

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA



ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

ICE

**“OPCIONES DE CAMINOS PARA LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DEL
PROYECTO HIDROELECTRICO DE BRUJO I. UTILIZANDO UN SISTEMA DE
INFORMACION GEOGRAFICA”**

**INFORME DE PROYECTO DE GRADUACION PARA OPTAR POR EL GRADO
DE BACHILLER EN INGENIERIA FORESTAL**

ANTONIO OROZCO BARRANTES.

CARTAGO, 2002

**OPCIONES DE CAMINOS PARA LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
DEL PROYECTO HIDROELECTRICO DE BRUJO I. UTILIZANDO UN
SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA.**

Informe presentado al Departamento de Ingeniería Forestal del

Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito

Para optar al título de Bachiller en Ingeniería Forestal

Miembros del Tribunal

**Dr. Edgar Ortiz Malavassi
Profesor Guía**

M.Sc. Wilfredo Segura López

Lic. Ronald Valverde Guillén

Indice General

Indice General	2
Indice Cuadros	4
Indice de Figuras.....	6
Resumen	9
Abstract	10
<i>DEDICATORIA:</i>	11
AGRADECIMIENTOS	12
I. Introducción	13
II. Objetivos.....	14
2.1 Objetivo General.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
III. Revisión de Literatura.....	15
3.1 Definición de Sistemas de Información Geográfica (SIG)	15
3.2 Componentes de un SIG.....	17
3.3 Representación de los Datos en un SIG	18
3.3.1 Formato Raster.....	18
3.3.2 Formato Vector	19
3.4 Aplicación de los SIG en el Manejo de los Recursos Naturales.....	20
3.5 Comandos del Software Utilizados para el Desarrollo de las Rutas.....	21
3.5.1 Comando <i>Cost</i>	21
3.5.2 Comando <i>Path</i>	21
3.6 Superficies de Fricción (SF)	22
3.7 Modelos Cartográficos	22
3.8 Construcción de Caminos.	23
3.9 Factores a Considerar en la Proyección de Redes Viales.....	24
IV. Descripción del Area de Estudio	25
4.1 Delimitación Geográfica y Política de la Cuenca del Río Savegre.	25
4.2 Clima	27
4.3 Precipitación.....	28
4.4 Geomorfología.....	30
4.5 Aspectos Topográficos	31
4.5.1 Relieve	31
4.5.2 Suelos	31
4.6 Zonas de Vida	32
4.6.1 Bosque muy Húmedo Tropical.....	32
4.6.2 Bosque Pluvial Montano.....	32
4.6.3 Bosque Pluvial Montano Bajo	33
4.6.4 Bosque Pluvial Premontano.....	33
4.6.5 Bosque muy Húmedo Montano Bajo.....	33
4.7 Geología	34
4.7.1 Complejo de Nicoya (TK-cn).....	35
4.7.2 Unidad Damas (Te-d).....	35
4.7.3 Unidad Silencio.....	36
4.7.4 Unidad Cedral (Tom-c).....	36

4.7.5 Unidad La Botella (Tm-b)	37
4.7.6 Depósitos de Ladera (Qtal).....	37
4.7.6 Aluvión (Qal).....	37
4.7.7 Intrusiones de Tamanca (Ti-t, Mioceno – Plioceno).....	38
V. Materiales y Métodos	40
5.1 Descripción General de la Metodología.	40
5.2 Variables que se utilizaron para la Construcción de las Rutas de Acceso.....	41
5.2.1 Modelo de Elevación Digital (MED).....	41
5.2.2 Mapa de Pendientes.	41
5.2.3 Mapa de Unidades Litológicas.....	43
5.2.4 Mapa de Resistencia Geomorfológico.....	44
5.2.5 Mapa de la Intensidad de la Precipitación	45
5.2.6 Mapa de Susceptibilidad a la Erosión.....	46
5.2.7 Mapa de Grados de Protección del Suelo (Uso Actual de la Tierra).....	47
5.2.8 Mapa Hidrológico	48
5.2.9 Mapa de Sitios Arqueológicos.....	49
5.2.10 Mapa de Areas Protegidas.	49
5.3 Construcción de las Rutas de Acceso.....	50
5.4 Modelos Cartográficos.	51
VI Resultados.	54
6.1 Mapas Elaborados para Desarrollar las Superficies de Fricción.....	54
6.1.1 Mapa de Pendientes.	54
6.1.2 Mapa de Unidades Litológicas.....	57
6.1.3 Mapa de Resistencia Geomorfológica.....	63
6.1.4 Mapa de Intensidad de la Precipitación.....	65
6.1.5 Mapa Hidrológico.....	68
6.1.6 Mapa Susceptibilidad a la Erosión Hídrica.....	71
6.1.7 Mapa del Uso Actual de la Tierra.....	74
6.1.8 Superficies de Fricción (SF).....	77
6.2 Análisis de las Rutas.....	80
6.2.1 Rutas Brujo-Chaqueta.....	82
6.2.2 Rutas San Isidro-Chaqueta.....	91
6.2.3 Rutas Providencia-Chaqueta.....	96
6.2.4 Rutas San Isidro -Piedras Blancas.....	102
6.2.5 Rutas Providencia Sitio de Presa.....	107
6.2.6 Rutas Providencia -Tanque Oscilación.....	112
6.2.7 Rutas San isidro – Sitio de Máquinas.....	117
6.3 Problemas encontrados en el desarrollo del documento.....	123
VII Conclusiones.....	124
VIII Recomendaciones.....	126
IX Bibliografía.....	127
XX Anexos.....	130

Indice Cuadros

Cuadro 1. Intensidad de la Precipitación para 11 pluviógrafos, ubicados en la Cuenca del Río Savegre y sus alrededores. Costa Rica, 2002.	28
Cuadro 2. Tipos de suelos presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002. ..	32
Cuadro 3. Delimitación de los Rangos de Pendiente según la metodología del Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT), 1984.....	41
Cuadro 4. Caracterización Litológicas y Grado de Erodabilidad, de acuerdo a la metodología del (CIDIAT), 1984.....	43
Cuadro 5. Matriz de la Resistencia Geomorfológica presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2001.	44
Cuadro 6 Delimitación de los Niveles de Intensidad de la Precipitación según la metodología del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE,1975)....	46
Cuadro 7. Matriz de la Susceptibilidad a la Erosión presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.	46
Cuadro 8. Grados de Protección del Suelo presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.....	47
Cuadro 9. Reclasificación de los ríos con la metodología de Strahler y asignación de coeficientes de fricción para la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.	48
Cuadro 10. Asignación de los Coeficiente de Fricción de los Sitios Arqueológicos, presentes en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.....	49
Cuadro 11. Areas de Protección, que se localizan dentro de la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.....	50
Cuadro 12. Distribución de los Rangos de Pendiente presentes en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.	54
Cuadro 13. Distribución de las Unidades Litológicas de la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.....	57
Cuadro 14. Distribución de la Resistencia Geomorfológica en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.	63
Cuadro 15. Clasificación de Intensidad de la Precipitación de la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.....	65
Cuadro 16. Características de los órdenes de los causes, presentes en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.	69

Cuadro 17. Características Morfométricas pertenecientes a la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.	69
Cuadro 18. Distribución de la Susceptibilidad a la Erosión, en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.	71
Cuadro 19. Distribución del Uso Actual de la Tierra presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 1992.	74
Cuadro 20. Usos de la tierra por los que atraviesa camino que une a las comunidades de Brujo y Chaqueta. Costa Rica, 2002.	87
Cuadro 21. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a las comunidades de Brujo y Chaqueta. Costa Rica, 2002.	89
Cuadro 22. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a las comunidades de San Isidro Y Chaqueta. Costa Rica, 2002.	94
Cuadro 23. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a las comunidades de Chaqueta y Providencia. Costa Rica, 2002.	100
Cuadro 24. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a las comunidades de San Isidro y Piedras Blancas. Costa Rica, 2002.	105
Cuadro 25. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a la comunidad de Piedras Blancas y al Sitio de Presa. Costa Rica, 2002.	110
Cuadro 26. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a la comunidad de Providencia con el Tanque de Oscilación. Costa Rica, 2002.	115
Cuadro 27. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a la comunidad de Piedras Blancas y al Sitio de Máquinas. Costa Rica, 2002.	121
Cuadro 28. Ubicación Geográfica de las Estaciones Meteorológica próximas a la Cuenca del Río Savegre, Costa Rica. 2002.	131

Indice de Figuras

Figura 1. Mapa de las comunidades ubicadas dentro de la Cuenca del Río Savegre y los Sitios del PH Brujo I.....	26
Figura 2. Estaciones Meteorológicas ubicadas en la cercanía de la Cuenca del Río Savegre.	29
Figura 3. Mapa de Formaciones Geológicas que conforman la Cuenca del Río Savegre	39
Figura 4. Mapa del Modelo de Elevación de la Cuenca del Río Savegre	42
Figura 5. Mapa de Pendientes presentes en la Cuenca del Río Savegre	56
Figura 6. Mapa de Unidades de Litológicas que conforman la Cuenca del Río Savegre .	61
Figura 7. Mapa de Resistencia a la Erosión de las Unidades Geológicas calculada para la Cuenca del Río Savegre	62
Figura 8. Mapa de Resistencia Geomorfológica determinada para la Cuenca del Río Savegre	64
Figura 9. Mapa de la Intensidad de la Precipitación en la Cuenca del Río Savegre	67
Figura 10. Mapa Hidrológico de la Cuenca del Río Savegre.....	70
Figura 11. Mapa de Susceptibilidad a la Erosión para la Cuenca del Río Savegre	73
Figura 12. Mapa del Uso de la Tierra para 1992 de la Cuenca del Río Savegre.....	76
Figura 13. Mapa de la Primera Superficie de Fricción desarrollada para la Cuenca del Río Savegre	78
Figura 14. Mapa de la Segunda Superficie de Fricción desarrollada para la Cuenca del Río Savegre	79
Figura 15. Mapa Areas Protegidas y Poblados localizados en la Cuencas del Río Savegre	81
Figura 16. Mapa de curvas de nivel y la Trayectoria descrita por la opción 1, diseñada para unir el poblado de Brujo con Chaqueta	83
Figura 17. Mapa de curvas de nivel y Trayectoria descrita por la opción 2, diseñada para unir el poblado de Brujo con Chaqueta	86
Figura 18. Mapa del Uso de la Tierra y la Trayectoria descrita por la opción 1, diseñada para unir a Brujo con Chaqueta.....	88

Figura 19. Mapa del Uso de la Tierra y la Trayectoria descrita por la opción 2, que se diseñó para unir Brujo con Chaqueta.....	90
Figura 20. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 1, diseñada para unir el poblado de Chaqueta con San Isidro.....	92
Figura 21. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 2, diseñada para unir el poblado de Chaqueta con San Isidro.....	93
Figura 22. Mapa del Uso de la Tierra y de la Trayectorias descritas por las opciones 1 y 2, diseñadas para unir a Chaqueta con San Isidro	95
Figura 23. Mapa Pendientes y de la Trayectoria de la opción 1, diseñada para unir a Providencia con Chaqueta	98
Figura 24. Mapa Pendientes y de la Trayectoria de la opción 2, diseñada para unir a Providencia con Chaqueta	99
Figura 25. Mapa de Uso de la Tierra y de la Trayectoria descrita por las opción 1 y 2, diseñada para unir a Providencia con Chaqueta	101
Figura 26. Mapa de Pendiente y de la Trayectoria descrita para la opción 1, diseñada para unir a Piedras Blancas con San Isidro	103
Figura 27. Mapa de Pendiente y de la Trayectoria descrita para la opción 2, diseñada para unir a Piedras Blancas con San Isidro	104
Figura 28. Mapa del Uso de la Tierra y de las Trayectorias descritas por las opciones 1 y 2, diseñadas para unir a San Isidro con Piedras Blanca	106
Figura 29. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descriptas por la opción 1, diseñada para unir Providencia con el Sitio de Presa.....	108
Figura 30. Mapa de Pendientes y de la Trayectorias descripta por la opción 2, diseñada para unir Providencia con el Sitio de Presa.....	109
Figura 31. Mapa de Uso de la Tierra y de las Trayectorias descritas por las opciones 1 y 2, diseñadas para unir a Providencia con el Sitio de Presa del PH Brujo I.....	111
Figura 32. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 1, diseñada para unir a Providencia con el Tanque de Oscilación	113
Figura 33. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 2, diseñada para unir a Providencia con el Tanque de Oscilación	114
Figura 34. Mapa del Uso de la Tierra y de las Trayectorias descritas por las opciones 1 y 2, diseñadas para unir a Providencia con el Tanque de Oscilación	116
Figura 35. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descripta por la opción 1, diseñada para unir a San Isidro y Sitio de Máquinas	119

Figura 36. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 2, diseñada para unir a San Isidro y Sitio de Máquinas	120
Figura 37. Mapa del Uso de la Tierra y de las Trayectorias descritas por las opción 1 y 2, diseñadas para unir a San Isidro y Sitio de Máquinas	122
Figura 38. Valores de Intensidad de la Precipitación, para 11 estaciones meteorológicas ubicadas en las cercanías de la Cuenca del Río Savegre	130

Resumen

En este documento se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de un SIG para el diseño de caminos rurales, dentro de la Cuenca del Río Savegre aplicando una metodología que integra variables de tipo: topográfico, climático, hidrológico, geológico.

El resultado consiste en una serie de caminos, que unen un total de cinco comunidades con tres obras de infraestructura del Proyecto Hidroeléctrico Brujo I. Estas rutas presentan el inconveniente de atravesar largas extensiones de bosque primario.

Tomando en cuenta la limitante del uso de la tierra y la topografía irregular del área de estudio, se decidió descartar el 50% de las catorce rutas propuestas. De las restantes siete rutas, seis deben ser construidas a través de grandes extensiones de bosques primario, lo que pone en duda su construcción.

De los resultados obtenidos se concluye que la ruta que une al poblado de Providencia con el sitio de presa, es la que menor impacto tendría sobre la masa forestal de la zona.

Abstract

The application of Geographical Information System (GIS) technology was evaluated for the design of country routes within the Río Savegre watershed. A cartography model was developed that includes four different variables: topography, climate, hydrology, and geology.

As a result it was obtained a road that communicates five communities inside the watershed and the infrastructure of the Hydroelectric Project “Brujo I”. This road presents the inconvenience of passing through a large extension of primary forest.

Taking into account the limits of the use of the soil and the irregularity of the topographic conditions of the study area, it was decided to dispose 50% of the 14 alternatives routes obtained. For the remaining seven options, six of them need to be developed through the primary forest. Consequently, there are doubts about their construction.

From the evaluation done it was concluded that the route communicating Providencia Town with the dam section is the one with the minor impact to the natural resources of the area.

DEDICATORIA:

**DESEO DEDICAR ESTE TRABAJO A MIS PADRES
POR SUS VALIOSOS CONSEJOS, SU APOYO INCONDICIONAL**

**A LA MEMORIA DE “MITA”, LA CUAL DESDE EL
CIELO SIEMPRE ME CUIDO Y VELO POR MI BIENESTAR**

**Y A MI NOVIA POR ENSEÑARME
A APRECIAR Y RECORDAR
LOS BUENOS MOMENTOS DE LA VIDA
Y A OLVIDAR LOS DESAGRADABLES**

**PERO EN ESPECIAL A MI MADRE QUE SIEMPRE
CREYO EN MIS HABILIDADES, ME AYUDO HA SUPERAR
AQUELLOS MOMENTOS QUE DIFICILES DE MI VIDA.**

AGRADECIMIENTOS

Como autor de este documento, es mi deseo dar gracias a las siguientes personas e Instituciones por su valiosa ayuda en el desarrollo del presente trabajo:

Al Instituto Costarricense de Electricidad, por el apoyo económico y logístico aportado para poder terminar este proyecto. Pero en especial al M.Sc. Roberto Jiménez, por darme la oportunidad de realizar este trabajo en esta respetable institución.

A mi profesor guía el Ing. Edgar Ortiz Malavassi, por sus valiosos consejos su abnegada ayuda durante el tiempo que estuve bajo su tutela.

A los M.Sc. Wilfredo Segura López y M.Sc. Jorge Mario Montero Arguedas funcionarios del Centro de Planeamiento Ambiental del ICE, por su gran apoyo durante el desarrollo de este trabajo y sus valiosos consejos tan profesionales y personales.

Al Lic. en Geología Ronald Valverde Guillén y al M.Sc. Julio Calvo Alvarado por su ayuda desinteresada, en la redacción de este documento.

A mis “primos” los cuales me acogieron en su hogar al principio y final de mi vida estudiantil y a todos mis amigos con los cuales siempre pude contar, pero en especial a Vinicio Zúñiga, el cual me brindó una gran ayuda para poder elaborar este documento y a la Ing. Xinia Quirós por su desinteresada y valiosa ayuda.

I. Introducción

Debido al crecimiento que ha experimentado la población de Costa Rica en las últimas décadas, la demanda por servicios básicos, como la electricidad también ha aumentado. Esta situación ha motivado que el Instituto Costarricense de Electricidad, deba desarrollar nuevos y ambiciosos proyectos para satisfacer esta demanda.

En la actualidad se está estudiando la posibilidad de desarrollar un nuevo proyecto hidroeléctrico en la Cuenca del Río Savegre, parte de la cual se ubica en la Reserva Forestal de los Santos. Debido a que se planea desarrollar este proyecto en una zona con una alta diversidad de flora y fauna es de suma importancia que los caminos que se necesitan construir, para llevar a cabo las obras de infraestructura, se planifiquen cuidadosamente para reducir al máximo el impacto que sufriría la masa forestal y la fauna del lugar.

Con la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es posible desarrollar modelos que ayuden a que las decisiones se tomen considerando variables tales como: topografía, diversidad biológica, zonas con mayor riesgo de erosión, uso actual de la tierra.

II. Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar las rutas necesarias, para unir las comunidades de: Brujo, Providencia, Chaqueta, Piedras Blancas, San Isidro, las cuales se encuentran en las proximidades del Proyecto Hidroeléctrico de Brujo I.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Desarrollar un modelo cartográfico para determinar e integrar las diferentes variables que constituirán las superficies fricción.
- ✓ Comprobar la eficiencia y utilidad del software *ArcView Gis 3.0.* para el diseño de caminos en zonas rurales.
- ✓ Identificar las áreas que son atravesadas por las trayectorias de las diferentes rutas y el impacto que estas tendrían sobre la masa forestal y los ecosistemas del área afectada.

III. Revisión de Literatura

3.1 Definición de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un SIG puede entenderse como un sistema digital o informático (*Software y Hardware*), así como un conjunto de procedimientos usados para la captura, el almacenamiento, la verificación, la integración, la manipulación, la transformación, el análisis, la creación de modelos, la representación gráfica, estadística y cartográfica de datos georeferenciados (espaciales y territoriales). Esto con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación, para servir de apoyo en los procesos de toma de decisiones territoriales (www.pobladores.com/territorios/informatica/GISWorld/pagina).

Ortiz (1999) menciona que un Sistema de Información Geográfico (SIG) es el conjunto de procedimientos, equipos, y programas de computación utilizados para la recolección, pre-procesamiento, almacenamiento y análisis de datos geográficamente referenciados para resolver problemas de administración.

Los SIG significan mucho más que una simple herramienta de codificación, almacenamiento y recuperación de datos espaciales. En general estos datos representan un modelo del mundo real, el cual nos permite realizar simulaciones con situaciones específicas, algunas de las cuales no podrán llevarse a cabo en la realidad. Es por esta razón que es importante la capacidad de transformación que tenga el sistema (Zúñiga, 1993).

Para comprender que es un SIG con exactitud, debe considerarse tres puntos de vista que por sí solos son insuficientes y presentan debilidades en la definición, estos puntos son: orientado al proceso, orientado a herramienta y orientado a bases de datos (Zúñiga 1993).

Desde el punto de vista de orientado al proceso, estos sistemas consisten de varios subsistemas integrados que incluyen procedimientos para la entrada, el almacenamiento, la consulta, el análisis y la salida de información geográfica. Esto en realidad provee una perspectiva tan amplia que se aplica a cualquier sistema incluso los no automatizados. Lo más importante de esta definición es el hecho que brinda una noción de requerimiento organizacional, así como de que es un ente dinámico (Zúñiga, 1993).

La perspectiva de herramienta se deriva de que tales sistemas incorporan un conjunto sofisticado de procedimientos y algoritmos para el manejo de datos espaciales, y organizados de acuerdo a las necesidades de cada proceso (entrada, almacenamiento, consulta, etc.). No obstante la mayor contribución de esta definición ha sido la confección de listas de características para evaluar diferentes sistemas (Zúñiga 1993).

El último punto de vista usado en definiciones de SIG versa respecto al soporte de bases de datos de atributos de los objetos que maneja el sistema. La orientación basándose en datos es un refinamiento a la definición de herramienta, enfatiza la factibilidad de la interacción de las otras herramientas con una base de datos (Zúñiga,1993).

Los SIG cumplen una función descriptiva en donde son utilizados como base de datos de los recursos. También una función analítica en donde se describen, analizan y se modela la información (Castro, 1998).

Estas funciones se logran gracias a la capacidad que poseen los SIG de permitir la entrada, la unión y el análisis de datos cartográficos- alfanuméricos (www.pobladores.com/territorios/informatica/GISWorld/pagina).

3.2 Componentes de un SIG

Los sistemas de información geográfica comprenden 4 elementos básicos: equipo, programas, datos y usuarios. Los dos primeros elementos, el equipo y los programas, existen en una gran variedad de modelos y posibilidades. El equipo puede ir desde una sencilla computadora personal, hasta una estación de trabajo de alta capacidad. Por otro lado los programas varían en la organización, capacidad y diseño (Maguire,1992 citado por Sánchez,1993).

El tercer elemento importante en un SIG son los datos, en muchos aspectos los datos son un recurso crucial, caros de coleccionar, almacenar y manipular. Por último, el más significativo elemento del SIG, son los usuarios, que son los responsables de diseñar, implementar y hacer uso de los mismos (Maguire,1992 citado por Sánchez,1993).

3.3 Representación de los Datos en un SIG

3.3.1 Formato Raster

Los datos geográficos pueden ser representados en un formato, que almacena, los datos en unidades conocidas como píxel, en este es el formato raster o cuadrícula (Maguire,1992 citado por Sánchez,1993). Cada píxel está determinado por unas coordenadas cartesianas referidas a la esquina superior. El fichero de tipología y atributos, nos indican el número de filas y columnas, la escala, las unidades y la clasificación de los píxeles según una leyenda definida. Esta leyenda nos indica el tipo de color o de relleno de cada píxel y en algunos casos representan una entidad del mapa (ríos, carreteras, bosques, etc). En el caso de tratarse de un mapa temático, la leyenda asocia un valor numérico a un color o relleno que indica la pertenencia a una determinada clase, por ejemplo, la densidad, el peligro de incendio, la capacidad de urbanización, además se debe considerar que la resolución espacial de los datos está determinada por el tamaño del píxel

(www.pobladores.com/territorios/informatica/GISWorld/pagina).

El mapa raster se utiliza principalmente para el tratamiento de fotografías de satélite, el análisis de capas o el cálculo de capas derivadas de otras. Este formato tiene la ventaja de ser más fácil de manipular, pero requiere de una gran capacidad almacenamiento

(www.pobladores.com/territorios/informatica/GISWorld/pagina).

3.3.2 Formato Vector

Los datos geográficos también pueden ser representados por vectores. Este formato básicamente es un conjunto de elementos geográficos referenciados con los ejes de coordenadas que se encuentran en dos o tres dimensiones (Castro, 1998).

Los tipos de objetos geográficos del modo vectorial, con los cuales podemos construir cualquier mapa son:

- ✓ Puntos: que representan una posición sin dimensión.
- ✓ Líneas: delimitadas entre dos o más puntos y que representan una dimensión unidimensional (longitud).
- ✓ Polígonos: en esencia son arcos cerrados sobre sí mismos con entidad diferenciada que representan una dimensión unidimensional.

Los ficheros que definen un mapa vectorial son variados y difieren dependiendo del programa que se esté utilizando. Los mapas vectoriales suponen una gran precisión en el dibujo de la cartografía topográfica (www.pobladores.com/territorios/informatica/GISWorld/pagina).

3.4 Aplicación de los SIG en el Manejo de los Recursos Naturales

En el caso del manejo de los recursos naturales, los SIG tienen amplia variedad de usos. Estos pueden ir desde las etapas iniciales de planificación, hasta las etapas de control y seguimiento. Sin embargo, la utilidad de un SIG se ve limitada por las siguientes tres condiciones:

1. Existencia, disponibilidad de información requerida y grado de confiabilidad de la información existente.
2. Capacidad de los programas y equipos.
3. Habilidad y experiencia del ejecutor.

La mayor fortaleza de los SIG en el manejo de recursos naturales es la de poder relacionar datos espaciales con no espaciales. Por esta razón, los SIG constituyen una herramienta de gran utilidad para analizar la información, para la toma de decisiones y en la formulación e implementación de planes manejo en una zona dada.

Para hacer un uso adecuado de tecnología, se debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Tener una ubicación espacial del problema en estudio.
2. Tener la información organizada, actualizada y de disponibilidad inmediata.
3. Permitir realizar modelaciones complejas (Saborío, 1988).

3.5 Comandos del Software Utilizados para el Desarrollo de las Rutas

3.5.1 Comando *Cost*.

El comando *Cost* genera una superficie de distancias/proximidad (también denominada superficie de costes), donde la distancia se mide como el mínimo esfuerzo de movimiento sobre una superficie de fricción. La unidad de medida es el "equivalente de celda". Por ejemplo un equivalente de celda de 1 indica el coste de movimiento de atravesar una celda cuando la fricción es igual a 1. Un coste de 5 equivalentes de celda podría significar un movimiento a través de 5 celdas con fricción 1 ó 1 celda con fricción 5 (Eastman,1999).

Las distancias se miden como el número mínimo de celdas, desde la celda en cuestión hasta el objeto de referencia más próximo. Los movimientos se realizan en las 8 posibles direcciones en torno a cada celda (Eastman,1999).

3.5.2 Comando *Path*.

EL comando *Path* determina el camino de coste mínimo entre una o más celdas objetivo y una o más celdas terminales con los valores más bajos de una superficie de coste acumulado.

Path se usa en conjunción con el comando *Cost*, el cual determina la distancia de coste desde una o más celdas. Los puntos más bajos de esta superficie representan los puntos terminales para el módulo *Path*. A partir de esta superficie de fricción, *Path* determina el camino de mínimo coste que enlaza la celda terminal y la celda objetivo (Eastman,1999).

3.6 Superficies de Fricción (SF)

Las superficies de fricción (SF), simulan la resistencia al desplazamiento por el espacio. Estas varían en función de distintos criterios, como el tipo de relieve, la existencia de láminas de agua, etc. Estas características deben tenerse en cuenta en el cálculo de los mapas de coste de transporte y en los análisis de proximidad (Gutiérrez, 1994).

Las SF están constituidas por valores o “coeficientes de fricción”. Entre más altos son estos valores, mayor es la resistencia que se presenta, lo que hace más difícil el trazado del camino por ese sector.

3.7 Modelos Cartográficos

Un modelo cartográfico es la secuencia lógica de combinación y análisis de mapas o imágenes, con el objetivo de generar uno o más productos finales (mapas, tablas o gráficos). El modelo cartográfico es la expresión de la secuencia de operaciones que se realizan con las capas de datos disponibles en un SIG, con el objetivo de obtener el producto esperado (Ortiz, 1999).

Dentro del modelo cartográfico, se incluye dos tipos información: la explícita y la implícita. La primera se refiere al atributo referenciado espacialmente. Mientras que en la segunda no se registra por lo menos desde el inicio (Tomlin, 1990 citado por Cordero, 1998).

Un modelo cartográfico se basa en el establecimiento de una jerarquía. Esta se divide en diversas partes; por lo que un proyecto se divide en uno o varios módulos. Estos módulos comparten la información, aunque sus temáticas sean totalmente distintas; dentro de cada módulo, se encuentran varios temas que son los grandes bloques temáticos que se combinan dentro de estos. Dentro de cada tema se encuentran distintas capas, las cuales ya son información "geométrica", aquí ya tenemos puntos, líneas y polígonos. En cada capa se distinguen clases, las cuales se podrían decir que son, al fin y al cabo conjunciones de elementos diferenciados

(www.pobladores.com/territorios/informatica/GISWorld/pagina).

3.8 Construcción de Caminos.

Cuando en una zona rural se planifica construir una obra de gran envergadura, uno de los aspectos prioritarios y de mayor importancia, es la construcción de una red de caminos que permita el acceso a vehículos de carga pesada.

La durabilidad de un camino descansa sobre 3 pilares básicos:

1. EL Diseño.
2. La Ejecución.
3. La Explotación.

Enfocado de este modo es evidente que el fallo de cualquiera de los tres pilares de apoyo provocará el derrumbamiento de la durabilidad de los caminos. Es también evidente que el mayor peso ha de recaer sobre la proyección o diseño, ya que de poco sirve que se esmere al máximo la ejecución de un camino y su posterior conservación, si dicho camino a sido mal diseñado (Losa, 1979).

3.9 Factores a Considerar en la Proyección de Redes Viales.

En primer lugar ha de estudiarse las necesidades a satisfacer y la inversión a realizar en la red vial, analizando la rentabilidad de la misma. Por estas razones se ha de tener distintos enfoques según la finalidad que motiva la ejecución de los caminos la cual puede ser económica o social (Losa, 1979).

Entre otros factores a considerar están:

- ✓ La inversión económica máxima (la cual esta en función de la finalidad que motiva la construcción)
- ✓ La proyección de los caminos (para la cual es necesario poseer un buen conocimiento orográfico de la zona)
- ✓ Análisis geotécnicos (Granulometría, Límites de Atterberg)
- ✓ Datos climáticos de la zona.

Una vez realizados estos estudios previos, puede procederse al proyecto de la red de caminos, determinando el trazado y dimensionado de los caminos de la red (Losa, 1979).

IV. Descripción del Area de Estudio

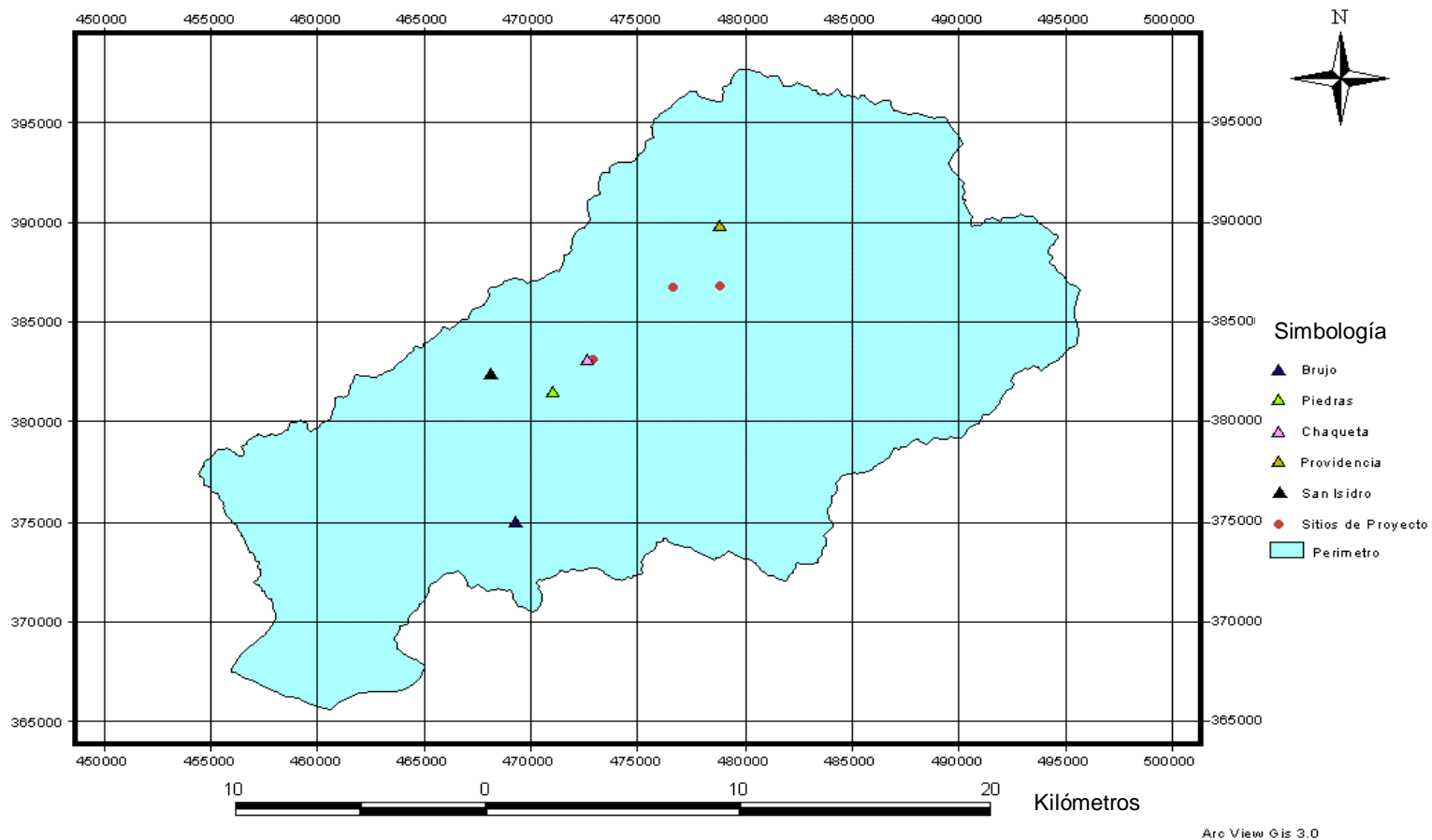
4.1 Delimitación Geográfica y Política de la Cuenca del Río Savegre.

La Cuenca del Río Savegre consta de un área de 60.818 ha y se encuentra ubicada, en la zona del Pacífico Central. Esta cuenca limita al Norte y Este con la Carretera Interamericana Sur, que a su vez forma parte de la divisoria entre las provincias de Cartago y San José. Hacia el Este de dicha cuenca se encuentra la Cordillera de Talamanca, que también forma parte de esta división provincial. Al Sur limita en parte con la Fila Barranco, la Fila Tierras Morenas y el Océano Pacífico. Finalmente al Oeste con la Fila Mona y Fila Dota.

En cuanto a la distribución Político Administrativa, una parte de la Cuenca del Río Savegre se encuentra en la provincia de San José, en los cantones de Pérez Zeledón, Tarrazú y Dota. Esta cuenca también abarca parte de la provincia de Puntarenas (una sección del cantón de Aguirre).

Dentro de esta cuenca se han ubicado más de 30 comunidades, todas de tipo rural, muy dispersas y desordenadas, con una población total de alrededor de 3.802 habitantes, para una densidad poblacional de 6,49 habitantes por Km².

Dentro de las principales actividades productivas están, la siembra y comercialización de productos agrícolas, algunos de tipo permanente y otros estacionales, aunque predomina la actividad de autoconsumo.



1:238487

Realizado por: Antonio Orozco Barrantes

21/04/2002

Fuente: Instituto Costarricense Electricidad

Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 1. Mapa de las comunidades ubicadas dentro de la Cuenca del Río Savegre y los Sitios del PH Brujo I

4.2 Clima

La Cuenca del Río Savegre está localizada en la zona del Pacífico Central, la cual se caracteriza por tener bien definido, un periodo seco que se extiende del mes de Diciembre al mes de Abril, y un periodo lluvioso que va desde Mayo a Noviembre.

