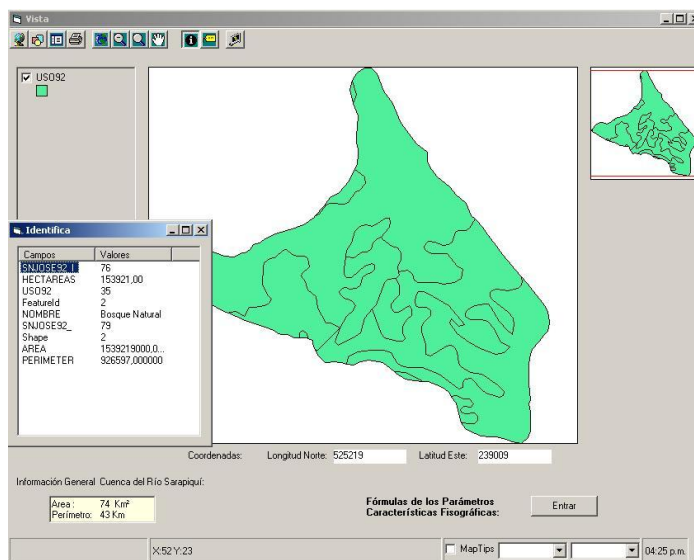
Cuando el usuario da clic sobre el tema deseado el formulario identifica desplegará en la ventanita los campos y valores del tema.



Campos	Valores
SNJOSE92_I	270
HECTAREAS	555,00
US092	33
FeatureId	5
NOMBRE	Pasto
SNJOSE92_	273
Shape	5
AREA	5552896,000000
PERIMETER	15753,000000

Figura 37 Formulario identifica

Ejemplo:



Campos	Valores
SNJOSE92_I	76
HECTAREAS	153921,00
US092	35
FeatureId	2
NOMBRE	Bosque Natural
SNJOSE92_	79
Shape	2
AREA	1539219000,0...
PERIMETER	326507,000000

Coordenadas: Longitud Norte: 525219    Latitud Este: 239009

Información General Cuenca del Río Sarapiquí:  
 Área: 74 Km<sup>2</sup>  
 Perímetro: 43 Km

Fórmulas de los Parámetros Características Fisográficas:    Entrar

X:52 Y:23    MapType:    04:25 p.m.

Figura 38 Ejemplo de Formulario identifica



## 6.7. Formulario etiqueta

- **Etiquetar:**  Este botón activa el formulario Etiqueta

Este formulario desplegará una ventana en donde el usuario podrá elegir la fuente, el color, si la etiqueta la desea con fondo verde todas las opciones para ser aplicadas al valor elegido. Al igual que el usuario las puede borrar.

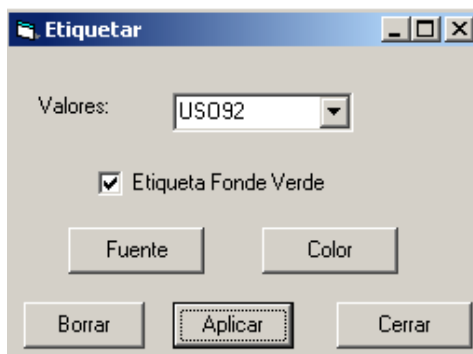


Figura 39 Formulario Etiqueta

**Ejemplo:**

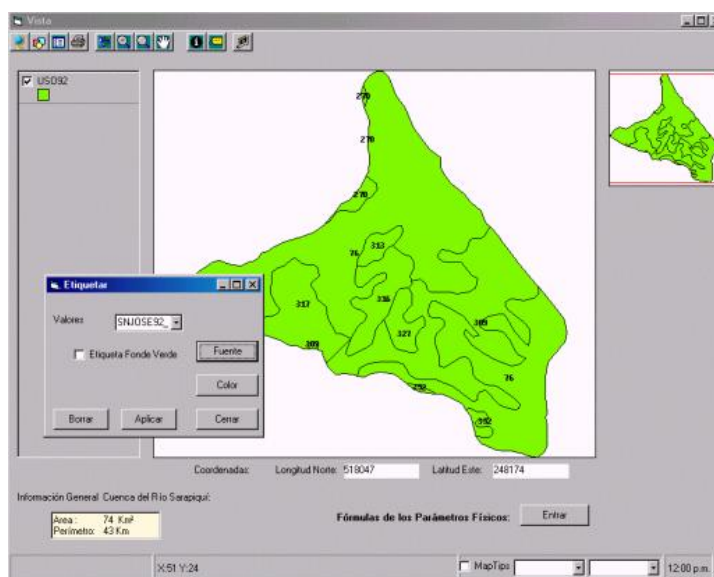

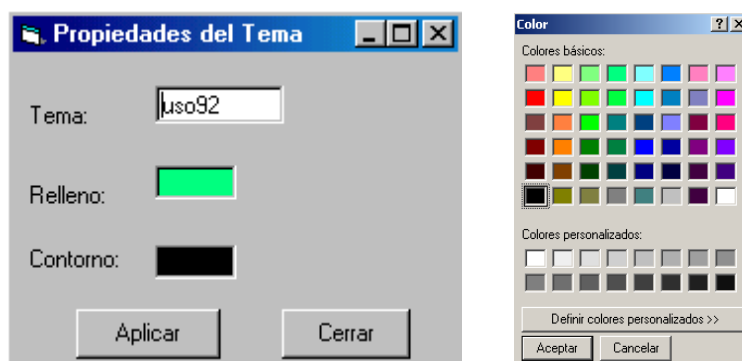


Figura 40 Ejemplo Etiquetar Temas

**Salir de Aplicación:**  Este botón permite salir de la aplicación.

## 6.8. Formulario propiedades del tema

El formulario propiedades se obtiene dando doble clic en la leyenda del tema y en este lugar se puede cambiar el color del relleno y el color del contorno le damos aplicar para ejecutar el cambio y la opción de cerrar el formulario.



**Figura 41 Formulario Propiedades del tema**

Ejemplo:

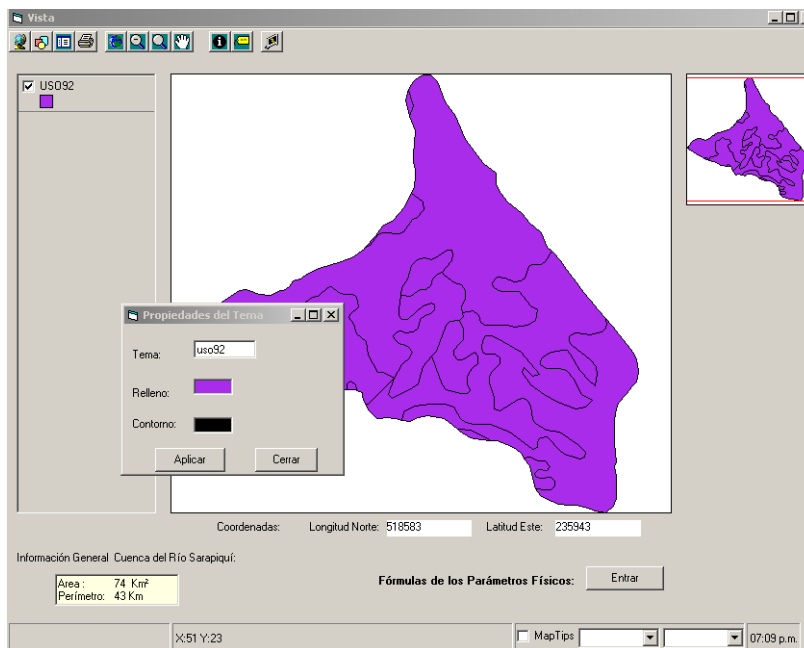


Figura 42 Ejemplo Formulario propiedades del tema

## 7. Status bar

En el status bar se encuentra opciones

- Coordenadas (x-y) de posición del cursor y las opciones
- Despliegue de la hora
- El despliegue del MapTips que sirve para mostrar del archivo .shp que tenemos desplegados en pantalla el campo del archivo elegido por el usuario con solo posicionar con el cursor tocando el tema, el maptips es una etiqueta fondo de color amarillo con letras negras.

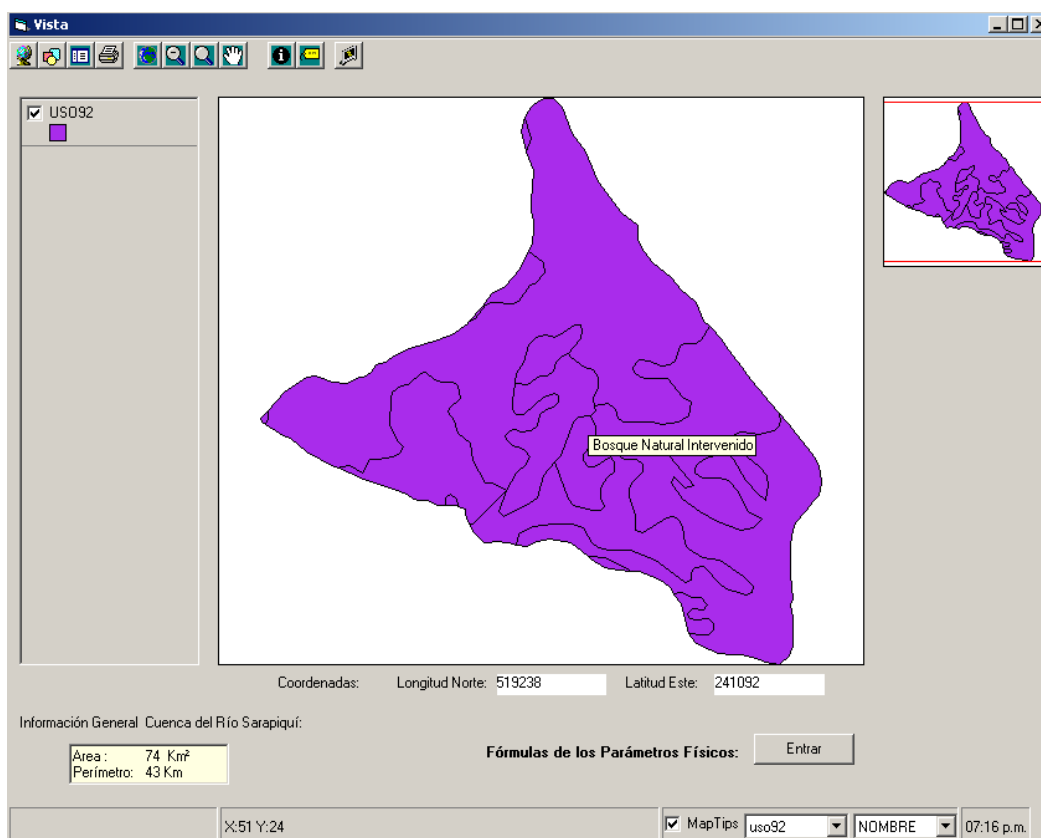


Figura 43 MapTips

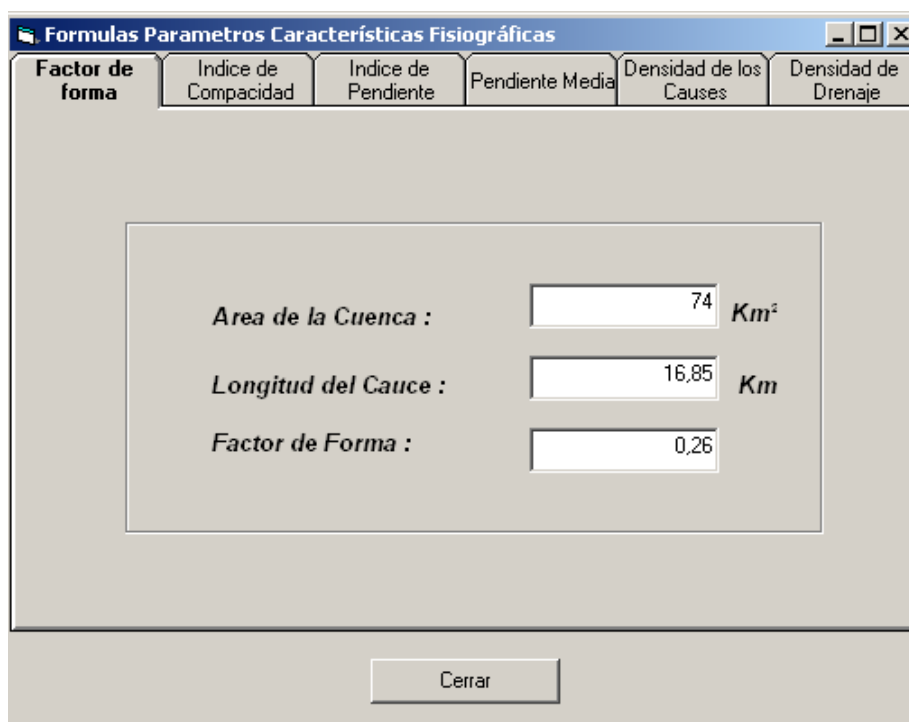
## 7.1. Formulas de los parámetros físicos

- Comando para entrar al Formulario Parámetros Características Fisiográficas:



## 7.2. Formulario de los parámetros características fisiográficas

Este formulario permite al usuario obtener los resultados de los parámetros de las características fisiográficas.