Entre otras características que posee este lugar está el hecho de que esta cuenca presenta altitudes que van desde 0 m hasta los 3.491 msnm. Siendo la variación altitudinal muy considerable, se estima que este es un factor que interviene y regula los aspectos climáticos. Por estas razones se hace necesario caracterizar el clima considerando dos sectores: el sector montañoso y el sector costero.

Para el sector costero o parte baja de la cuenca en estudio el clima es típico del Pacífico Central, el cual se caracteriza por ser caluroso durante todo el año, con precipitaciones desde Mayo hasta Noviembre, con una pequeña recesión en Junio. La precipitación media anual es de 3.420 mm, con una periodo seco que se extiende de Diciembre a Abril. La evapotranspiración media anual mayor a 1.710 mm y una temperatura media anual entre 23 °C y los 27 °C.

4.3 Precipitación

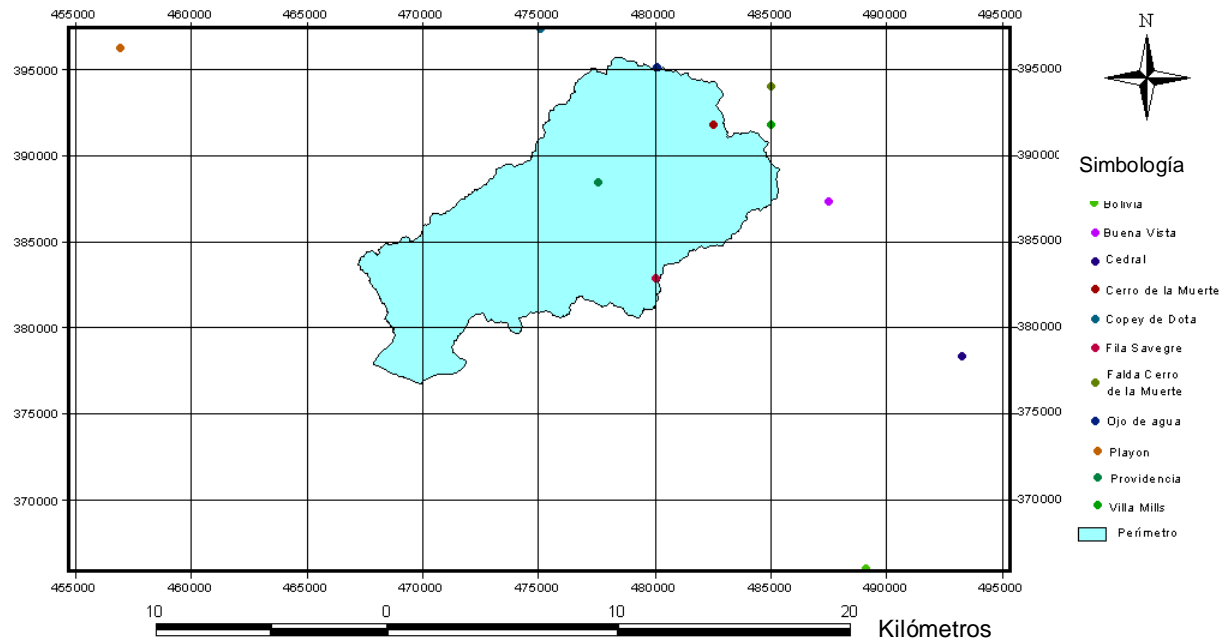
Para la Cuenca del Río Savegre, el proyecto de Morfoclimatología Aplicada y Dinámica Exógeno (MADE), ha calculado los valores de intensidad de la lluvia, mediante el Índice de Fournier, para un total de 115 estaciones pluviógrafos ubicados estratégicamente a lo largo del territorio nacional. De ese total de pluviógrafos, once se encuentran dentro, o bien en los alrededores de la cuenca (ver figura 2).

En el cuadro 1 se observan, los resultados obtenidos por el MADE, con respecto a los datos de intensidad de la precipitación para la Cuenca del Río Savegre.

Cuadro 1. Intensidad de la Precipitación para 11 pluviógrafos, ubicados en la Cuenca del Río Savegre y sus alrededores. Costa Rica, 2002.

Estación Meteorológica	Elevación (msnm)	Índice Fournier
Villa Mills	3.000	114
Ojo de Agua	2.960	100
Falda del Cerro de la Muerte	2.690	98
Cerro de la Muerte	3.365	131
Playón	65	789
Copey de Dota	1.880	115
Providencia	1.490	234
Cedral	1.450	582
Bolivia	950	486
Buena vista	1.310	168
Fila Savegre	1.280	631

Fuente: Principios de Hidrológica Tropical



1:434288

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes

21/04/2002

Fuente: Instituto Costarricense Electricidad

Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 2. Estaciones Meteorológicas ubicadas en la cercanía de la Cuenca del Río Savegre.

4.4 Geomorfología

La existencia de unidades litológicas de naturaleza distinta, así como la presencia de sistemas estructurales bien definidos, hace que la erosión del terreno no sea similar en cuanto a su magnitud y volumen a lo largo de la cuenca (Arce, 2001).

La Cuenca del Río Savegre, se caracteriza por tener en sus formaciones superficiales, rocas muy alteradas de tipo laterítico, en donde los procesos de alteración bioquímicos y procesos físicos se ven favorecidos por los aspectos estructurales y hacen que las rocas sean muy susceptibles a los procesos de alteración. Esta situación y la alta sismicidad del país favorecen los deslizamientos y desprendimientos en masa, principalmente a lo largo de los cerros que bordean los principales ríos dentro de la cuenca (Arce, 2001).

Asociados a las fallas existentes y lo largo de los drenajes naturales se distinguen varias terrazas antiguas, en las cuales se ubican pequeñas poblaciones, casas e inclusive infraestructura turística.

También se presentan en la cuenca depósitos de coluvio aluviales, asociados a los ríos y a las áreas de depósito aluvial o llanuras de inundación. Estas áreas son aptas para el desarrollo de actividad agrícola, por su alta fertilidad. Sin embargo, estas zonas se convierten en áreas de alto riesgo por las altas precipitaciones y la gran capacidad de arrastre y desbordamientos de algunos ríos incluyendo al Savegre (Arce, 2001).

4.5 Aspectos Topográficos

4.5.1 Relieve

El relieve presente en toda la cuenca es muy variable, con zonas bajas o planas y otras con relieve escarpado, producto de los procesos de erosión por los que atraviesa la cuenca. Las partes bajas están representadas, sobre todo por la llanura aluvial de Damas – Portalón, con una elevación media de 4 msnm, y el Valle del Silencio con 30 msnm. Esto en contraste con elevaciones de la Fila Costeña, tales como Cerro Nara con 1.086 msnm, Fila Mata de Café con 750 msnm (Arce, 2001).

4.5.2 Suelos

Los tipos de suelos presente en la Cuenca del Río Savegre, están directamente relacionados al tipo de relieve, la topografía y el clima. En esta cuenca, dominan los suelos Inceptisoles en las zonas escarpadas y en las áreas planas los Inceptisoles y Entisoles.

En el siguiente cuadro se aprecian los diferentes tipos de suelos presentes en la Cuenca del Río Savegre.

Cuadro 2. Tipos de suelos presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

TIPOS DE SUELO	AREA (ha)	PORCENTAJE %
Inceptisoles (Tropaquepts) planos	60	0,10
Entisoles Troporthents) planos	190	0,32
Entisoles (Tropaquents) planos	110	0,17
Inceptisoles (Eutropets) planos	1.453	2,48
Ultisoles (Tropohumults) Fuertemente ondulados	13.861	23,66
Ultisoles (Tropohumults) escarpados	42.916	73,27

Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad

4.6 Zonas de Vida

Para la Cuenca del Río Savegre se han ubicado cinco zonas de vida y dos asociaciones de transición.

4.6.1 Bosque muy Húmedo Tropical

En su estado natural los bosques de este bioclima poseen alturas que varían entre los 40 y 50 metros, son siempre verde con pocas especies decíduas, con cortos periodos secos. Presenta tres estratos y muchas especies poseen gambas y los troncos libres de ramas entre los primeros 20 y 30 metros (AECI, 1998).

4.6.2 Bosque Pluvial Montano

Esta zona de vida se caracteriza porque en condiciones naturales, los bosques primarios son de baja a mediana altura (10 a 30 m), siempre verdes, con dos estratos, densos, las epífitas son comunes, la mayor parte de la vegetación tiene hojas coriáceas y es común la existencia de bambú en el sotobosque. Las precipitaciones varían desde los 2.200 mm a 4.000 mm aproximadamente (AECI, 1998).

4.6.3 Bosque Pluvial Montano Bajo

Esta zona de vida se caracteriza por bosques siempre-verdes de baja a mediana altura (20 a 30 m), muy densos, con troncos delgados y muchas ramas, entre las especies más comunes que se pueden encontrar están: *Cornus disciflora*, *Alnus jorullensis*, *Talauna gloriense*, *Magnolia poasana*.

Esta zona presenta condiciones restrictivas para el desarrollo de actividades humanas relacionadas al uso de la tierra. Esto debido principal a la excesiva precipitación y al alto grado de humedad ambiental (AECl, 1998).

4.6.4 Bosque Pluvial Premontano

Esta zona de vida se caracteriza por tener bosques siempre-verdes, con abundancia de epífitas y una alta biodiversidad. Son muy densos y de mediana altura (30 a 40 m), con tres estratos. Algunas especies dominantes son: *Cederla odorata*, *Cederla salvadorensis*, *Ocotea spp.*, *Nectandra spp.*, *Persea spp.*, *Ficus* (AECl, 1998).

4.6.5 Bosque muy Húmedo Montano Bajo

Esta zona de vida, presenta limitaciones para el desarrollo de actividades agrícolas debido a su alta humedad. El bosque que se encuentra en esta zona es denso, con tres estratos, siempre verde y alto. Los arbustos e hierbas del sotobosque, generalmente son dispersos debido al exceso de sombra. Incluyen helechos arborescentes, palmeras pequeñas y otros tipos de palmeras más grandes en el estrato intermedio. Entre los árboles más comunes se encuentran: *Cornus disciflora*, *Cederla tonduzii* (cedro dulce), *Alnus jorullensis*, *Magnolia poasana* y *Persea schiedeana*.

Además de las zonas de vida anteriormente expuestas, también se pueden ubicar en esta cuenca asociaciones como: Bosque muy Húmedo Tropical – Transición – a – Premontano, Bosque muy Húmedo Premontano – Transición – a – Basal (AECI, 1998).

4.7 Geología

Afloran en la zona varias formaciones litológicas, las que se han dividido en 10 unidades de las cuales 9 eran formales y 1 informales.

Las unidades sedimentarias, todas del terciario son: Unidad Damas,(Eoceno Superior) Unidad Silencio,(Oligoceno), Unidad Cedral, (Mioceno Inferior) y Unidad la Botella (Arce, 2001).

Dentro del grupo de rocas ígneas hay vulcanismo Terciario, en la parte Noroeste de la cuenca estudiada e intrusiones garbos, basaltos y diabasas del complejo de Nicoya. La descripción se hará en orden descendente de la unidad más vieja a la más joven (Arce, 2001).

4.7.1 Complejo de Nicoya (TK-cn)

Aflora en las proximidades de Manuel Antonio ubicándose cronológicamente como paleoceno inferior (Mora, 1984). También aflora en el Río Pirrís, en la localidad de Llano Bonito de León Cortés y en Providencia.

Lo constituyen basaltos macizos color negro grisáceo con vetillas de calcita, sobre yacidos por conglomerados compuestos por bloques de basaltos, areniscas y lutitas cuyo diámetro no supera los 25 cm. Al igual que los basaltos, también están cruzados por vetas de calcita ceolita (Arce, 2001).

4.7.2 Unidad Damas (Te-d)

Se localiza en la Fila Costeña, en varios puntos al Norte de la Falla Paquita y al Este de la Falla Naranja. Ha sido correlacionada por su apariencia física, petrografía y por su posición litoestratigráfica relativa, con la Unidad Cajón de la formación Brito. Fue denominada de esa manera por Henningsen en 1965 y Mora en 1979.

Toma su nombre de la localidad de Damas, en las proximidades del caserío, citado, en donde además se presenta disolución kártica. En el poblado de Piedras Blancas del Río Nuevo de Pérez Zeledón, aflora una unidad clástica ínter estratificadas como areniscas y brechas es decir de naturaleza clástica con facies de calcarenita y biomicrita (packstone), según clasificación de Folk y Dunhan (Arce, 2001).

4.7.3 Unidad Silencio.

Esta unidad es correlacionable con la parte inferior de la Formación Térraba, denominada Unidad Zapote (Mora, 1984). El primero en describir la Formación Térraba fue Dengo entre los años de 1953 y 1963, en secciones entre Palmar Norte y el Río Curré, San Isidro y Dominical. Esta unidad aflora en el flanco Suroeste de la fila Nubes. Al Este de la falla Tierras Morenas parte superior de la fila del mismo nombre. Al Noreste de la falla La Faralla y entre las fallas Damas y Paquita, al Oeste con la falla Naranjo.

Los espesores de sus estratos varían entre 20 y 50 cm, aunque la mayoría de las veces se presentan como areniscas macizas. Aflora por lo general como producto del fallamiento inverso predominante en la zona costera del pacífico (Arce, 2001).

4.7.4 Unidad Cedral (Tom-c)

Fue definida como facies proximal de la turbidita con predominio de conglomerados y areniscas. Los estratos presentan espesores de 5 cm hasta 1 m, con estructuras sedimentarias como ondulitas, laminación cruzada, grano selección positiva y bolas de arcilla armada. Estas estructuras se pueden ver en el Río Blanco.

Esta unidad aflora al Suroeste de las fallas Surubres y Damas. Al Noreste de la falla Paquita hasta el Río Naranjo en las filas Nubes, Tierras Morenas y en las márgenes del Río Savegre y División

4.7.5 Unidad La Botella (Tm-b)

Su origen es vulcanoclástico, con predominio de fragmentos volcánicos y alto grado de cloritización. Su cemento es calcáreo y su matriz arcillosa cloritizada. Aflora por lo general sobre el eje de los sinclinales Zopilote, Del Angel, Pacuar, la Botella, etc. Siendo este último del que toma su nombre y que ha servido como zona tipo (Santo Domingo). Las lutitas de la Unidad La Botella son de color negro y al igual que la Unidad Curré, se encuentran intercaladas con areniscas finas y gruesas (Arce, 2001).

4.7.6 Depósitos de Ladera (Qtal)

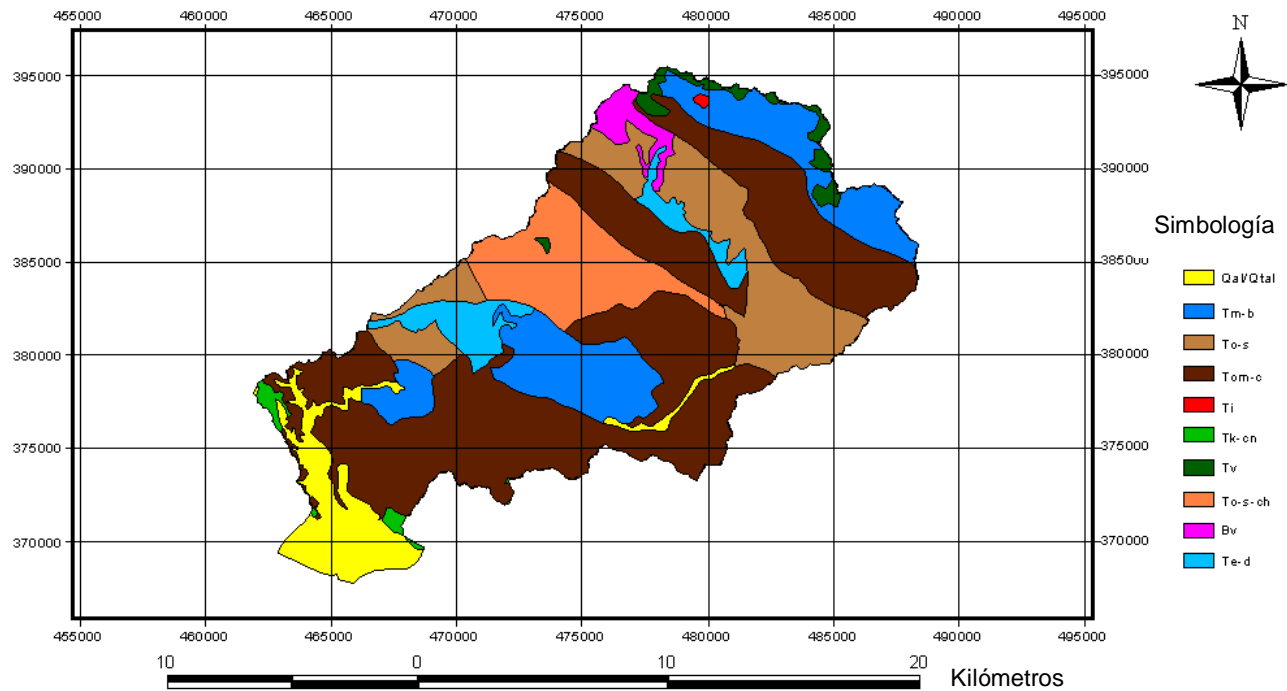
En la mayoría de las filas que bordean los ríos principales de esta zona, como el Savegre, División, Hatillo y Brujo, son muy frecuentes los conos de deyección y los deslizamientos. Este factor que demuestra la fase de erosión juvenil en que se encuentra esta región lo que conlleva el acarreo y depósito de materiales por procesos gravitatorios causados por la inestabilidad y erosión de las laderas (Arce, 2001).

4.7.6 Aluvión (Qal)

Está constituido por los materiales arrastrados y depositados en las márgenes de los ríos. Su composición es sumamente variada en cuanto a la dimensión de granos, bloques y a la variabilidad de sus rocas originarias. Esto debido a las grandes distancias de acarreo y a la complejidad geológica de las zonas que cruzan los ríos (Arce, 2001).

4.7.7 Intrusiones de Talamanca (Ti-t, Mioceno – Plioceno)

Se tiene referencia de Mora (1984), de la presencia de intrusiones en las proximidades de los ríos División, Piedras Blancas, La Chaqueta y Brujo. La gama de rocas intrusivas que se encuentran en esta zona es amplia (granitos, monzonitas, sienitas, dioritas y granodioritas). Pueden encontrarse además, alrededor de las intrusiones mayores, zonas de metamorfismo de contacto con rocas de tipo cornubianítico. Su edad se estima como del Mioceno-plioceno (ver figura 3).



1:297558

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
21/04/2002
Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 3. Mapa de Formaciones Geológicas que conforman la Cuenca del Río Savegre

V. Materiales y Métodos

5.1 Descripción General de la Metodología.

La metodología aplicada para este estudio es el resultado de la adaptación realizada por Castro (1998) en los estudios de identificación de áreas críticas para la protección de las Cuencas de los Ríos Banano y Bananito. De esta metodología se tomaron las variables de: intensidad de la precipitación, pendiente en porcentaje, resistencia geomorfológica, susceptibilidad a la erosión, grados de protección del suelo. Además se incluyeron las variables de sitios arqueológicos, ríos y zonas protectoras.

Con base a estas variables se elaboraron 2 superficies de fricción, para desarrollar las diferentes rutas. Esto se realizó por medio de la aplicación del software, *ArcView*. Las rutas se desarrollaron mediante la extensión de *SPATIAL ANALYST*, y el comando *MAP CALCULATOR*

5.2 Variables que se utilizaron para la Construcción de las Rutas de Acceso.

5.2.1 Modelo de Elevación Digital (MED).

Se trabajó con el modelo desarrollado por la unidad de SIG del Departamento de Gestión Ambiental, del Instituto Costarricense de Electricidad (ver figura 4). Con base a este MED, se desarrollaron dos capas de datos: pendientes en porcentaje y ríos de la Cuenca del Río Savegre.

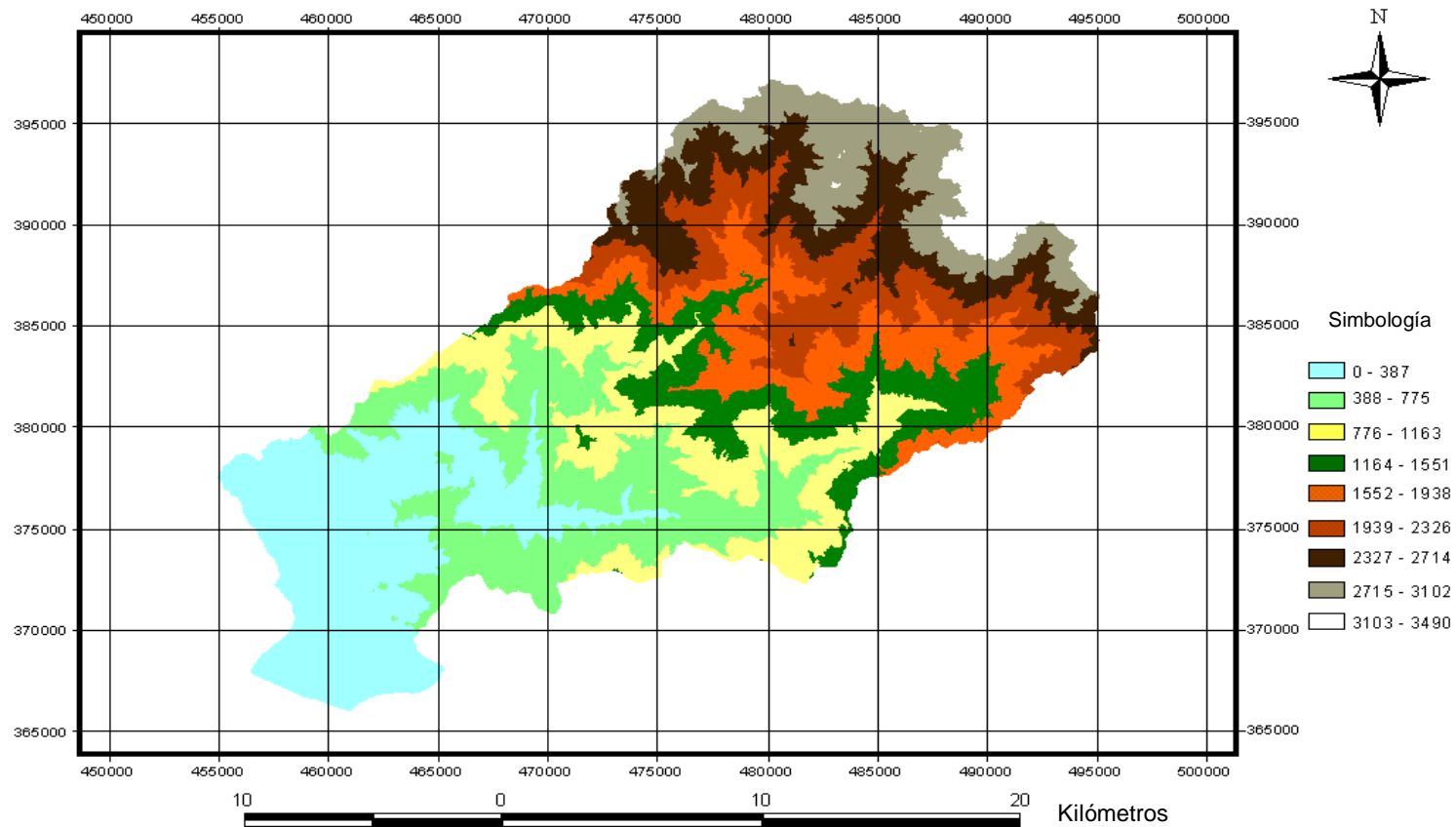
5.2.2 Mapa de Pendientes.

El mapa de pendientes se generó utilizando como base el modelo de elevación digital antes mencionado. Para ello se procedió a activar la extensión de *SPATIAL ANALYST*, y el comando *SLOPE*. Posteriormente con el comando *RECLASS*, se agruparon las pendientes en cinco rangos de acuerdo al cuadro 3, establecido por la metodología del CIDIAT (1984).

Cuadro 3. Delimitación de los Rangos de Pendiente según la metodología del Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT), 1984.

RELIEVE	RANGO	IDENTIFICADOR	FRICCION
SUAVE	DE 0 a 12%	1	10
MODERADO	DE 12 a 25%	2	50
FUERTE	DE 25 a 50%	3	100
MUY FUERTE	DE 50 a 75%	4	150
ESCARPADO	DE 75 a 85%	5	250

Fuente: CIDIAT



Arc View Gis 3.0



1:244482

Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 4. Mapa del Modelo de Elevación de la Cuenca del Río Savegre

5.2.3 Mapa de Unidades Litológicas

Se utilizó el mapa de unidades litológicas desarrollado en la unidad de SIG del Departamento de Geología del ICE. Con base en este mapa se procedió a identificar la roca madre de cada una de las formaciones geológicas, y se reclasificó de acuerdo a las unidades litológicas, asignándole un grado potencial de disgregación o grado de erodabilidad, como lo muestra el cuadro 4.

Cuadro 4. Caracterización Litológicas y Grado de Erodabilidad, de acuerdo a la metodología del (CIDIAT), 1984.

Formación Geológica	Simbología	Litología	Erodabilidad	Identificador
Deposito Cuaternario	(Qal/Qtal)	Aluvión y/o Coluvio	Muy Baja	10
Unidad Botella	(Tm-b)	Lutita Volcanoclástica	Baja	20
Unidad Silencio	(To-s)	Areniscas de grano Fino o medio	Baja	30
Unidad Cedral	(Tom-c)	Areniscas, lutitas y conglomerados	Moderada	40
Rocas Intrusivas de Talamanca	(Ti)	ígneas intrusivas (granito, granodiorítica, diorítica)	Moderada	50
Complejo de Nicoya	(TK-cn)	Basaltos toleíticos	Moderada	60
Rocas Volcánicas	(Tv)	Ígnea Volcánica (andesitas, basalto-andosita)	Alta	70
Unidad Silencio Sub-unidad Chaqueta	(To-s-ch)	Areniscas macizas y brechas	Alta	80
Brecha Verde	(Bv)	Brecha verde	Alta	90
Unidad Damas	(Te-d)	Calizas, arrecifales	Alta	100

Fuente: consulta a experto

5.2.4 Mapa de Resistencia Geomorfológico¹.

El mapa de resistencia geomorfológica se obtuvo a partir de la combinación de los mapas digitales de: pendiente en porcentaje y de unidades litológicas. Esta suma se efectuó con la extensión, *SPATIAL ANALYST*, con el comando *MAP CALCULATOR* de *ArcView*. El mapa resultante, se reclasificó de acuerdo al cuadro 5. Para generar el mapa de resistencia geomorfológica.

Cuadro 5. Matriz de la Resistencia Geomorfológica presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2001.

Pendiente	Qal/ Qtal	Simbología Estratigráfica								
		Tm-b	To-s	Tom-c	Ti	Tk-cn	Tv	To-s- ch	Bv	Te-d
Suave (0-12%)	B	A	A	A	MA	MA	MA	A	A	B
Moderada (12-25%)	B	M	M	A	A	A	MA	M	A	A
Fuerte (25-50%)	MB	M	M	M	A	A	A	M	M	A
Muy Fuerte (50-75%)	MB	B	B	M	M	M	M	M	M	M
Escarpado (75-95%)	MB	B	B	B	M	M	M	B	M	M

Donde:

CODIGO	RESISTENCIA GEOMORFOLOGICA	IDENTIFICADOR
MA	Muy alta	10
A	Alta	20
M	Moderada	30
B	Baja	40
MB	Muy Baja	50

¹ Mapa de Resistencia Geomorfológico se utilizó como un insumo para la elaboración del mapa de susceptibilidad a la erosión.

5.2.5 Mapa de la Intensidad de la Precipitación

El mapa de intensidad de la precipitación se generó mediante la ubicación de 11 estaciones meteorológicas localizadas en zona de estudio y sus alrededores. Una vez ubicadas se procedió a transformar el sistema de referencia, pasando de coordenadas geográficas a coordenadas Lambert Costa Rica Sur. Para esto se utilizó el programa *CONVERTX*.

Las estaciones meteorológicas seleccionadas son parte del Proyecto de Morfoclimatología Aplicada y Dinámica Exógena (MADE), desarrollado por la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional de Costa Rica. En este proyecto se calcularon, los valores de intensidad de la precipitación para 115 pluviómetros, ubicados a lo largo del territorio nacional.

Para efectos de este trabajo se escogieron las estaciones más cercanas a la Cuenca del Río Savegre y se procedió a tomar los valores de altitud, latitud e intensidad de la lluvia. (ver anexo 1 y 2)

Con base a los datos obtenidos para las estaciones meteorológicas, se elaboró un archivo con extensión *.dbf* y se importó a *ArcView*. Con el comando *ADD TABLE*, y se creó un nuevo tema, con el comando *ADD EVENT THEME* y con el comando *CONVERT TO SHAPE FILE* se generó un archivo de puntos donde se encuentran los datos de intensidad de la precipitación. Posteriormente con el comando *INTERPOLATE SURFACE*, se procedió a interpolar estos valores de precipitación. Por último, con el comando *RECLASS*, se realizó una reclasificación con base en el cuadro 6, para generar un mapa de intensidad de la precipitación, para toda la cuenca.

Cuadro 6 Delimitación de los Niveles de Intensidad de la Precipitación según la metodología del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE,1975).

AGRESIVIDAD	INDICE DE FOURNIER	IDENTIFICADOR
Baja	Menos de 250	1
Moderada	De 250 a 300	2
Fuerte	Más de 300	3

Fuente: CENICAFE

5.2.6 Mapa de Susceptibilidad a la Erosión²

El mapa de susceptibilidad a la erosión se obtuvo a partir de la combinación de los mapas digitales de: resistencia geomorfológica e intensidad de la precipitación. Esta suma se efectuó mediante la extensión *SPATIAL ANALYST* con el comando de *MAP CALCULATOR* de *ArcView*.

Posteriormente se procedió a realizar una reclasificación de acuerdo al cuadro 7, para generar el mapa de susceptibilidad a la erosión.

Cuadro 7. Matriz de la Susceptibilidad a la Erosión presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

AGRESIVIDAD DE LLUVIA	RESISTENCIA GEOMORFOLOGICA				
	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
BAJA	MB	MB	B	M	M
MODERADA	B	B	M	A	A
FUERTE	M	A	A	MA	MA

Fuente: consulta a experto

² La susceptibilidad a la erosión, es una variable que se utilizó para la construcción de las rutas de acceso y se generó en base a: la agresividad de la lluvia, MED, unidades litológicas

Donde:

CODIGO	SUSCEPTIBILIDA A LA EROSION	SUPERFICIE FRICCION
MB	Muy bajo	1
B	Bajo	10
M	Moderado	50
A	Alto	100
MA	Muy alto	300

5.2.7 Mapa de Grados de Protección del Suelo (Uso Actual de la Tierra)³.

El mapa de grados de protección del suelo se generó mediante la reclasificación del mapa de uso actual de la tierra. Dicho mapa se realizó con base en la información sobre uso actual de la tierra para el año de 1992, que se encuentra en el Atlas de Costa Rica 2000, desarrollado por el Departamento de Sistemas de Información Geográfica, de la Escuela de Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Mediante el cuadro 8 se le asignó un grado cualitativo o índice de protección del suelo, su correspondiente coeficiente de fricción.

Cuadro 8. Grados de Protección del Suelo presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	GRADO CUALITATIVO DE PROTECCIÓN	COEFICIENTE DE FRICCION
Bosque Primario	Muy Alto	400
Bosque Secundario	Alto	300
Bosque Intervenido	Moderado	200
Cultivo agrícola	Moderado	50
Pastos / Charales	Bajo	1

Fuente: Consulta a expertos

5.2.8 Mapa Hidrológico⁴

Tomando como base el MED desarrollado por la unidad de SIG del Departamento Gestión Ambiental del ICE, se desarrolló el mapa hidrológico de la Cuenca del Río Savegre. Esto se realizó activando la extensión de *SPATIAL ANALYST*, con el comando *FLOW DIRECTION*, se procedió a crear un nuevo mapa que corresponde a la dirección flujo o sea la dirección que tomará el agua en base la pendiente del lugar. Con base a este nuevo mapa se procedió a crear un mapa donde se observan los principales ríos que se encuentran en la zona. Para esto se utilizó el comando *FLOW ACUMULATION*.

Por último, con el mapa de ríos y el comando *STREAM ORDER*, se generó un nuevo mapa que mostrara el orden de Strahler de los ríos presentes en la cuenca. Una vez hecho este mapa se realizó una reclasificación con base en el cuadro 9.

Cuadro 9. Reclasificación de los ríos con la metodología de Strahler y asignación de coeficientes de fricción para la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS	COEFICIENTE DE FRICCIÓN
Primer Orden	1
Segundo Orden	50
Tercer Orden	200
Cuarto Orden	300

Fuente: consulta a expertos

³ Mapa de grados de protección del suelo es una variable que se utilizó para la construcción de las rutas de acceso

⁴ Mapa Hidrológico es una variable que se utilizó para la construcción de las rutas de acceso

5.2.9 Mapa de Sitios Arqueológicos⁵.

Este mapa, fue proporcionado por el ICE, y se le asignó un coeficiente fricción de acuerdo al cuadro 10.

Cuadro 10. Asignación de los Coeficiente de Fricción de los Sitios Arqueológicos, presentes en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002

Variable	Presencia	Coeficiente Fricción
Sitio arqueológicos	Sí	10
	No	0

Fuente: consulta a expertos

5.2.10 Mapa de Areas Protegidas.

Este mapa se realizó con base en la información obtenida sobre las diferentes áreas de protección que existen en el territorio nacional. Esta información se encuentra en el Atlas de Costa Rica 2000.

La asignación de los coeficientes de fricción se realizó, de acuerdo al tipo de área de protección presente en la Cuenca del Río Savegre, según la clasificación presente en el Plan Nacional de Desarrollo Forestal.

En el cuadro 11, se muestran las distintas categorías de áreas de protección presentes en la zona de estudio, y su respectivo coeficiente de fricción.

⁵El mapa áreas arqueológicas, es una variable que se utilizó para la construcción de las rutas de acceso

Cuadro 11. Areas de Protección, que se localizan dentro de la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

NOMBRE	CATEGORIA	COEFICIENTE DE FRICCION
Río Macho	Reserva Forestal	100
Los Santos	Reserva Forestal	100
Portalon	Refugio Vida Silvestre	100
Cerro Nara	Zona Protectora	100
Cerro las Vueltas	Reserva Biológica	500

Fuente: Consulta a Experto

5.3 Construcción de las Rutas de Acceso

Una vez terminadas las capas básicas del modelo, se procedió a desarrollar las diferentes rutas de acceso, entre los poblados y los diferentes sitios de proyecto. Para esto se utilizaron las imágenes en formato raster de las variables seleccionadas. Cada una de ellas, poseían un coeficiente de fricción específico; la suma de estos, dio como resultado las superficies de fricción. La primera superficie estaba constituida por todas las variables seleccionadas, mientras que en la segunda no se incluyó la variable, de zonas de protección de los ríos.

Con las superficies de fricción listas se procedió a crear las diferentes rutas, que unirían a los poblados y las obras de infraestructura del PH Brujo I. Esto se realizó utilizando el comando de *MAP CALCULATOR* y el procedimiento consistió en dos partes. En la primera se escribió la siguiente secuencia:

Source, Costdistance(costsurface, "Backlink".Asfile, NIL, NIL)

Esta secuencia indica al programa el punto de partida y genera 2 productos, los cuales son elementos indispensables para la segunda parte del procedimiento. Estos elementos son un archivo llamado “*distance grid*” y otro llamado “*direction grid*”. Estos archivos son parte de la segunda línea de comandos, la cual es la encargada de diseñar las rutas, esta línea de comandos es la siguiente:

agrid, costpath(distancegrid, directiongrid, true/false).