Una ventana de software con el título "Formulas Parametros Características Fisiográficas". En la parte superior hay una barra de pestañas con "Factor de forma" seleccionada y otras pestañas: "Indice de Compacidad", "Indice de Pendiente", "Pendiente Media", "Densidad de los Causas" y "Densidad de Drenaje". El área principal muestra tres campos de entrada con sus respectivos valores: "Area de la Cuenca : 74 Km²", "Longitud del Cauce : 16,85 Km" y "Factor de Forma : 0,26". En la parte inferior hay un botón "Cerrar".

Factor de forma	Indice de Compacidad	Indice de Pendiente	Pendiente Media	Densidad de los Causas	Densidad de Drenaje
Area de la Cuenca :					
Longitud del Cauce :					
Factor de Forma :					

Figura 44 Formulario de los parámetros características fisiográficas

### 7.3. Factor de forma

Para obtener el resultado del factor de forma, ponga el cursor en el campo de la longitud del Cauce y de entrada (enter)

The screenshot shows a software window titled "Formulas Parametros Características Fisiográficas". The window has a tabbed interface with the following tabs: "Factor de forma", "Indice de Compacidad", "Indice de Pendiente", "Pendiente Media", "Densidad de los Causas", and "Densidad de Drenaje". The "Factor de forma" tab is active. Inside the window, there is a central area with three input fields:

- Area de la Cuenca :*  *Km<sup>2</sup>*
- Longitud del Cauce :*  *Km*
- Factor de Forma :*

At the bottom of the window, there is a button labeled "Cerrar".

Figura 45 Factor de forma

### 7.4. Índice de compacidad

Para obtener el resultado del Índice de Compacidad, ponga el cursor en el campo del Área de la Cuenca y de entrada (enter)

Formulas Parametros Características Fisiográficas

Factor de forma   Índice de Compacidad   Índice de Pendiente   Pendiente Media   Densidad de los Causas   Densidad de Drenaje

Perímetro de la Cuenca:  Km

Área de la Cuenca:  Km<sup>2</sup>

Índice de Compacidad:

Cerrar

Figura 46 Índice de compacidad

## 7.5. Índice de pendiente

Para obtener el resultado del Rectángulo Equivalente , ponga el cursor en el campo del Índice de Compacidad y de entrada (enter) y para obtener el resultado del Índice de Pendiente , ponga el cursor en el campo Suma de los Intervalos y de entrada (enter)

Formulas Parametros Características Fisiográficas

Factor de forma   Índice de Compacidad   Índice de Pendiente   Pendiente Media   Densidad de los Causas   Densidad de Drenaje

Rectángulo Equivalente

Índice de Compacidad:

Longitud del Lado Mayor del Rectángulo:  Km

Índice de Pendiente

Longitud del Lado Mayor del Rectángulo:  Km

Suma de los Intervalos:

Índice de Pendiente:  %

Cerrar

Figura 47 Índice de pendiente





## 7.8. Densidad de drenaje

Para obtener el resultado de la Densidad de Drenaje, coloque el cursor en el campo del Área de la cuenca y de entrada (enter)

The screenshot shows a software window with the title bar "Formulas Parametros Caracteristicas Fisiograficas". The window has a tabbed interface with the following tabs: "Factor de forma", "Indice de Compacidad", "Indice de Pendiente", "Pendiente Media", "Densidad de los Cauces", and "Densidad de Drenaje". The "Densidad de Drenaje" tab is active. Inside the window, there are three input fields with the following labels and values:

Label	Value
Longitud Total de los Cauces en Km:	114
Area de la Cuenca :	74,00 Km <sup>2</sup>
Densidad de Drenaje :	1,54 Km <sup>2</sup>

At the bottom of the window, there is a button labeled "Cerrar".

Figura 50 Densidad de drenaje

## 8. Bibliografía

- Davis, H. (1999): Microsoft Visual Basic 6, a FONDO, EDICIONES ANAYA MULTIMEDIA SA, Madrid. - 2. *IDE de Visual Basic*. Pág 45 - 75.
- Davis, H. (1999): Microsoft Visual Basic 6, a FONDO, EDICIONES ANAYA MULTIMEDIA SA, Madrid. - 4. Sintaxis para los programadores de Visual Basic. Pág 105 – 132.
- Davis, H. (1999): Microsoft Visual Basic 6, a FONDO, EDICIONES ANAYA MULTIMEDIA SA, Madrid. - 13. Visual Basic y la Programación orientada a objetos. Pág 361 - 368.
- ESRI: Getting Started with MapObjects, GIS by Esri, Redlands (USA).

## **ANEXO 3**

### **CODIGO FUENTE DE VISUALIZADOR DE MAPAS Y CALCULO DE FORMULAS**

## 1. Código fuente formulario “frminicio.frm”

```
Attribute VB_Name = "Inicio"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
```

```
'Precionar Botón de entrada
Private Sub Command1_Click()
frmvista.Show
End Sub
' Precionar botón de salida
Private Sub Command2_Click()
End
End Sub
```

---

## 2. Código fuente formulario “frmvista.frm”

```
Attribute VB_Name = "frmvista"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
' Declaracion de variables
```

```
Option Explicit
Dim objeto As MapObjectsLT2.Recordset
Dim sym As New Symbol
Dim m_maptip As New clsMapTip
Dim coordFormatString As String
```

```
' Activar botones con el mouse "zomm" "pan" y "identificar"
Private Sub Map1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
Dim punto As MapObjectsLT2.Point
Dim tema As MapObjectsLT2.MapLayer
If Toolbar1.Buttons("Zoom").Value = tbrPressed Then
Dim zmas As New MapObjectsLT2.Rectangle 'Variable como objeto rectangulo
Set zmas = Map1.TrackRectangle 'Crear ventana
If Not zmas Is Nothing Then
Map1.Extent = zmas 'La extension del mapa es igual a la ventana
Set zmas = Nothing
ElseIf Button = vbRightButton Then 'Si es el boton derecho ZOOM -
Dim zmenos As New MapObjectsLT2.Rectangle
Set zmenos = Map1.Extent
zmenos.ScaleRectangle 2 'Factor escala segun la extension del mapa
If Not zmenos Is Nothing Then
```

```

        Map1.Extent = zmenos
        Set zmenos = Nothing
    End If
End If

Elseif Toolbar1.Buttons("Pan").Value = tbrPressed Then
    Map1.Pan
End If

Set punto = Map1.ToMapPoint(x, y)
Set tema = Map1.Layers(0)
Dim registro As MapObjectsLT2.Recordset
If tema.ShapeType = moShapeTypePolygon Then
    Set registro = tema.SearchShape(punto, moPointInPolygon, "")
Else
    Set registro = tema.SearchByDistance(punto, Map1.ToMapDistance(50), "")
End If
Set punto = Nothing
If Not registro.EOF Then
    Dim valor As ListItem
    Dim campos As MapObjectsLT2.Field

If Toolbar1.Buttons("Identificar").Value = tbrPressed Then
    FrmIdentifica.Show
    With FrmIdentifica.ListView1
        .View = lwwReport
        .ListItems.Clear
    For Each campos In registro.Fields
        Set valor = .ListItems.Add(, , campos.Name)
        valor.SubItems(1) = campos.ValueAsString
    Next
    End With
    Set valor = Nothing
    Set campos = Nothing
End If
Set tema = Nothing
Set registro = Nothing

End If
Map2.Refresh
End Sub
'activar botones de la barra de herramientas
Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
Select Case Button.Key
    Case "Extension"
        Map1.Extent = Map1.FullExtent
        Map2.Extent = Map2.FullExtent