Las dos últimas palabras del comando son “*True / False*”. Con la opción *True* el programa escoge una sola ruta, mientras que con la opción *False*, el programa muestra todas las posibles opciones que se pueden presentar.

EL producto final que se obtuvo de estos procedimientos, fue una imagen tipo *grd* (formato raster), que muestra cuál es la mejor ruta para unir a los poblados antes mencionados.

5.4 Modelos Cartográficos.

Para efectos de simplificar la metodología del trabajo y que fuese más fácil de comprender, se crearon 2 modelos cartográficos, en donde se muestran los procedimientos, para realizar el diseño de las rutas.

En el modelo cartográfico 1 se observa la línea de comando necesaria para crear las capas de información que se utilizaron, para crear las 2 superficies de fricción que se usaron como restricciones para generar las 14 posibles rutas, para unir a los poblados con los sitios de proyecto.

En el modelo cartográfico 2 se observan los diferentes procedimientos para diseñar las rutas de acceso, desde los poblados hasta los sitios de proyecto, utilizando las superficies de fricción para tratar de minimizar los daños al medio ambiente de la cuenca.

VI Resultados.

6.1 Mapas Elaborados para Desarrollar las Superficies de Fricción

6.1.1 Mapa de Pendientes.

En el cuadro 12 se observa, la distribución de los rangos de pendiente y la relación porcentual que se presenta entre el área de cada clase, con respecto al área total de la Cuenca del Río Savegre.

Cuadro 12. Distribución de los Rangos de Pendiente presentes en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

RELIEVE	RANGO	AREA (ha)	Porcentaje
SUAVE	de 0 a 12%	12. 242	20,21
MODERADO	de 12 a 25%	20.763	34,28
FUERTE	de 25 a 50%	26.498	43,75
MUY FUERTE	de 50% a 75%	1.069	1,75
ESCARPADO	Mayor de 75%	1	0,1

Fuente: Datos del programa

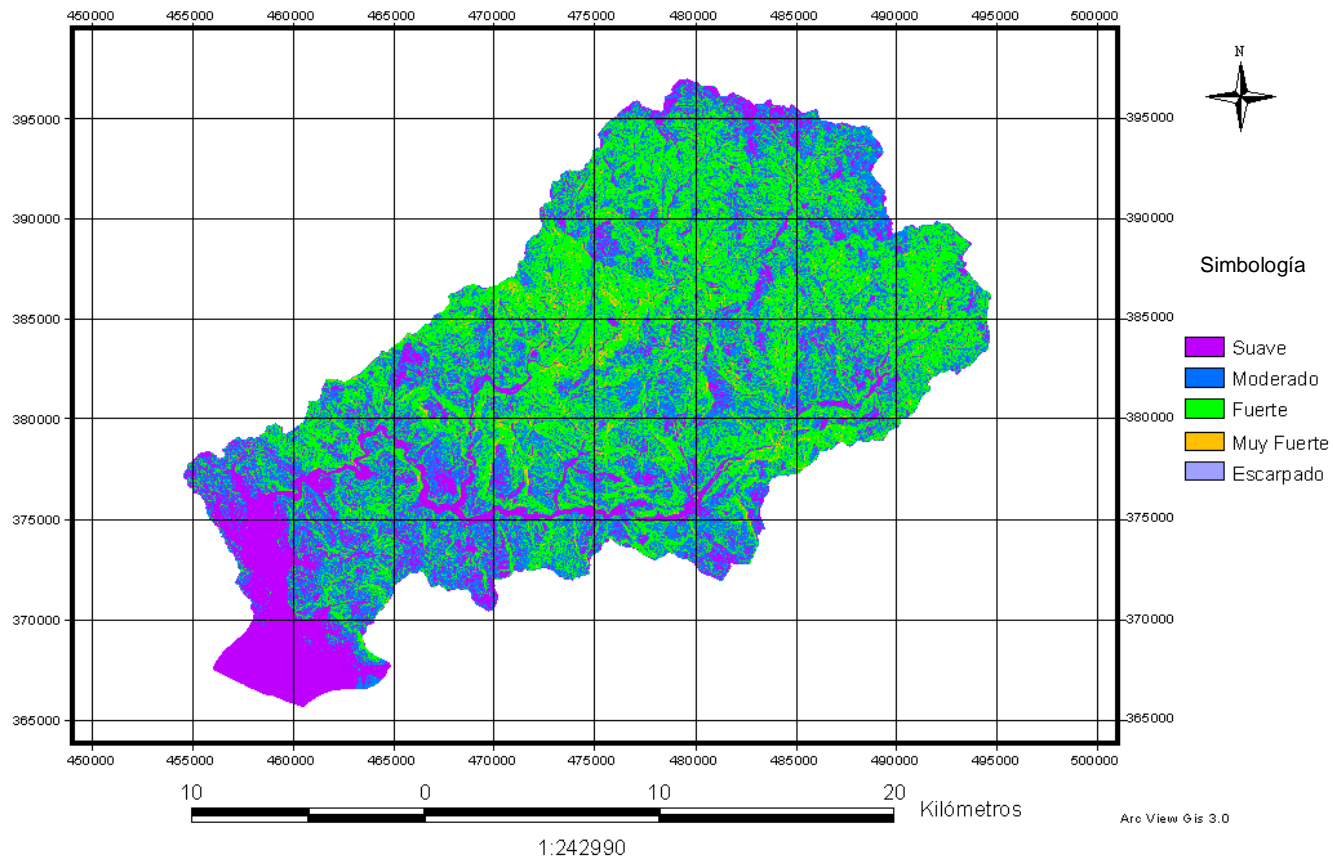
En la figura 5 se observa la distribución de los 5 intervalos de pendientes presentes en la Cuenca del Río Savegre, definido mediante la metodología del CIDIAT (1984).

El rango que corresponden al relieve fuerte, es el que abarca una mayor cantidad de terreno con un total de 26.498 ha, lo que corresponde a un 43,75% del territorio de la cuenca; como se muestra en la figura 5. Este relieve se distribuye por casi toda la cuenca (a excepción de la zona cercana a la desembocadura del Río Savegre), predominando en la sección media de esta. Este tipo de relieve se asocia a la presión que sobre esta zona ejerce la placa de Cocos, contra el arco interno.

Por la escala utilizada en la figura 5, pareciera que el relieve fuerte y moderado cubren una cantidad muy similar de terreno. La realidad es que el relieve moderado cubre un total de 20.763 ha, por lo que la diferencia entre estos dos tipos de relieve es de 5.735 ha, lo que representa un 9,46% de total del área, siendo el relieve tipo fuerte el que presenta un mayor porcentaje.

Las pendientes suaves abarcan un total de 12.242 ha lo cual corresponden a un 20,21 % del territorio de la cuenca. Como es de esperar este tipo de relieve se localiza en la cuenca media-baja incluyendo desembocadura del Río Savegre en el Océano Pacífico. En esta zona las elevaciones van de 0 hasta 500 msnm y a lo largo de las márgenes de los Río Savegre y División. Sin embargo, por la morfología propia de la cuenca y la madurez del río, este tipo de relieve no es exclusivo de estas altitudes, puesto que en la parte más alta de la cuenca entre los 3.100 y 3.330 msnm, existe una pequeña sección de terreno que cumple con estas características.

Los rangos de pendiente muy fuerte y escarpados, corresponden a un 1,76 % del área total de la cuenca.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 5. Mapa de Pendientes presentes en la Cuenca del Río Savegre

6.1.2 Mapa de Unidades Litológicas.

En la Cuenca del Río Savegre se encuentran un total de 10 formaciones geológicas, 9 de las cuales son formales y 1 es informal. Este es el caso de la Unidad Silencio sub unidad Chaqueta.

En el cuadro 13 se muestran cada una de las unidades litológicas presentes en la cuenca y la relación porcentual que existe entre el área que abarcan cada una, con respecto al área total de la cuenca.

Cuadro 13. Distribución de las Unidades Litológicas de la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

Unidades Litología	Area (ha)	Porcentaje	Erodabilidad
Aluvión y/o Coluvio	4.407	7,25	Muy Baja
Lutita Volcanoclástica	9.521	15,21	Baja
Areniscas de grano fino o medio	8.799	14,47	Baja
Areniscas, lutitas y conglomerados	27.090	44,55	Moderada
Ignea intrusiva (granito, granodiorítica, diorítica)	120	0,20	Moderada
Basaltos toleíticos	499	0,82	Moderada
Ignea Volcánica (andesitas, basalto-andesita)	1.015	1,67	Alta
Areniscas macizas y brechas	5.860	9,64	Alta
Brecha verde	1.090	1,79	Alta
Calizas arrecifales	2.671	4,39	Alta

Fuente: Datos del programa

En la figura 6 se observa la localización de las 10 unidades litológicas presentes en la Cuenca de Río Savegre. Según la erodabilidad estimada para este trabajo, es posible reclasificarla en 4 grandes grupos. Como se puede observar en la figura 7, estos grupos son:

1. Erodabilidad Muy Baja.
2. Erodabilidad Baja
3. Erodabilidad Moderada.
4. Erodabilidad Alta.

En la figura 7 se muestra que el primer grupo abarca rocas de la formación de Depósitos Cuaternarios (aluvión/coluvio), las cuales corresponde a un total del 7,25% del territorio total de la cuenca, o sea 4.407 ha. Este grupo se ubica en la parte media y baja de la cuenca. En la parte media, la unidad Qtal/Qal es atravesada en su totalidad por el Río División y su presencia es producto del quiebre topográfico que determina la falla Paquita. En la parte baja de la cuenca (0 y 500 msnm), el Río Savegre unido al División, cruzan a esta misma unidad para desembocar en el Océano Pacífico.

La erodabilidad muy baja que este grupo posee, es producto de la no-cohesión, de los diferentes componentes que la constituyen, los cuales normalmente presentan una granulometría de media a gruesa.

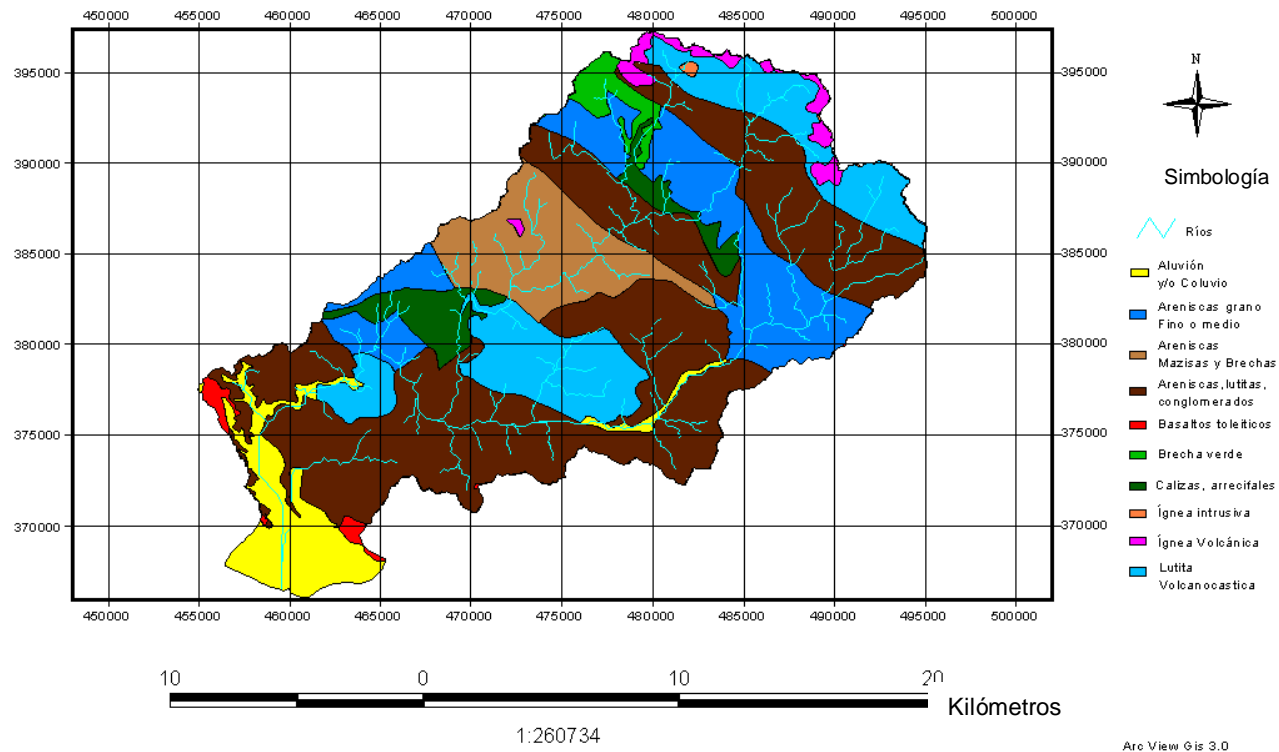
El segundo grupo está compuesto por las rocas de las formaciones de la Unidades de Silencio y Botella (To-s y Tom-b). Estas unidades se presentan en 18.320 ha (29,68%), ubicándose a lo largo de la cuenca desde 3.110 msnm hasta los 0 msnm. En la parte más alta de la cuenca de 3.110 hasta 3.900 msnm, los Ríos Savegre y División atraviesan a estas formaciones geológicas. En la sección media de la cuenca, la unidad de Tom-b se encuentra, delimitada entre estos dos ríos, debido a la acción de una falla geológica local conocida como Paquita.

El tercer grupo esta constituido por rocas de las formaciones: Unidad Cedral, rocas intrusivas de Talamanca y el Complejo de Nicoya. Estas se presentan en un 45,57% del territorio total de la cuenca, o sea 27.710 ha, siendo este el grupo de mayor presencia en la cuenca. Este grupo se ubican en la parte baja de la misma desde una altitud 0 msnm, hasta las partes más altas hasta los 3.100 msnm.

La moderada erodabilidad que ofrecen estas rocas, pueden ser producto de alteraciones hidrotermales. Estas alteraciones son asociables a las fallas regionales, que determinan el control estructural que se presentan en los Ríos Savegre y División.

El último grupo corresponde a las formaciones de: la Unidad de Damas, Sub Unidad Chaqueta, brecha verde y rocas volcánicas. Estas formaciones se localizan en la parte alta de la cuenca. Este grupo representa un 15,82% de territorio de la cuenca, lo cual corresponde a un total de 10.637 ha. Este grupo se ubica exclusivamente en el sector Noreste de la cuenca, desde 500 msnm hasta 3.900 msnm.

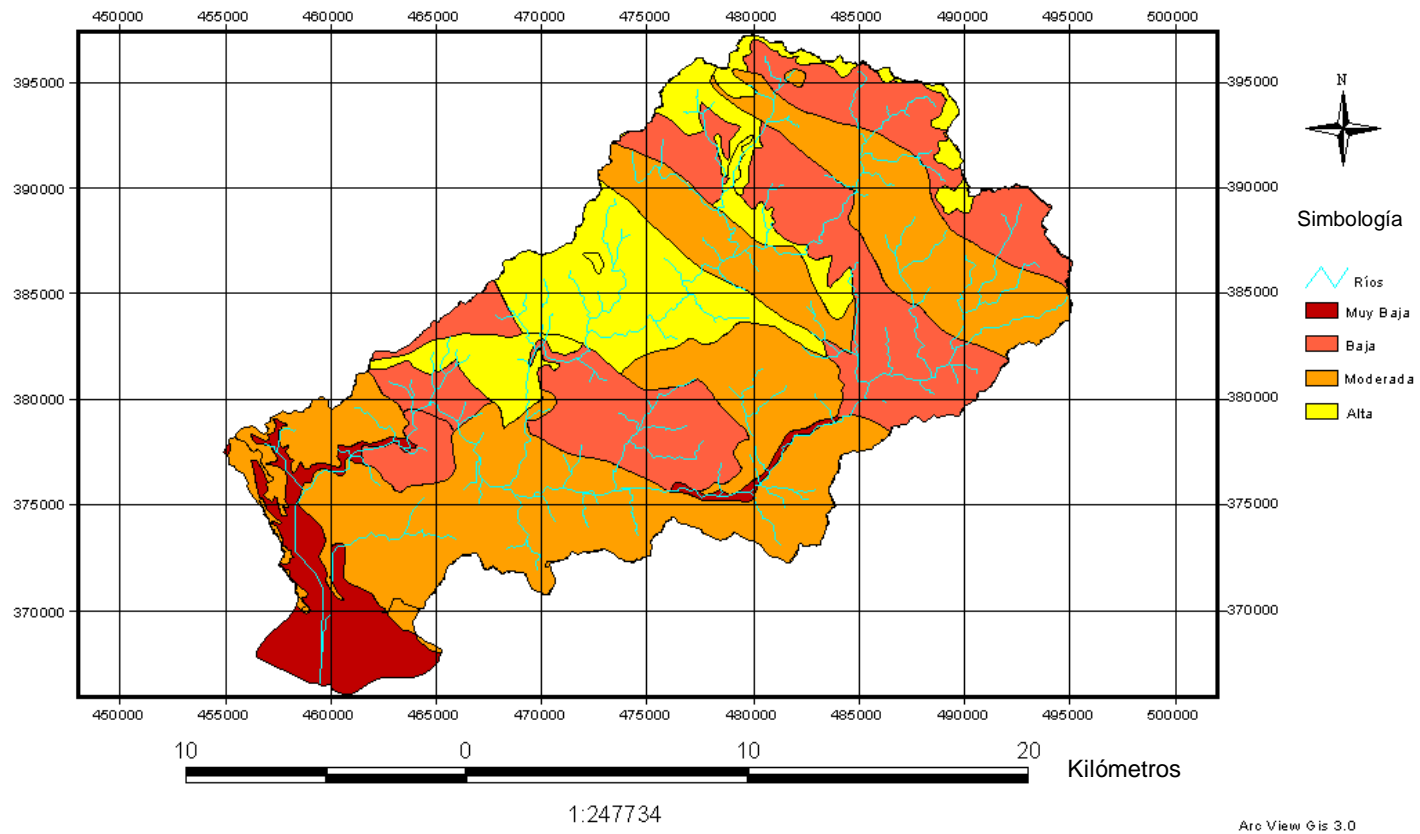
La alta resistencia a la erosión que caracteriza a este grupo, es producto de la poca o nula alteraciones de sus rocas, que presentan una alta resistencia natural.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 6. Mapa de Unidades de Litológicas que conforman la Cuenca del Río Savegre



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
21/04/2002
Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 7. Mapa de Resistencia a la Erosión de las Unidades Geológicas calculada para la Cuenca del Río Savegre

6.1.3 Mapa de Resistencia Geomorfológica.

El mapa de resistencia geomorfológica, es producto de la combinación de los mapas digitales de: pendiente en porcentaje y de unidades litológicas. De esta operación se obtienen 5 diferentes clases, definidas por la metodología del CIDIAT (1984).