```

```

Toolbar1.Buttons("Zoomenos").Value = tbrUnpressed
Toolbar1.Buttons("Zoom").Value = tbrUnpressed
Toolbar1.Buttons("Pan").Value = tbrUnpressed
Toolbar1.Buttons("Identificar").Value = tbrUnpressed
Toolbar1.Buttons("Etiqueta").Value = tbrUnpressed
Map1.MousePointer = moDefault

```

```
Case "Zoomenos"
```

```

  Dim zmenos As New MapObjectsLT2.Rectangle
  Set zmenos = Map1.Extent
  zmenos.ScaleRectangle 2      'Factor escala segun la extension del mapa
  If Not zmenos Is Nothing Then
    Map1.Extent = zmenos
    Set zmenos = Nothing
  Else
    'De otra forma
    Map1.Pan
  End If

```

```
Case "Identificar"
```

```

  Toolbar1.Buttons("Pan").Value = tbrUnpressed
  Toolbar1.Buttons("Zoom").Value = tbrUnpressed
  Toolbar1.Buttons("Zoomenos").Value = tbrUnpressed
  Toolbar1.Buttons("Etiqueta").Value = tbrUnpressed
  Map1.MousePointer = moldentify

```

```
Case "Pan"
```

```

  Toolbar1.Buttons("Zoom").Value = tbrUnpressed
  Toolbar1.Buttons("Zoomenos").Value = tbrUnpressed
  Toolbar1.Buttons("Etiqueta").Value = tbrUnpressed
  Toolbar1.Buttons("Identificar").Value = tbrUnpressed
  Map1.MousePointer = moPan

```

```
Case "Etiqueta"
```

```

  Toolbar1.Buttons("Zoom").Value = tbrUnpressed
  Toolbar1.Buttons("Zoomenos").Value = tbrUnpressed
  Toolbar1.Buttons("Etiqueta").Value = tbrUnpressed
  Toolbar1.Buttons("Identificar").Value = tbrUnpressed

```

```
End Select
```

```
Select Case Button.index
```

```
Case 1
```

```
FrmAgregarMapa.Show vbModal ' llamar formulario Agregar Mapa
```

```
Case 2
```

```
FrmBorrarMapa.Show vbModal ' llamar formulario buscar
```

```
Case 4
```

```
frmImprimeMapa.Show vbModal ' llamar formulario Imprimir Mapa
```

```
Case 13
```

```
FrmEtiqueta.Show vbModal ' llamar formulario etiqueta
```

```
Case 15
```

```

End          ' Salir de la Aplicación
End Select
Select Case Button.index      ' Activar copiar mapa
Case 3 'copy
  With CommonDialog1
    .DefaultExt = ".bmp"
    .Filter = "bitmap (*.bmp)|*.bmp"
    .FileName = "map1.bmp"
    .CancelError = True
    On Error Resume Next
    .ShowSave
  If Err.Number = cdlCancel Then
    Err.Clear
    Exit Sub
  End If
  Map1.ExportMap moExportBMP, .FileName, 1
  End With
End Select
End Sub

Private Sub map1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
' Ubicación de las coordenadas en el mapa
  coordFormatString = "#0.0000"
  coordFormatString = "#0"
  Label5(1).Caption = "" & Format(Map1.ToMapPoint(x, y).x, coordFormatString)
  Label9.Caption = "" & Format(Map1.ToMapPoint(x, y).y, coordFormatString)

'Activar el boton Pan de la barra de herramientas
  If Toolbar1.Buttons("Pan").Value = tbrPressed Then
    Map1.MousePointer = moPan
  End If
  If Toolbar1.Buttons("Zoom").Value = tbrPressed Then
    Map1.MousePointer = moZoom
  End If

' Este procedimiento actualiza la demostración de coordenada en la barra de estado

  Dim curPoint As Point
  Dim curX As Double
  Dim curY As Double

' Convierta coordenadas de pantalla para trazar un mapa de coordenadas
  Set curPoint = Map1.ToMapPoint(x, y)
  curX = curPoint.x
  curY = curPoint.y

' Si las coordenadas de mapa son grandes, suprimen dígitos a directamente de lugar decimal

```

```

Dim cX As String, cy As String
cX = curX
cy = curY
cX = Left(cX, InStr(cX, ".") + 2)
cy = Left(cy, InStr(cy, ".") + 2)
sbrStatus.Panels(2).text = "X:" & cX & " Y:" & cy

*****

' MapTip
*****

'Ahora ejecute mousemove de MapTip
If chkTipLayer.Value = 1 And cboTipLayer.ListCount > 0 Then
    m_maptip.MouseMove x, y
End If
End Sub

'Este procedimiento pone en el rectangulo rojo lo seleccionado en el map1
Private Sub Map2_AfterLayerDraw(ByVal index As Integer, ByVal canceled As Boolean, ByVal
hDC As stdole.OLE_HANDLE)
    Dim sym As New Symbol
    sym.OutlineColor = moRed
    sym.Style = moTransparentFill
    Map2.DrawShape Map1.Extent, sym
End Sub

' activar con doble click del formulario propiedades
Private Sub legend1_LayerDbClick(index As Integer)
    frmPropiedades.Show
End Sub

'Refreshar la leyenda cada vez que se activa o desactiva
Private Sub legend1_AfterSetLayerVisible(index As Integer, isVisible As Boolean)
    frmvista.Map1.Refresh
    frmvista.legend1.setMapSource Map1
    Map2.Refresh
End Sub

*****

' maps tips
*****

Private Sub tmrMapTip_Timer()
    m_maptip.Timer
End Sub
Public Sub updateMapTipLayer()

    m_maptip.SetLayer Map1.Layers(cboTipLayer.text), _
    cboTipField.text

```



End Sub

Public Sub updateTipField()

    cboTipField.Clear

' Si hemos seleccionado el tiplayer sobre el tema, hemos puesto la caja de comprobación  
' podemos mostrar tips de imagenes

    If cboTipLayer = "" Then

        chkTipLayer.Value = 0

        Exit Sub

    End If

' Ahora liste los datos para el campo seleccionado

    Dim tb As MapObjectsLT2.TableDesc

    Set tb = Map1.Layers(frmvista.cboTipLayer.text).Records.TableDesc

    Dim fType As String, itemToSet As String

    Dim numFields As Integer

    numFields = tb.FieldCount

    Dim firstString As Boolean

    firstString = True

    Dim i As Integer

    For i = 0 To numFields - 1

        fType = tb.FieldType(i)

        If fType = moString Or fType = moLong Or fType = moDouble Then

            cboTipField.AddItem tb.FieldName(i)

            If firstString = True And fType = moString Then

                firstString = False

                itemToSet = tb.FieldName(i)

            End If

        End If

    Next i

'Make the first string field the default field

    If itemToSet <> "" Then

        frmvista.cboTipField.text = itemToSet

    Else

        frmvista.cboTipField.text = cboTipField.List(0)

    End If

'Actualiza el tema y el archivo en la clase del maptip

    m\_maptip.SetLayer Map1.Layers(cboTipLayer.text), cboTipField.text

End Sub

' Este procedimiento reconstruye las cajas de combo en los paneles de bandeja

' sobre el interior de la forma principal

    Public Sub refreshMapTips()

```

' Limpie el layer y presente datos en el combo
cboTipLayer.Clear
cboTipField.Clear

' Póngase el número de la capa en la colección
Dim numLayers As Integer
numLayers = Map1.Layers.Count

Dim curLayer As Object 'declara como objeto por que este podria ser el maplayer o imagen
layer
Dim curLayerName As String 'Nombre el acutal layer
Dim curLayerType As Integer 'whether MapLayer or ImageLayer type
Dim curShapeType As Integer 'whether point, line or polygon MapLayer

Dim i As Integer
For i = 0 To numLayers - 1
    Set curLayer = frmvista.Map1.Layers(i)
    curLayerName = curLayer.Name

    'Check for and ignore image layers. Do all other layer types.
    curLayerType = curLayer.LayerType
    If curLayerType <> molmageLayer Then
        cboTipLayer.Addltem curLayerName
    End If
Next i

'Haga primer MapLayer la capa de ToolTip
If cboTipLayer.ListCount > 0 Then
    cboTipLayer.ListIndex = 0
    updateTipField
End If

End Sub

'Actualiza la capa y el archivo en la clase de MapTip
Private Sub cboTipField_Click()
    If cboTipField.text <> "" Then
        m_maptip.SetLayer frmvista.Map1.Layers(cboTipLayer.text), cboTipField.text
    End If
End Sub

Private Sub cboTipLayer_Click()
    updateTipField
End Sub

Private Sub chkTipLayer_Click()

```

```

Toolbar1.Buttons("Zoom").Value = tbrUnpressed
Toolbar1.Buttons("Zoomenos").Value = tbrUnpressed
Toolbar1.Buttons("Pan").Value = tbrUnpressed
Toolbar1.Buttons("Etiqueta").Value = tbrUnpressed
Toolbar1.Buttons("Identificar").Value = tbrUnpressed
Map1.MousePointer = moDefault

' Si es el layer, entonces apage la caja de comprobación...
If Map1.Layers.Count = 0 Then
    chkTipLayer.Value = 0
Elseif chkTipLayer.Value = 1 Then

' De ser conectado, luego haga la capa y presente cajas de combo
' accesible. Entonces inicie la clase MapTip.
    Call refreshMapTips
    picMapTip.ZOrder 0
    lblMapTip.ZOrder 0
Elseif chkTipLayer.Value = 0 Then

' De ser desconectado, desconecte la capa y el campo combo cajas
' desabilite el MapTip.
    cboTipLayer.Clear
    cboTipField.Clear
    picMapTip.ZOrder 1
    lblMapTip.ZOrder 1
End If
End Sub

'Actualize el maptip
Private Sub updateMapTip()

If frmvista.Map1.Layers.Count = 0 Then
    frmvista.cboTipLayer.Clear
    frmvista.cboTipField.Clear
Else

' Ponga el layer que falta y el campo ser la primera capa,
' primero campo
    Call frmvista.updateMapTipLayer
End If

End Sub
Private Sub Form_Load()

'Traiga el mapa el tip controles de principio
picMapTip.ZOrder 0

```

```
lblMapTip.ZOrder 0
```

```
'Inicialize la clase maptip
m_maptip.Initialize Map1, tmrMapTip, picMapTip, lblMapTip
```

```
End Sub
```

```
'Entrar al formulario de las formulas de los parámetros de las características fisiograficas
```

```
Private Sub CmParametros_Click()
```

```
Formulas.Show
```

```
End Sub
```

### 3. Código fuente formulario “FrmAgregarMapa.frm”

```
Attribute VB_Name = "FrmAgregarMapa"
```

```
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
```

```
Attribute VB_Creatable = False
```

```
Attribute VB_PredeclaredId = True
```

```
Attribute VB_Exposed = False
```

```
' Crear tema de parcelas
```

```
Private Sub addtemas()
```

```
Dim tema As MapObjectsLT2.MapLayer 'definimos variable
```

```
Set tema = New MapObjectsLT2.MapLayer 'creamos un tema nuevo
```

```
tema.File = ""
```

```
frmvista.Map1.Layers.Add tema 'añadimos el mapa
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Cmcerrar_Click()
```

```
Unload Me
```

```
End Sub
```

```
'Añadir temas a la aplicacion
```

```
Private Sub cmdanadir_Click()
```

```
With CommonDialog1
```

```
.CancelError = True
```

```
.Filter = "Esri shapefiles (*.shp)|*.shp"
```

```
On Error Resume Next
```

```
.ShowOpen
```

```
If Err.Number = cdICancel Then
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
On Error GoTo 0
```

```
End With
```

```
If Len(CommonDialog1.FileName) = 0 Then Exit Sub
```

```
Dim tema As MapObjectsLT2.MapLayer
```

```
Set tema = New MapObjectsLT2.MapLayer
```

```
tema.File = CommonDialog1.FileName
```

```

    frmvista.Map1.Layers.Add tema
    frmvista.legend1.LoadLegend
    frmvista.Map1.Refresh
    frmvista.Map2.Layers.Add tema

End Sub
' cargar procedimiento y leyendas
Private Sub Form_Load()
    addtemas
    frmvista.legend1.setMapSource frmvista.Map1 'enlazar con mapa
    frmvista.legend1.LoadLegend True 'cargar leyenda
End Sub
Private Sub Map2_AfterLayerDraw(ByVal index As Integer, ByVal canceled As Boolean, ByVal
hDC As stdole.OLE_HANDLE)
    Dim sym As New Symbol
    sym.OutlineColor = moRed
    sym.Style = moTransparentFill
    frmvista.Map2.DrawShape Map1.Extent, sym
End Sub

' activar con doble click del formulario propiedades
Private Sub legend1_LayerDbClick(index As Integer)
    frmPropiedades.Show
End Sub