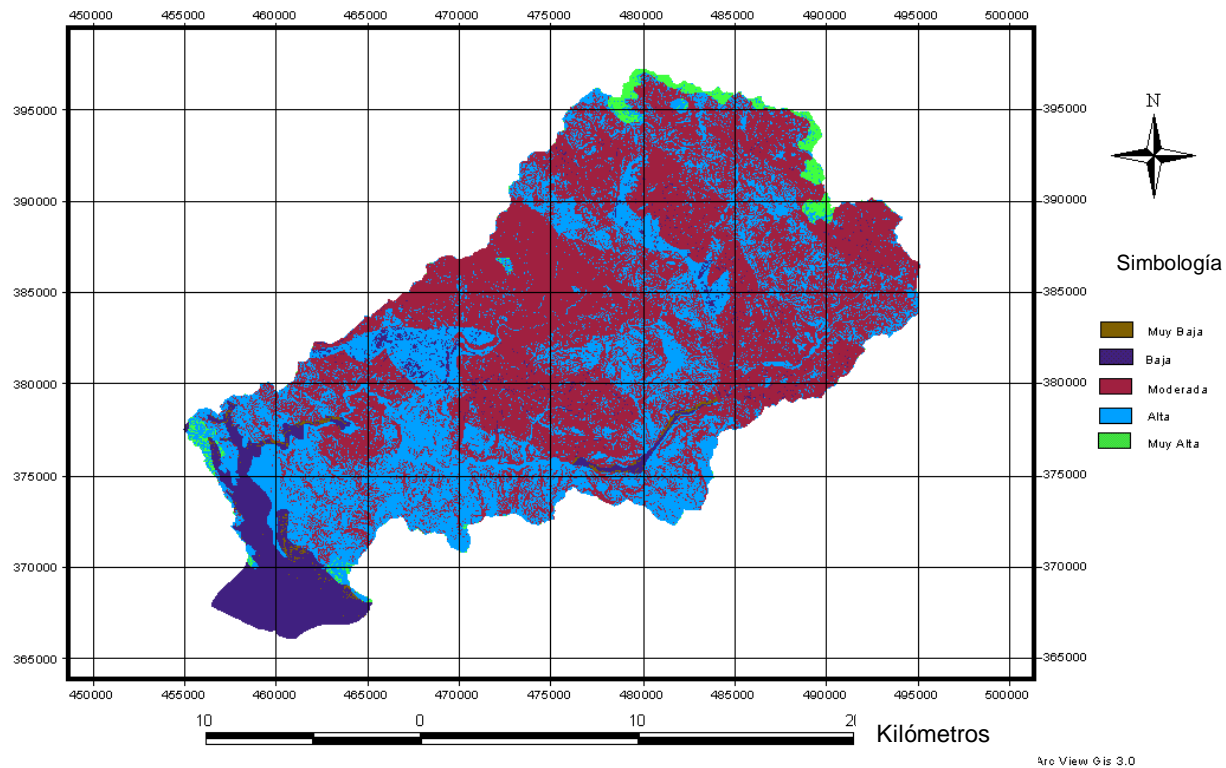
En el cuadro 14 se observa el área que ocupa cada una de las 5 clases y su respectiva relación porcentual con respecto al área total de la cuenca (ver figura 8).

Cuadro 14. Distribución de la Resistencia Geomorfológica en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

Resistencia Geomorfológica	Area (ha)	Porcentaje
Muy Baja	233	0,38
Baja	4.767	7,85
Moderada	33.642	55,42
Alta	21.030	34,64
Muy Alta	1.030	1,70

FUENTE: Datos del programa

Con la información que se observa en el cuadro 14, se concluye que en esta cuenca la resistencia geomorfológica moderada, es la dominante con un total de 55,42 % (33.642 ha) del total del área. En un segundo lugar se encuentra la suma de las resistencias alta y muy alta, con un total del 36,34% (22.061 ha), y en tercer lugar se encuentran la suma de las resistencias muy baja, y baja con apenas un 8,23% (5.001 ha).



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 8. Mapa de Resistencia Geomorfológica determinada para la Cuenca del Río Savegre

6.1.4 Mapa de Intensidad de la Precipitación.

Los resultados de la clasificación de la intensidad de la precipitación para la Cuenca del Río Savegre, se observan en el cuadro 15. Así como el área ocupada y su relación porcentual con respecto al área total.

Cuadro 15. Clasificación de Intensidad de la Precipitación de la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

Intensidad	Area (ha)	Porcentaje
Baja	25.412	41,78
Moderada	13.069	21,49
Fuerte	22.336	36,73

Fuente: Datos del programa

De acuerdo a los resultados obtenidos de la interpolación de los datos de la intensidad de la precipitación (ver figura 9), para las 11 estaciones meteorológicas, se demuestra que esta cuenca posee un total de 22.336 ha, donde la intensidad es fuerte. Esta zona se extiende desde la desembocadura del Río Savegre la cual está a 0 msnm, sube hasta 3.100 msnm y posteriormente desciende hasta los 2.100 msnm.

La zona de intensidad moderada es la que abarca el menor porcentaje de las tres con un 21,49% que representa un total de 13.069 ha. Esta región presenta una distribución altitudinal muy similar a la descrita en la zona de fuerte intensidad.

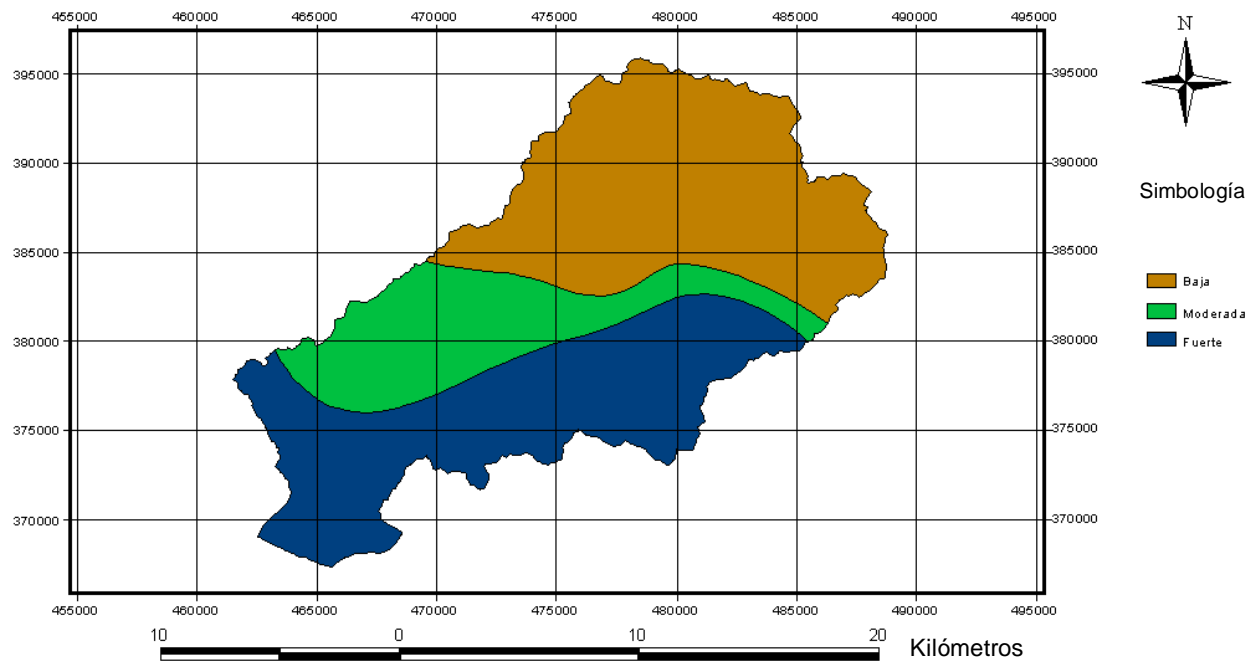
La intensidad baja se concentra en la parte más alta de la cuenca comenzando desde 1.200 msnm llegar hasta 3.490 msnm.

La razón por la cual la intensidad de las precipitaciones disminuyen conforme aumenta la altitud, radica en el tipo de lluvias que afectan a la región y la influencia que la Zona de Convergencia Intertropical, ejerce sobre la Vertiente Pacífica. En la Cuenca del Río Savegre, se presentan tres tipos diferentes de precipitación estas son: las lluvias convectivas, frontales y las precipitaciones orográficas.

Las precipitaciones convectivas, son el resultado del ascenso natural de las masas de aire caliente. Estas lluvias poseen una mayor intensidad y se dan en mayor frecuencia entre los meses Mayo-Junio y posteriormente en los meses de Setiembre y Octubre. Estas lluvias se producen por lo general en las llanuras y partes bajas. En este caso se presentan en la desembocadura del Río Savegre.

El segundo tipo de precipitación son las lluvias frontales que se dan durante toda la estación lluviosa y su mayor impacto se da igualmente en las costas. Estas lluvias se producen cuando los vientos llegan cargados de humedad, y conforme van ascendiendo a la cordillera la van perdiendo.

Por último las precipitaciones orográficas se dan como resultado del ascenso de las masas de aire húmedo por las montañas. Tienen la característica de poseer muy baja intensidad y se dan en las partes altas. Por esta razón en las secciones altas de la cuenca, la intensidad es baja.



1:289079

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 9. Mapa de la Intensidad de la Precipitación en la Cuenca del Río Savegre

6.1.5 Mapa Hidrológico.

En la Cuenca del Río Savegre, se identificaron dos patrones de drenaje (ver figura 10). El primero corresponde a un patrón dendrítico y se presenta en la sección Noroeste de la cuenca desde 3.100 msnm hasta 500 msnm. Esta formado por los Ríos Savegre, Brujo y Roncador. Este tipo de patrón también se presenta en la sección Sureste, y esta formado por el Río División y la Quebrada Jaboncillo. El patrón dendrítico se presenta en terrenos montañosos, en presencia de una geología que presenta una resistencia uniforme a la erosión. Este patrón se caracteriza porque con él no se puede establecer una dirección predominante de los ríos o exposición de las pendientes.

El segundo patrón que se presenta en la cuenca es el rectangular. Este se ubica en la parte media de la cuenca, en la sección Noreste, en un rango altitudinal que está entre 500 y 1.200 msnm. Está constituido por la Quebrada Santo Domingo, el Río Savegre (el cual está unido aguas arriba con Río Brujo) y el Río División. El patrón rectangular ocurre en sitios con alta frecuencia de fallas en donde los ríos principales, como el caso del División, siguen el fallamiento de la corteza con direcciones muy lineales y ángulos bien definidos. En este caso es el de la falla Paquita.

En el cuadro 16 se muestra la información sobre el orden de los cauces, presentes en la Cuenca de Río Savegre y en el cuadro 17 la información de las características morfométricas de la cuenca.

Cuadro 16. Características de los órdenes de los cauces, presentes en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

Tipo de cauce	Largo de cauces (Km)
Primer Orden	514
Segundo orden	204
Tercer orden	131
Cuarto orden	115

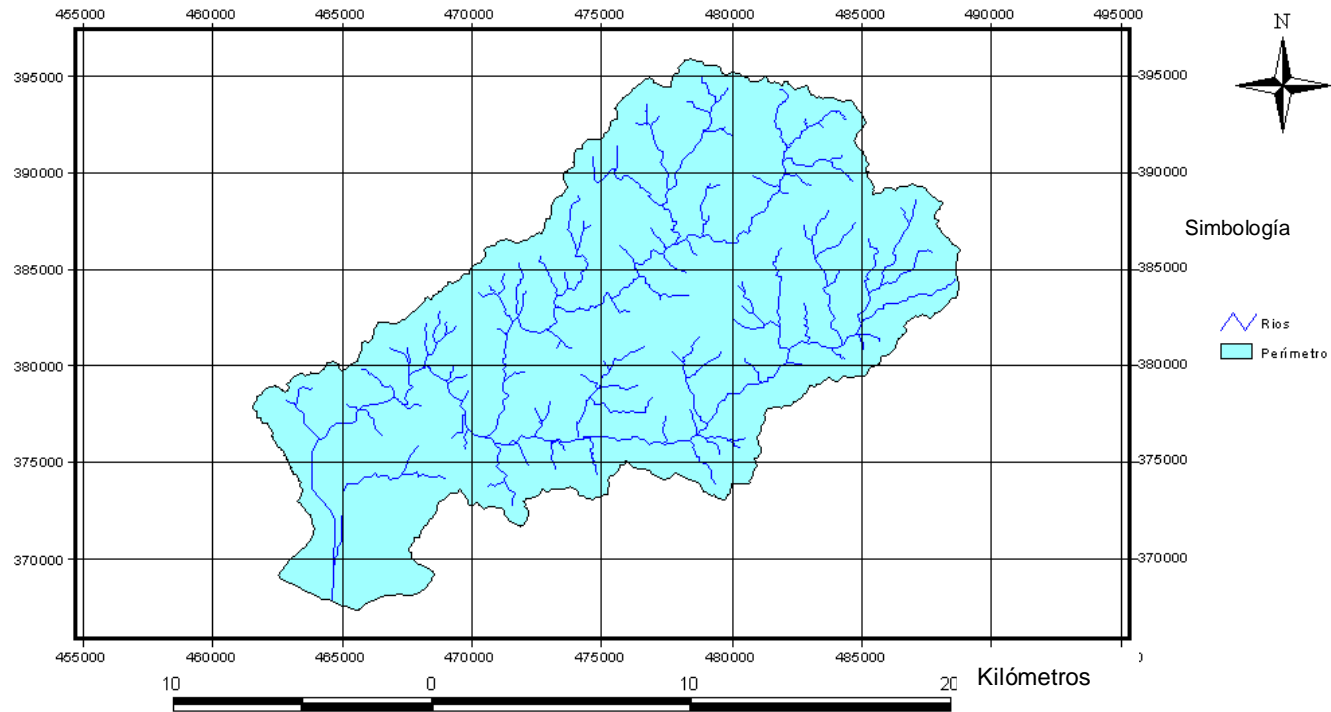
Fuente: Datos del programa

Cuadro 17. Características Morfométricas pertenecientes a la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

Perímetro (Km.)	Area (Km²)	Largo cauces (Km.)	Densidad drenajes (Km/Km²)	Longitud Axial (Km)	Ancho Promedio (Km.)	Factor de Forma	Coefficiente compacidad
141	608	966	1,59	403	1,51	0,004	1,61

Fuente: Datos del programa.

De acuerdo a la información mostrada en el cuadro 17, esta cuenca posee una forma oval rectangular, con un perímetro de 141 kilómetros.



1:289079
 Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur

Arc View Gis 3.0



Figura 10. Mapa Hidrológico de la Cuenca del Río Savegre.

6.1.6 Mapa Susceptibilidad a la Erosión Hídrica.

El mapa de susceptibilidad a la erosión hídrica es el producto de la combinación de las variables de resistencia geomorfológica y la intensidad de la precipitación.

El resultado final de la suma de estas dos variables, se expresa en un rango de 5 tipos de susceptibilidad a la erosión, que van desde muy baja hasta muy alta (ver cuadro 7). En la Cuenca del Río Savegre se determinó que estos cinco rangos se encuentran presentes (ver figura 11). En el cuadro 18 se observa las distribuciones de las áreas encontradas bajo cada potencial erosivo y su respectiva relación porcentual.