```

---

#### 4. Código fuente formulario “FrmBorrarMapa.frm”

```

Attribute VB_Name = "FrmBorrarMapa"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
' Crear tema de parcelas
Private Sub addtemas()
    Dim tema As MapObjectsLT2.MapLayer 'definimos variable
    Set tema = New MapObjectsLT2.MapLayer 'creamos un tema nuevo
    tema.File = ""
    frmvista.Map1.Layers.Add tema 'añadimos el mapa
End Sub

Private Sub Cmcerrar_Click()
    Unload Me
End Sub

' Borrar temas a la aplicacion

```

```

Private Sub cmdBorrar_Click()

    Dim index As Integer

    On Error GoTo malo

    index = frmvista.legend1.getActiveLayer
    frmvista.Map1.Layers.Remove index
    frmvista.legend1.LoadLegend
    frmvista.Map1.Refresh
    frmvista.Map2.Layers.Remove index
malo:
    If Err.Number = 505 Then
        Exit Sub
    End If

End Sub

```

---

## 5. Código fuente formulario “frmImprimeMapa.frm”

```

Attribute VB_Name = "frmImprimeMapa"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub CmCerrar_Click()
Unload Me
End Sub

```

```

Private Sub cmdimprimir_Click()
Dim PrinterWidth As Double
Dim PrinterHeight As Double
Dim MapWidth As Double
Dim MapHeight As Double
Dim TwipsPerPixX As Double
Dim TwipsPerPixY As Double
Dim OutputRectWidth As Double
Dim OutputRectHeight As Double
Dim ConversionFactor As Double
Dim PageOriginX As Double
Dim PageOriginY As Double
Dim MapUnitsString As String
Dim UserScale As Long
Dim OneInchToUnits As Double

```

```

'Establecer escala
If Not IsNumeric(Text1) Then
  MsgBox "Escala de Entrada no válida"
  Exit Sub
End If
UserScale = Text1

'Establecer unidades del mapa con factor de conversion
ConversionFactor = 39.37
MapUnitsString = "Metros"

'Convierta unidades de página a pulgadas
Printer.ScaleMode = vbInches

'Consiga Tipo de esta impresora por el valor de Pixel
TwipsPerPixX = Printer.TwipsPerPixelX
TwipsPerPixY = Printer.TwipsPerPixelY

' Consiga la anchura y la altura de página en pulgadas
PrinterWidth = Printer.ScaleWidth
PrinterHeight = Printer.ScaleHeight

'Conviértase el shape y asigna unidades en pulgadas
MapWidth = frmvista.Map1.Extent.Width * ConversionFactor
MapHeight = frmvista.Map1.Extent.Height * ConversionFactor

'Calcule el rectángulo de salida
OutputRectWidth = MapWidth / UserScale
OutputRectHeight = MapHeight / UserScale

'Ponga la característica de las propiedades
OneInchToUnits = UserScale / ConversionFactor

'Comprobación para asegurar que el rectángulo de salida
'No es demasiado grande para la página de impresora
If OutputRectWidth > PrinterWidth Then
  MsgBox "La escala la que Ud especificó es demasiado ancha para la página impresa." & _
    vbCrLf & vbCrLf & _
    "Su impresora es sólo " & Format(PrinterWidth, "#0.00") & " Ancho Pulgadas ," & vbCrLf & _
    " Pero una escala de 1:" & UserScale & " asignar al mapa" & _
    Format(OutputRectWidth, "#0.00") & " Ancho Pulgadas."
  Exit Sub
Elseif OutputRectHeight > PrinterHeight Then
  MsgBox "La escala la que Ud especificó es demasiado alta para la página impresa." & _
    vbCrLf & vbCrLf & _
    " Su impresora es sólo" & Format(PrinterHeight, "#0.00") & " Alto Pulgadas," & vbCrLf & _
    " Pero una escala de 1:" & UserScale & " asignar al mapa " & _

```

```

        Format(OutputRectHeight, "#0.00") & " Alto Pulgadas."
Exit Sub
Else
MsgBox "El tamaño de la página es actualmente: " & vbCrLf & _
    Format(PrinterWidth, "#0.00") & " Ancho Pulgadas, y " & vbCrLf & _
    Format(PrinterHeight, "#0.00") & " Alto Pulgadas."
MsgBox "La extensión de su impresión será: " & vbCrLf & _
    Format(OutputRectWidth, "#0.00") & " Ancho Pulgadas, y " & vbCrLf & _
    Format(OutputRectHeight, "#0.00") & " Alto Pulgadas."
MsgBox "Escala de Proporción" & vbCrLf & _
    " 1:" & UserScale & vbCrLf & vbCrLf & _
    "Escala unidades del mapa" & vbCrLf & _
    " una pulgada igual " & Format(OneInchToUnits, "#0.00") & _
    " " & MapUnitsString & "."

Dim continueAnswer As Integer
continueAnswer = MsgBox("Continúa?", vbYesNo)
If continueAnswer = 7 Then
    MsgBox "El proceso de salida se detuvo"
Exit Sub
End If
End If

'centrar la salida del rectangulo dentro de la page

PageOriginX = (PrinterWidth - OutputRectWidth) / 2
PageOriginY = (PrinterHeight - OutputRectHeight) / 2

' Convertir todas las mediciones dentro de los pixeles de la impresora
PageOriginX = (PageOriginX * 1440) / TwipsPerPixX
PageOriginY = (PageOriginY * 1440) / TwipsPerPixY
OutputRectWidth = (OutputRectWidth * 1440) / TwipsPerPixX
OutputRectHeight = (OutputRectHeight * 1440) / TwipsPerPixY

'Imprimir el mapa
Printer.Print
frmvista.Map1.OutputMap2 Printer.hDC, _
    PageOriginX, PageOriginY, _
    OutputRectWidth, OutputRectHeight

Printer.EndDoc
End Sub