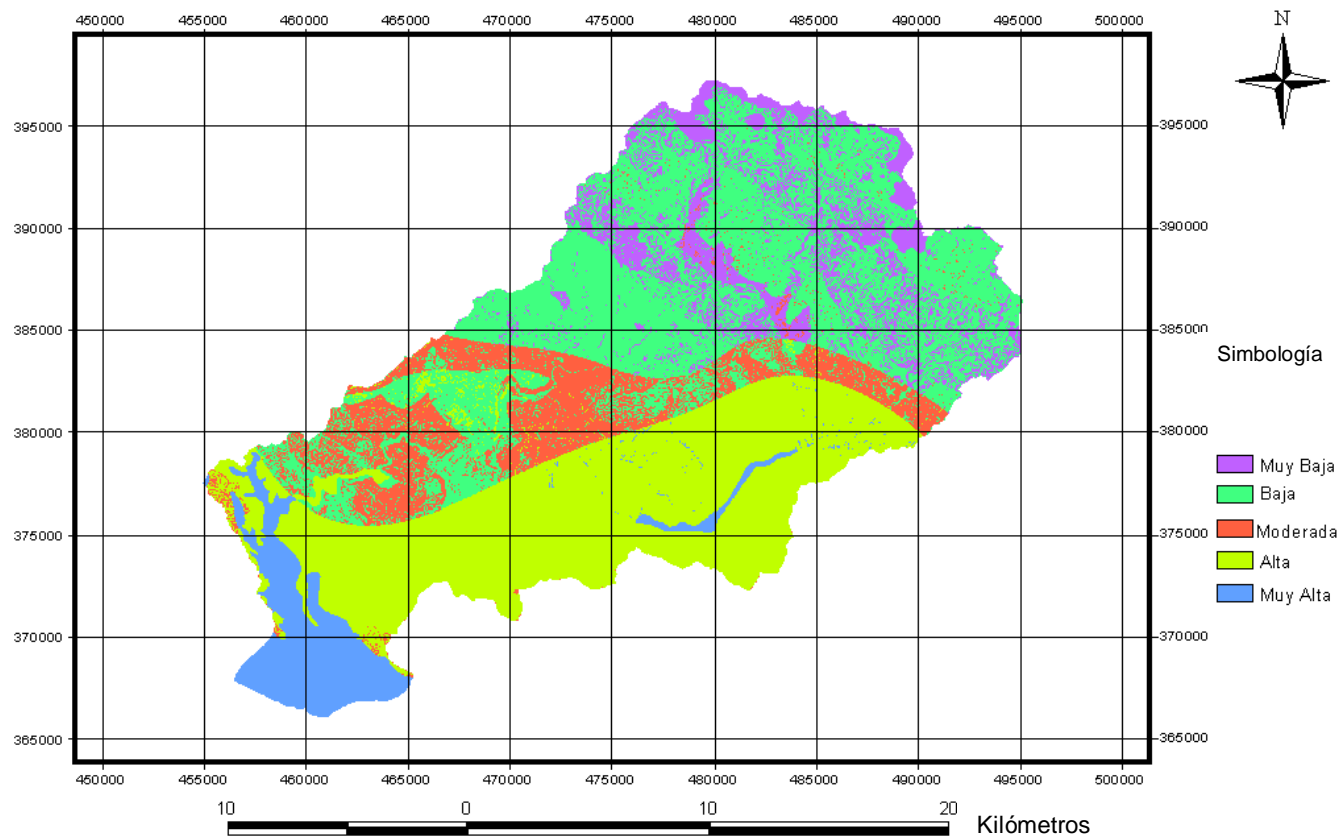
Cuadro 18. Distribución de la Susceptibilidad a la Erosión, en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 2002.

Susceptibilidad a la erosión	Area (ha)	Porcentaje
Alta	7.046	11,60
Muy Alta	23.139	38,10
Moderada	7.796	12,84
Muy Baja	18.484	30,44
Baja	4.262	7,02

Fuente: Datos del programa

Como lo muestra el cuadro 18, las zonas de susceptibilidad a la erosión alta y muy alta representan un total de 30.186 ha o sea un 39,70% del total de área. En la figura 11, se muestra que estas zonas se concentran casi exclusivamente donde la intensidad de la precipitación es superior a 300 (según el índice de Fournier) y en las zonas donde la resistencia geomorfológica es muy baja y baja.

Según la información presente en el cuadro 18, la susceptibilidad muy baja y baja, abarca un total de 22.747 ha o sea un total de 37,46%, distribuyéndose desde el Noreste hasta el Sureste de esta cuenca, desde unos 500 msnm aproximadamente hasta unos 3.400 msnm. En esta altitud se presenta exclusivamente un área con susceptibilidad muy baja, debido a que en esta zona la intensidad de la precipitación es inferior a 250 y la resistencia geomorfológica es muy alta. El hecho de que esta zona teóricamente, presente poca susceptibilidad a la erosión, es un factor importante a considerar, a la hora de planificar las rutas de acceso, esto con el fin de que estas pasen a través de esa área, puesto que con eso aumentaría la vida útil de los caminos y se disminuiría los costos de mantenimiento.



1:244492
 Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Arc View Gis 3.0

Figura 11. Mapa de Susceptibilidad a la Erosión para la Cuenca del Río Savegre

6.1.7 Mapa del Uso Actual de la Tierra.

El uso que se le da a la tierra en la Cuenca del Río Savegre, es un indicador de las diferentes actividades que se desarrollan en la zona. En el cuadro 19 se observa las distribuciones de las áreas encontradas bajo cada tipo de uso y su respectiva relación porcentual, con respecto al área total que cubre la Cuenca del Río Savegre.

Cuadro 19. Distribución del Uso Actual de la Tierra presente en la Cuenca del Río Savegre. Costa Rica, 1992.

Tipo de uso	Area (ha)	Porcentaje
Bosque Natural	32.154	52,97
Bosque intervenido	6.194	10,20
Bosque Secundario	2.406	3,96
Pastos/charal	19.948	32,87

Fuente: Datos del programa

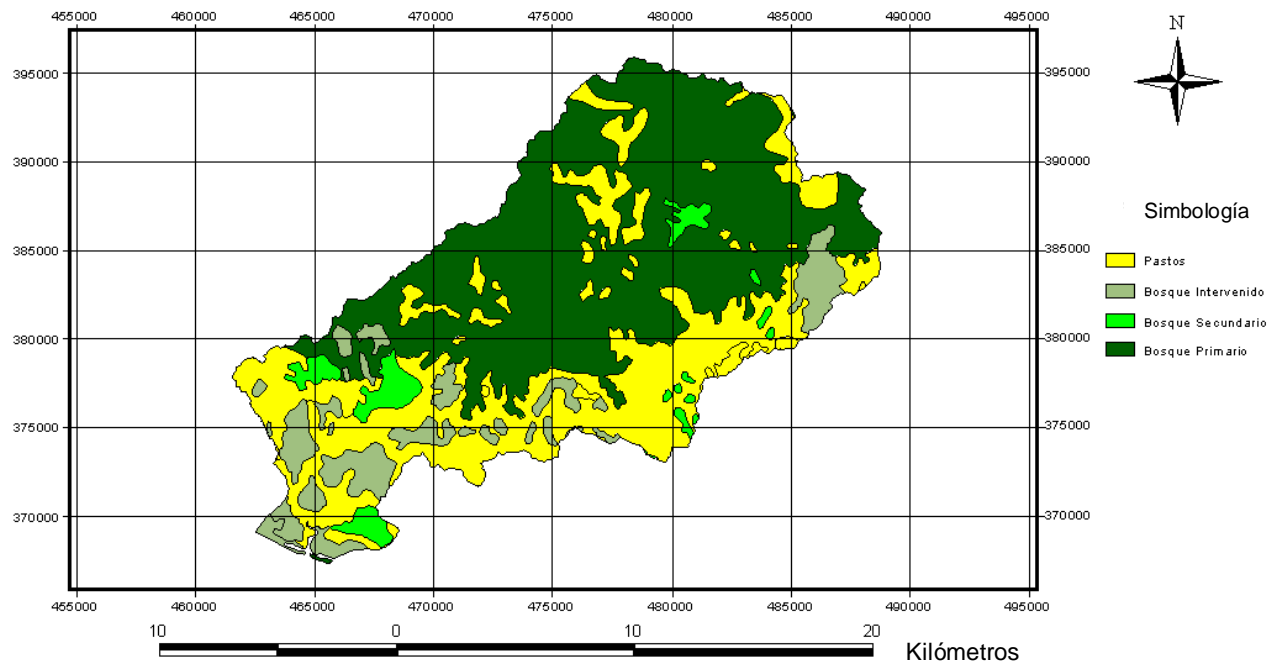
Como se observa en el cuadro 19, el bosque natural es el que abarca una mayor área, con un total de 32.154 ha lo que representa un total del 52, 97%. Este tipo de uso de la tierra se extiende desde los 500 msnm hasta 3.110 msnm.

En la figura 12 se observa que el bosque natural se distribuye del Noroeste de la cuenca hasta el Noreste y es atravesado por los cauces de los Ríos Brujo y Savegre.

De acuerdo a la información presenta en el cuadro 19, en la Cuenca de Río Savegre, también se presenta secciones de bosque intervenido y secundario. Estos bosques en conjunto suman un total de 8.600 ha, y como se observa en la figura 12 se distribuyen principalmente en la sección Suroeste, cerca de la desembocadura, del Río Savegre en el Océano Pacífico y en la sección Noreste de la parte media de la cuenca.

El hecho de que un 67,13 % del territorio de la cuenca, esté cubierto por algún tipo de bosque, se debe a que el Estado Costarricense ha creado áreas de protección; y algunas de ellas se localizan dentro de esta cuenca y en sus alrededores. Estas áreas son: las Reservas Forestales de Río Macho y de los Santos, la Reserva Biológica de Cerro las Vueltas, la Zona Protectora del Cerro Nara y el Refugio de Vida Silvestre de Portalon (Ver Figura 13).

Sin embargo, el 32,87 % del territorio de la cuenca, lo que representa un total de 19.948 ha para el año 1992, no poseían ningún tipo de protección. Por esta razón esta área para ese año, estaba casi en su totalidad deforestada y su uso correspondía a pastizales abandonados. Estos terrenos se distribuyen en forma fraccionada desde el Suroeste hasta el Sureste de la cuenca. Como se aprecia en la figura 12. el problema de la deforestación no es exclusivo de las áreas sin protección, inclusive dentro de la Reserva Forestal de los Santos, se pueden apreciar zonas que padecen este mismo problema.



1:289079

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur

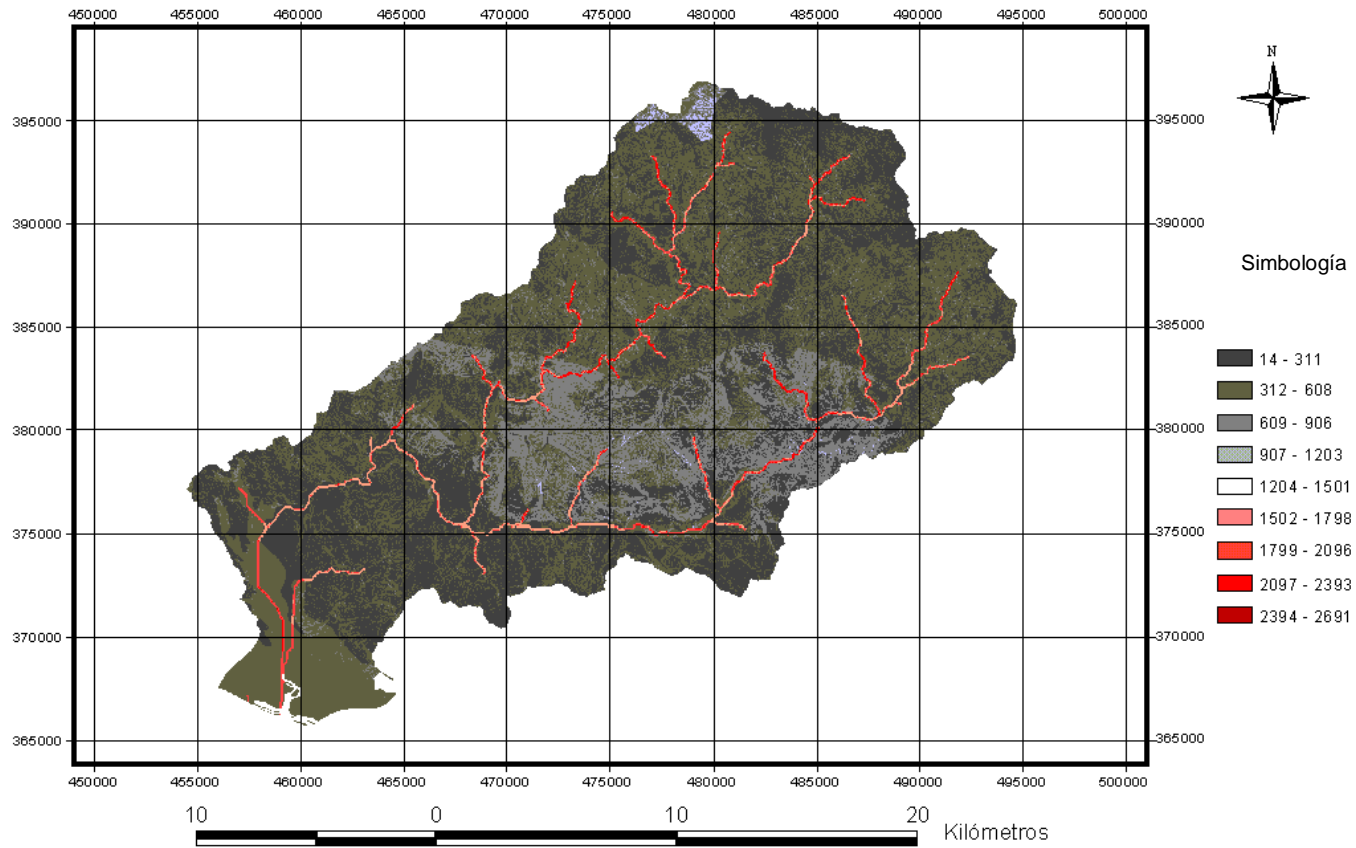


Figura 12. Mapa del Uso de la Tierra para 1992 de la Cuenca del Río Savegre

6.1.8 Superficies de Fricción (SF).

Debido a que no existe, una metodología establecida para asignación de los valores de los coeficientes fricción, se utilizó el criterio de diferentes profesionales, para asignar estos valores y elaborar las diferentes superficies de fricción.

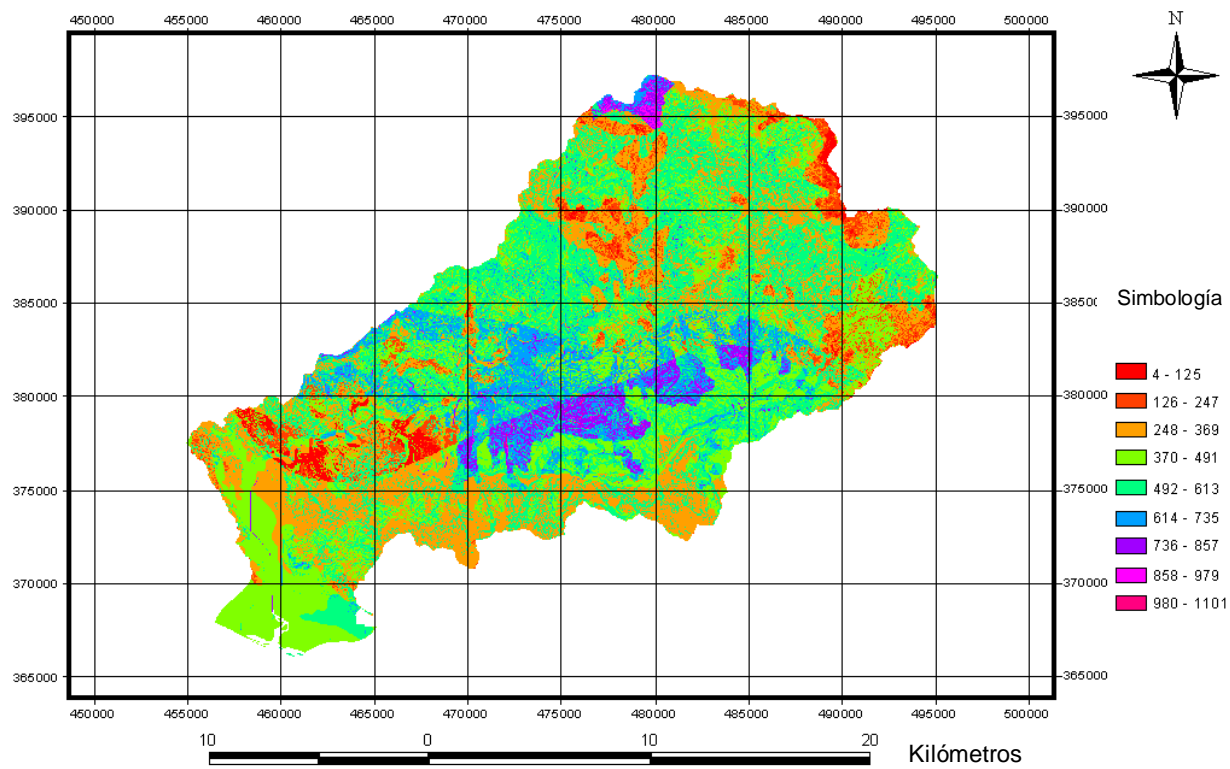
Para desarrollar las rutas, que unen a las comunidades de: Providencia, Chaqueta, Piedras Blancas, Brujo y San Isidro, las cuales se encuentran dentro de la Cuenca del Río Savegre, se diseñaron dos SF, con las variables que se indicaron en el modelo cartográfico 2. La primera SF, se realizó con todas las variables(ver figura 13). En la segunda SF se excluye la variable de zonas de protección (Ver figura 14). Por lo que para unir cada poblado existen 2 posibles rutas diseñadas con SF diferentes.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 13. Mapa de la Primera Superficie de Fricción desarrollada para la Cuenca del Río Savegre



1:244492

Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



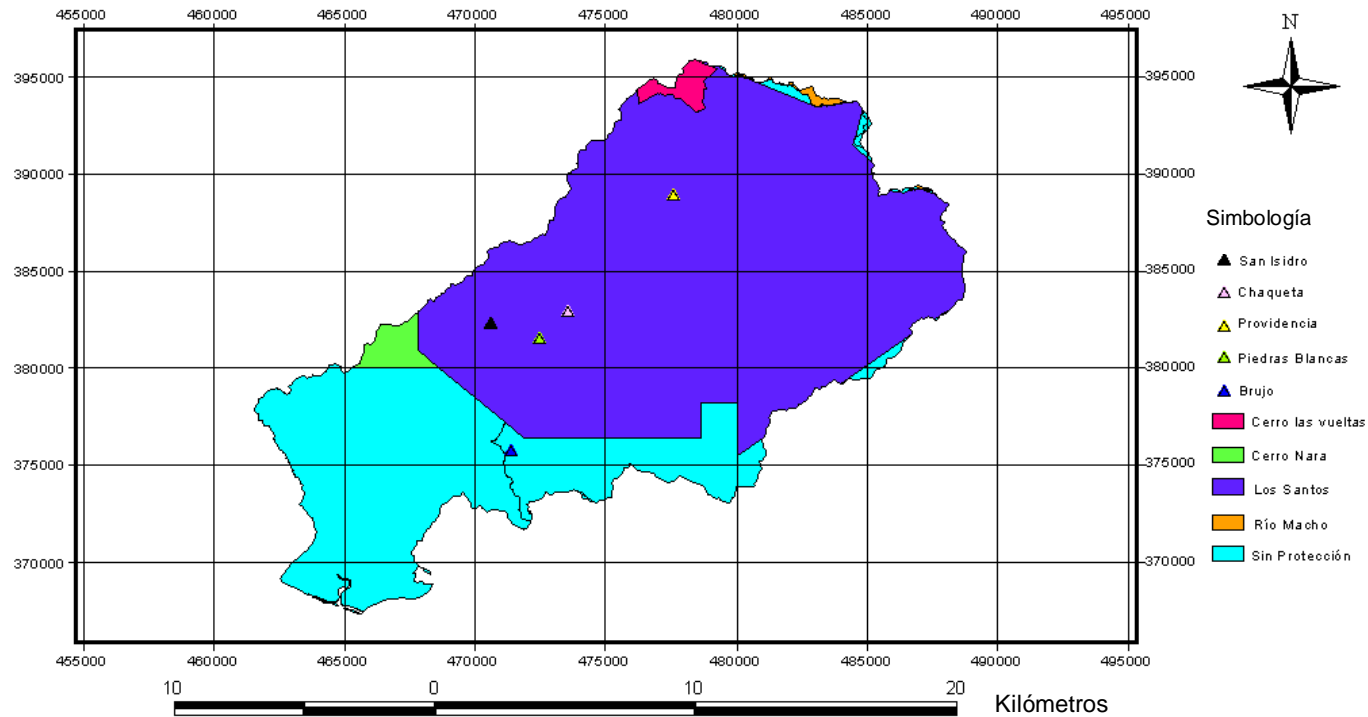
Figura 14. Mapa de la Segunda Superficie de Fricción desarrollada para la Cuenca del Río Savegre

6.2 Análisis de las Rutas.

Unos de los aspectos más importantes, a la hora de diseñar y planificar un camino, es la topografía del lugar. Considerando este aspecto para el análisis de las rutas que unen a las comunidades presentes en la Cuenca del Río Savegre, se procedió a realizar un análisis de cada una de ellas, de acuerdo a la topografía de la cuenca, para ello se utilizó el mapa pendientes desarrollado con base en el MED.