```

---

## 6. Código fuente formulario “Frm ropiedades.frm”

```
Attribute VB_Name = "frmPropiedades"
```



```
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
```

```
Option Explicit
Dim nombretema As Variant
Dim colorelleno As Variant
Dim colorcontorno As Variant
```

```
Private Sub cmdAplicar_Click()
With frmvista.Map1.Layers(nombretema).Symbol
If colorelleno = " " Then colorelleno = .Color
.Color = colorelleno
.OutlineColor = colorcontorno
End With
frmvista.Map1.Refresh 'actualiza mapa
frmvista.legend1.LoadLegend ' actualiza leyenda
frmvista.Map2.Refresh
End Sub
```

```
Private Sub cmdCerrar_Click()
Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
nombretema = frmvista.legend1.getActiveLayer
'nombre del tema seleccionada
txtNombre = frmvista.Map1.Layers(nombretema).Name
'una sola línea
PicColorTema.BackColor = frmvista.Map1.Layers(nombretema).Symbol.Color
'una sola línea
PicLineaColor.BackColor = frmvista.Map1.Layers(nombretema).Symbol.OutlineColor

End Sub
```

```
Private Sub PicColorTema_Click()
With CommonDialog1
.CancelError = True
On Error Resume Next
.ShowColor
If Err.Number = cdlCancel Then Exit Sub
PicColorTema.BackColor = .Color
colorelleno = .Color
End With
End Sub
```

```

Private Sub PicLineaColor_Click()
With CommonDialog1
.CancelError = True
On Error Resume Next
.ShowColor
If Err.Number = cdlCancel Then Exit Sub
PicLineaColor.BackColor = .Color
colorcontorno = .Color
End With
End Sub

```

---

## 7. Código fuente formulario “FrmEtiqueta.frm”

```

Attribute VB_Name = "FrmEtiqueta"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Option Explicit
Dim etiqueta As MapObjectsLT2.LabelPlacer
Private Sub cmdcolor_Click()
CommonDialog1.ShowColor
End Sub
Private Sub cmdfuente_Click()
CommonDialog1.Flags = cdlCFBoth & cdlCFHelpButton
' opciones de cuadro de dialogo de fuentes
CommonDialog1.ShowFont ' enseña fuentes
End Sub
' carga el formulario y el nombre del tema
Private Sub Form_Load()
Dim txtcampos As MapObjectsLT2.Field
'variable que recoge los nombres de los campos
With cbovalores
For Each txtcampos In frmvista.Map1.Layers(0).Records.Fields
.AddItem txtcampos.Name
Next txtcampos
.ListIndex = 0
End With
Dim simbolo As New MapObjectsLT2.Symbol
With simbolo
.Color = moBlue
End With

End Sub
Private Sub propiedades_etiqueta()

```

```

With frmvista.Map1.Layers(0)
Set etiqueta = New MapObjectsLT2.LabelPlacer
With etiqueta
.Field = cbovalores.List(cbovalores.ListIndex) 'campo
.AllowDuplicates = True
.DefaultSymbol.Color = CommonDialog1.Color
.DefaultSymbol.Font = CommonDialog1.FontName
If cketiqueta.Value Then 'etiquetar con fondo verde
.MaskLabels = True
.MaskColor = moGreen
End If
End With
End With
Set frmvista.Map1.Layers(0).Renderer = etiqueta
frmvista.Map1.Refresh
End Sub

```

```

Private Sub cmdAplicar_Click()
Call propiedades_etiqueta 'llamar al procedimiento
End Sub

```

```

Private Sub cmdBorrar_Click()
With etiqueta
.Field = " " 'el valor del campo es nada
End With
frmvista.Map1.Refresh
End Sub

```

```

Private Sub cmdCerrar_Click()
Unload Me 'descarga el formulario
End Sub

```

## 8. Código fuente formulario “Frm frmBuscar.frm”

```

Attribute VB_Name = "frmBuscar"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
' localizar y seleccionar parcelas mediante consultas por numero de parcela por titular y por
direccion
Dim seleccion As MapObjectsLT2.Symbol
Dim sym As New Symbol

'Pinta de magenta la seleccion del la parcela en el registro

Sub pintaseleccion(ByRef registro As MapObjectsLT2.Recordset, color)
If Not registro Is Nothing Then

```

```

Set seleccion = New MapObjectsLT2.Symbol
seleccion.color = color
frmvista.Map1.DrawShape registro, seleccion
End If
End Sub

Private Sub cmdBusca_Click() 'localizar
Dim Rect As MapObjectsLT2.Rectangle
Dim busca As String
If txtParcela.Text = "" Then Exit Sub
busca = "coditxt Like " & txtParcela.Text & "% "
Set objeto = frmvista.Map1.Layers("Parcel").SearchExpression(busca)
Set Rect = objeto("shape").Value.Extent 'enquadra el Recordset
Rect.ScaleRectangle 1
frmvista.Map1.Extent = Rect
frmvista.Map1.Refresh
frmBuscar.Map2.Refresh
End Sub

Private Sub cmdBuscaRef_Click()
Dim refpar As String
On Error GoTo error:
refpar = txtBuscaRef.Text
Data1.RecordSource = "Select*from dades where ref = " & CStr(txtBuscaRef.Text)
Data1.Refresh
Data1.Recordset.MoveFirst
Dim tema As MapObjectsLT2.MapLayer 'definimos variable
Set tema = New MapObjectsLT2.MapLayer 'creamos un tema nuevo
tema.File = "c:\unigis\moduloOP_SyP\Parcelario\Mapa\parcel"
Map2.Layers.Add tema
Exit Sub
error:
MsgBox "No hemos encontrado ninguna parcela!"
End Sub
'cierra el formulario buscar
Private Sub cmdCerrar_Click()
frmBuscar.Hide
End Sub

Private Sub cmdInforme_Click()
frmImprimir.Show vbModal
End Sub
Private Sub cmdTitDir_Click(index As Integer)
Dim zbusca As String
Dim ybusca As String
zbusca = "SELECT Titular, DIRECCION, SIGLA ,NUM ,BLOQUE,PLANTA,
PUERTA,USO,ref,SUBPARCELA FROM dades WHERE "

```

```

ybusca = "SELECT DIRECCION, TITULAR, SIGLA, NUM, BLOQUE, PLANTA,
PUERTA,USO,ref,SUBPARCELA FROM dades WHERE "
If OpTitular.Value = True Then
    If index <> 25 Then
        Data1.RecordSource = zbusca + "TITULAR > " + cmdTitDir(index).Caption + ""
        Data1.RecordSource = Data1.RecordSource + "AND TITULAR < " + cmdTitDir(index +
1).Caption + " ' ' "
        Else
            Data1.RecordSource = zbusca + "TITULAR > 'Z' "
        End If
        Data1.Refresh
    End If

If OpDireccion.Value = True Then
    If index <> 25 Then
        Data1.RecordSource = ybusca + "DIRECCION > " + cmdTitDir(index).Caption + ""
        Data1.RecordSource = Data1.RecordSource + "AND DIRECCION < " + cmdTitDir(index +
1).Caption + " ' ' "
        Else
            Data1.RecordSource = ybusca + "DIRECCION > 'Z' "
        End If
        Data1.Refresh
    End If
On Error Resume Next
Data1.Recordset.MoveFirst

Dim tema As MapObjectsLT2.MapLayer 'definimos variable
Set tema = New MapObjectsLT2.MapLayer 'creamos un tema nuevo
tema.File = "c:\unigis\moduloOP_SyP\Parcelario\Mapa\parcel"
Map2.Layers.Add tema

End Sub
Private Sub Form_Load()
Data1.DatabaseName = Rutadatos & "C:\UNIGIS\moduloOP_SyP\Parcelario\Data\infopar.mdb"
Data1.RecordSource = dades
Dim i As Integer

'Tamaño botones
cmdTitDir(0).Width = (frmBuscar.ScaleWidth - 2 * cmdTitDir(0).Left) / 26
'Crea 25 nuevos botones
For i = 1 To 25
    Load cmdTitDir(i)
    cmdTitDir(i).Left = cmdTitDir(i - 1).Left + cmdTitDir(0).Width
    cmdTitDir(i).Caption = Chr(Asc("A") + i)
    cmdTitDir(i).Visible = True
Next i

```

```

End Sub
Private Sub Map2_AfterLayerDraw(ByVal index As Integer, ByVal canceled As Boolean, ByVal
hDC As stdole.OLE_HANDLE)
If frmBuscar.Visible = True Then
sym.OutlineColor = moRed
sym.Style = moTransparentFill
frmBuscar.Map2.Refresh
Map2.DrawShape frmvista.Map1.Extent, sym
End If
End Sub
'En el control de frame se activa la opción de dirección
Private Sub opDireccion_Click()
FrReferencia.Visible = False
End Sub
'En el control de frame se activara la opción de referencia
Private Sub OpReferencia_Click()
FrReferencia.Visible = True
End Sub
'En el control de frame se activa el la opción de titular
Private Sub opTitular_Click()
FrReferencia.Visible = False
End Sub

```

```

Attribute VB_Name = "Formulas"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub keyenter(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
SendKeys "{tab}"
KeyAscii = 0
End If
End Sub

```

```

!*****

```

```

' Factor de Forma

```

```

!*****

```

```

'Activar la tecla enter para dar resultado factor de forma
Private Sub txtlongitud_KeyPress(KeyAscii As Integer)
keyenter (KeyAscii)
End Sub

```

```

'Calcular el factor de forma
Private Sub txtlongitud_LostFocus()
txtlongitud.text = FormatNumber(txtlongitud.text, 2)
If txtarea.text > 0 And txtlongitud.text > 0 Then
  txtfactor.text = FormatNumber(txtarea.text / (txtlongitud.text) ^ 2, 2)
End If
End Sub

*****

'Indice de compacidad
*****

'Activar tecla enter para dar resultado del Indice de compacidad
Private Sub Textareacuena_KeyPress(KeyAscii As Integer)
keyenter (KeyAscii)
End Sub

'Calcular el Indice de compacidad
Private Sub textareacuena_LostFocus()
  TextIndicecompa = FormatNumber((0.28 * TextPerimetro) / (Textareacuena ^ 0.5), 2)
End Sub

*****

'indice de pendiente
*****

'Activar tecla enter para dar resultado Rectangulo equivalente
Private Sub Textindicecomp_KeyPress(KeyAscii As Integer)
keyenter (KeyAscii)
End Sub
'Calcular el Rectangulo equivalente
Private Sub Textindicecomp_LostFocus()
  TextLongitudRect = FormatNumber((TextIndicecompa) * (txtarea ^ 0.5 / 1.12) * (1 + (1 - (1.12 /
TextIndicecompa) ^ 2) ^ 0.5), 2)
End Sub

'Activar tecla enter para dar resultado Indice de la Pendiente
Private Sub Texttinter__KeyPress(KeyAscii As Integer)
  keyenter (KeyAscii)
End Sub
'Activar tecla enter para dar resultado Indice de la Pendiente
Private Sub Texttinter_KeyPress(KeyAscii As Integer)
keyenter (KeyAscii)
End Sub
'Calcular Indice de la pendiente
Private Sub Texttinter_LostFocus()
  TextindicePendi = FormatNumber((1 / Textlongirec ^ 0.5) * (Texttinter) * 100, 2)
End Sub

```

```

*****
' Pendiente Media
*****

'Activar la tecla enter para dar resultado de la pendiente media
Private Sub txtlong_KeyPress(KeyAscii As Integer)
keyenter (KeyAscii)
End Sub

'Calcular la pendiente media
Private Sub txtlong_LostFocus()
txtlong.text = FormatNumber(txtlong.text, 2)
If txtmax.text > 0 And txtmin.text > 0 And txtlong.text > 0 Then
  txtpen.text = FormatNumber((txtmax.text - txtmin.text) / (1000 * txtlong.text), 4) * 100
End If
End Sub

*****

' Densidad de los Cauces
*****

'Calcular la densidad de los cauces
Private Sub txtareac_LostFocus()
txtareac.text = FormatNumber(txtareac.text, 2)
If txtnumero.text > 0 And txtareac.text > 0 Then
  txtdensidad.text = FormatNumber((txtnumero.text / txtareac.text), 2)
End If
End Sub

'Activar la tecla enter para dar resultado de la densidad de los cauces
Private Sub txtareac_KeyPress(KeyAscii As Integer)
keyenter (KeyAscii)
End Sub

*****

' Densidad de Drenaje
*****

'Activar la tecla enter para dar resultado Densidad de Drenaje
Private Sub txtareat_KeyPress(KeyAscii As Integer)
keyenter (KeyAscii)
End Sub

'Calcular la densidad de drenaje
Private Sub txtareat_LostFocus()
txtareat.text = FormatNumber(txtareat.text, 2)
If txtlongt.text > 0 And txtareat.text > 0 Then
  txtdensidadt.text = FormatNumber((txtlongt.text / txtareat.text), 2)

```



```
End If
End Sub
*****
' cerrar
*****
Private Sub Cmcerrar_Click()
Unload Me
End Sub
```