Además debido a que casi todas las comunidades se encuentran dentro de la Reserva Forestal de los Santos, excepto la comunidad de Brujo. (ver figura 15) Todas las rutas, ha excepción de 2 Km, de la que une a Brujo con Chaqueta, deben atravesar esta área de protección. Por este motivo es de suma importancia analizar el recorrido de cada una de las rutas, para observar que tipo de uso de la tierra se estaría cruzando. Esto con el fin de poder valorar cuales serían los posibles riesgos e impactos que se podrían estar generando.

Por estas razones el análisis de cada ruta se realizó con base a los mapas de: pendiente en porcentaje o curvas de nivel cada 50 m (dependiendo de las características que presente cada ruta) y de uso de la tierra.



1:289079

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes

21/04/2002

Fuente: Instituto Costarricense Electricidad

Proyección Lambert Costa Rica Sur



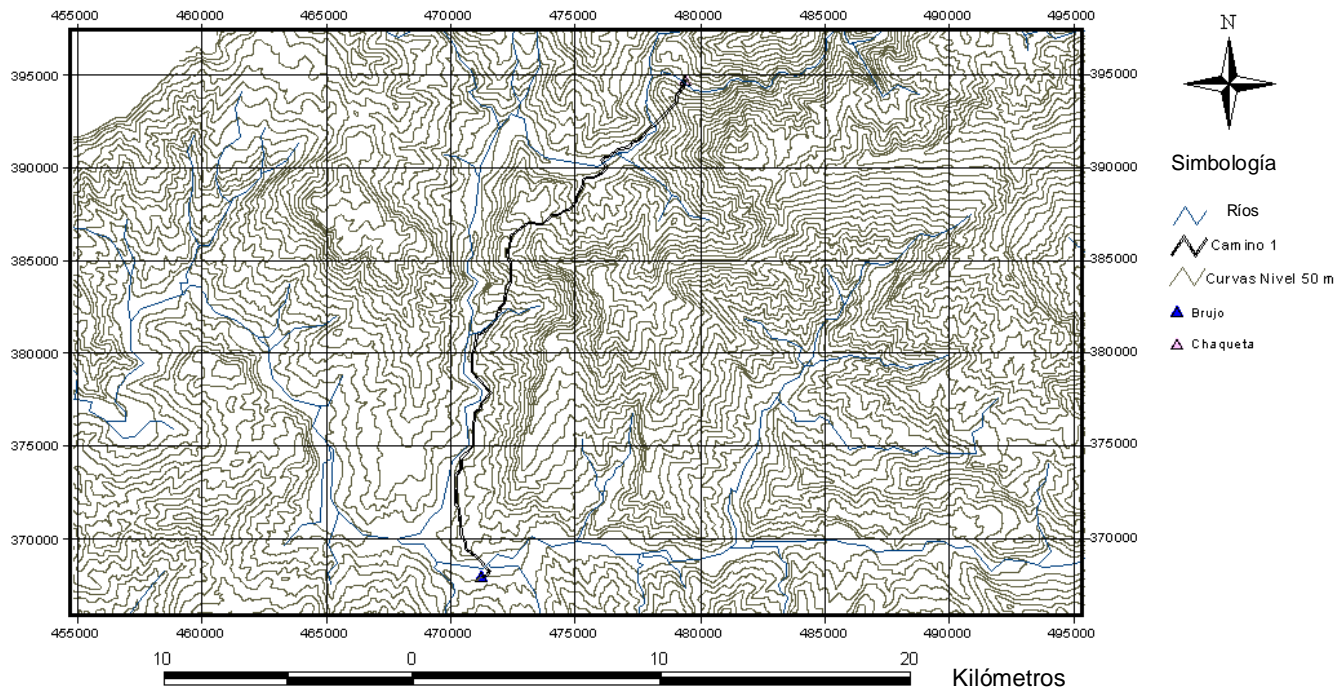
Figura 15. Mapa Areas Protegidas y Poblados localizados en la Cuencas del Río Savegre .

6.2.1 Rutas Brujo-Chaqueta.

La primera ruta que une las comunidades de Brujo y La Chaqueta mide 10.480 metros. Como se observa en la figura 16, en los primeros 4.082 m tomando como partida el poblado de Brujo, el camino se desarrolla al margen derecho del Río Savegre, a una distancia aproximada de 150 m, a excepción de 4 sectores, en donde la distancia va desde de 2 m hasta 20 m. Esta distancia tan reducida existente entre el camino y la orilla del río, es un problema, dada la magnitud de la obra que se planea construir. Esto debido a que se deberían talar toda la vegetación en esta sección del río, lo que causaría un gran daño a este, pues se estaría acelerando los procesos de erosión de esta zona, aumentando así la cantidad de sedimentos que se depositan en el río afectando la calidad de las aguas en toda la cuenca.

Además según el artículo 33 inciso C de la Ley Forestal establece que: “Se declara áreas de protección una franja de quince metros en zona rural y diez metros en zona urbana, medida horizontalmente a ambos lados de la ribera de los ríos, si el terreno es plano y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado” y el artículo 34 de la misma ley, Cita “ Se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas protegidas”. Por esta razón en estas secciones no sería posible, construir estos caminos, a menos que el proyecto hidroeléctrico que se planea realizar, sea declarado por el Poder Ejecutivo como de conveniencia nacional. Pero aun así el impacto que se estaría realizando al ecosistema de la zona, sería demasiado grande para considerar unir a los poblados antes citados, con esta ruta.

Además a lo largo de la trayectoria de esta ruta, es necesario construir 4 puentes. En la figura 16 se observa que estas obras de infraestructura se deberían ubicar el primero 250 m de Brujo, el segundo a 4,8 Km, el tercero 9,5 Km y el último a 10 Km de distancia de esta comunidad.



1:77772

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 16. Mapa de curvas de nivel y la Trayectoria descrita por la opción 1, diseñada para unir el poblado de Brujo con Chaqueta

En la figura 17 se puede observar la ruta diseñada con la segunda SF para unir a estos poblados, la cual mide 10.358 m. El análisis de esta ruta puede dividirse en 2 secciones.

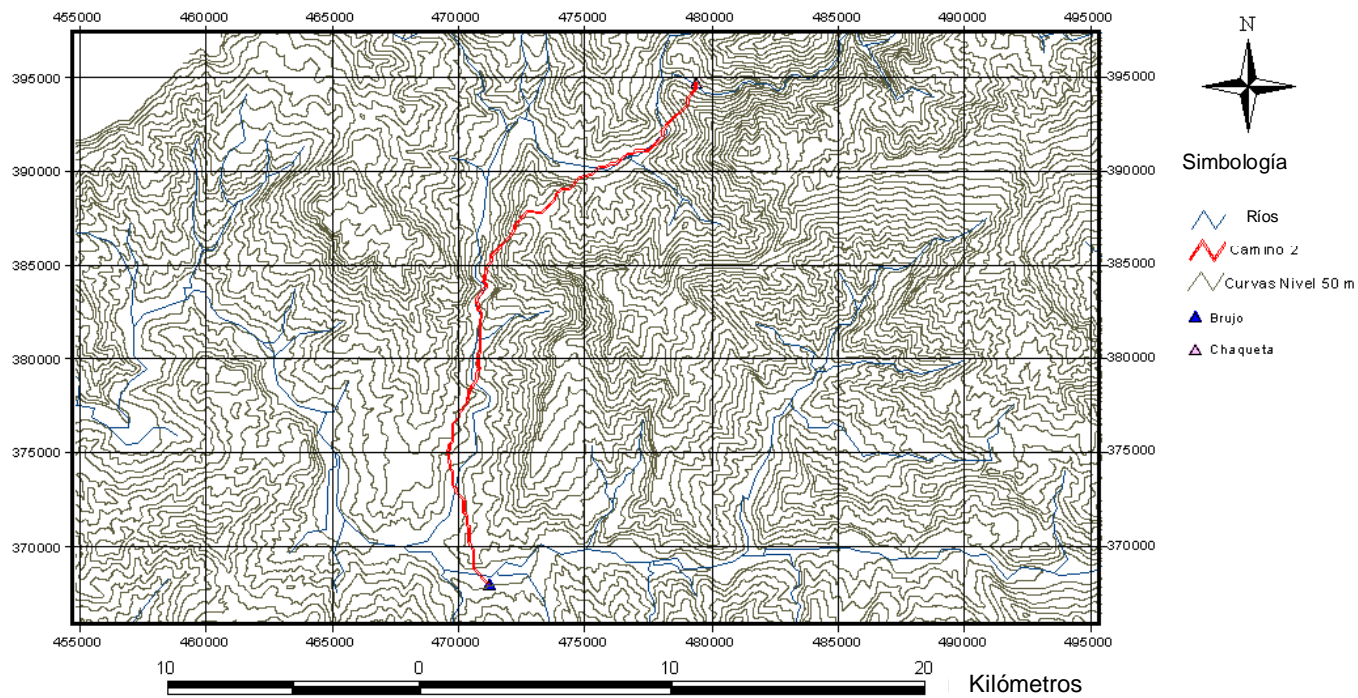
La primera sección es la que se extiende desde el poblado de Brujo hasta el punto donde el camino intercepta por tercera ocasión al Río Savegre. Esta sección se extiende a lo largo de 3.620 m aproximadamente. En este tramo es donde se presentan los mejores resultados, debido a que el camino no se acerca al margen del Río Savegre, evitando así incumplir con las leyes y minimizando el impacto que tendría la construcción del camino sobre el río. Otra ventaja que posee esta sección es que es casi plana, pues la pendiente presente en esta zona es de 6,91 %.

Aunque los primeros 3.620 m de la ruta, presentan características, que hacen que la construcción de cualquier tipo de camino sea posible, en el resto de la ruta es casi imposible construir un camino.

Como se observa en la figura 17, después del tercer punto donde el camino se cruza con el río, existe un tramo de 1.075 m que se encuentra sobre el cause de éste, después de esta sección el río y el camino se separan. Posteriormente el camino atraviesa una sección en donde se presentan pendientes que van desde un 38 % hasta un 60%. Después de cruzar esta sección montañosa el camino y el río se vuelven a encontrar y como se observa en la figura 17, el camino presenta un comportamiento en zing zang y atraviesa al río en tres ocasiones. Esta sección del camino posee un largo de 1.400 m.

Finalmente la última parte de la ruta, que mide 840 m. En la figura 17 se observa como una recta que está antes del poblado de Chaqueta, coincidiendo con la primera ruta.

En resumen analizando las dos rutas con base al mapa de curvas de nivel, ambas presentan serias limitantes y problemas que impiden su construcción, Pero los primeros 3.600 m de la segunda ruta, presentan condiciones muy favorables, para la construcción de los caminos y pueden utilizarse como base la comenzar la etapa de planificación del proyecto.



1:77772

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 17. Mapa de curvas de nivel y Trayectoria descrita por la opción 2, diseñada para unir el poblado de Brujo con Chaqueta

En la figura 18, se observa que ambos poblados se encuentran dentro de bosque primario, por lo que cualquier camino que se diseñe, tendrá que talar una sección de este tipo de bosque. La ruta observada en la figura 18, atraviesa tres de las cuatro clasificaciones de uso de la tierra que se presentan en la Cuenca del Río Savegre.

En el cuadro 20 se muestra los usos de la tierra, así como el largo de camino que lo atraviesa y su relación porcentual con respecto al área de la cuenca.

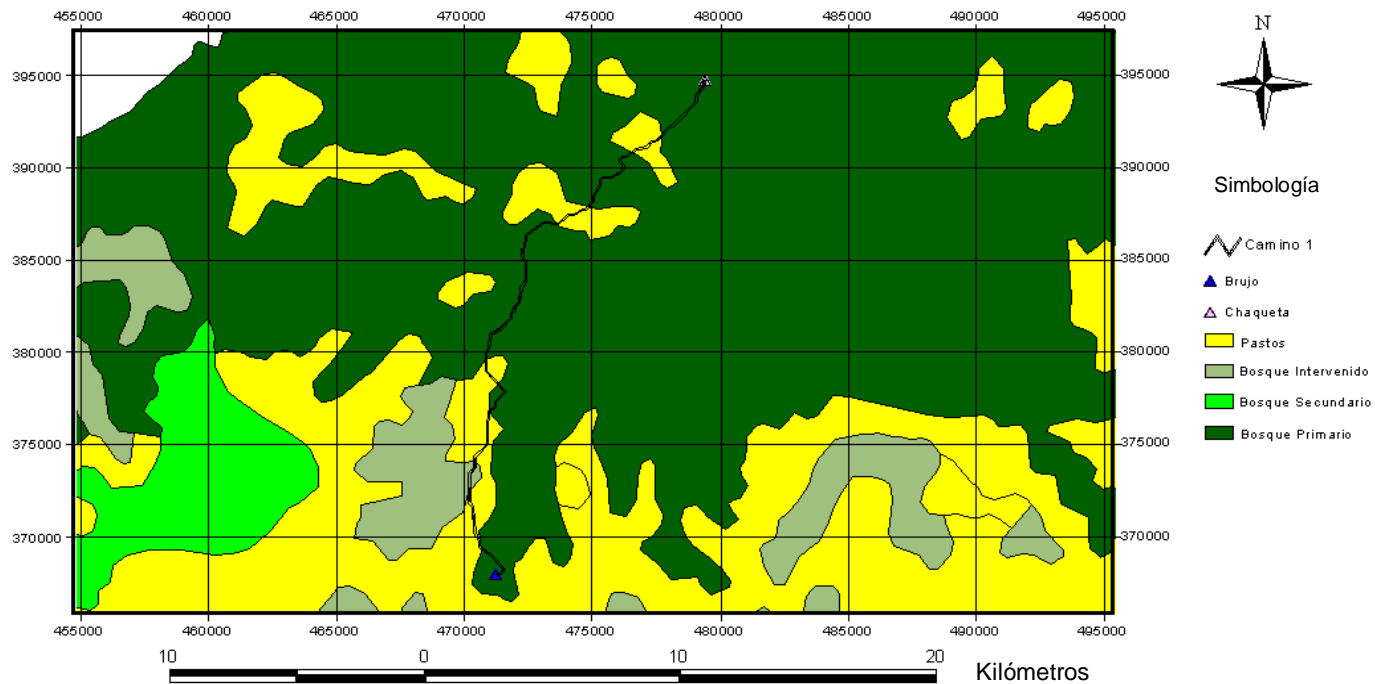
Cuadro 20. Usos de la tierra por los que el atraviesa camino que une a las comunidades de Brujo y Chaqueta. Costa Rica, 2002.

Uso de la Tierra	Largo de la ruta (m)	Porcentaje
Bosque Primario	6.504	62,25
Bosque Intervenido	3.474	33,15
Pastizales	502	4,6

Fuente: Datos del Programa

Como se observa en el cuadro 20, el 62,25% del camino está atravesando bosque primario. La razón de que este valor sea tan alto, es el hecho de que la comunidad de Chaqueta se localiza dentro de la Reserva Forestal de Los Santos y el poblado de Brujo se encuentra en una de las pocas zonas donde aun es posible encontrar bosque natural, sin la protección del estado.

Además cabe resaltar que aunque este valor es muy elevado, al observar la figura 18, se aprecia que el software diseñó la ruta de tal manera que atravesara aquellas zonas, donde existiera pastos o bosque intervenidos; esto con el fin de minimizar el impacto sobre el bosque secundario, prueba de ello es que el 33% del camino atraviesa bosque intervenido y un 4,6% de pastizales.



1:77772

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 18. Mapa del Uso de la Tierra y la Trayectoria descrita por la opción 1, diseñada para unir a Brujo con Chaqueta

En la figura 19, se observa que la segunda opción, cruza las mismas clasificaciones de uso de la tierra que la primera. Sin embargo, las distancias recorridas en cada clasificación son diferentes, como lo muestra el cuadro 21.

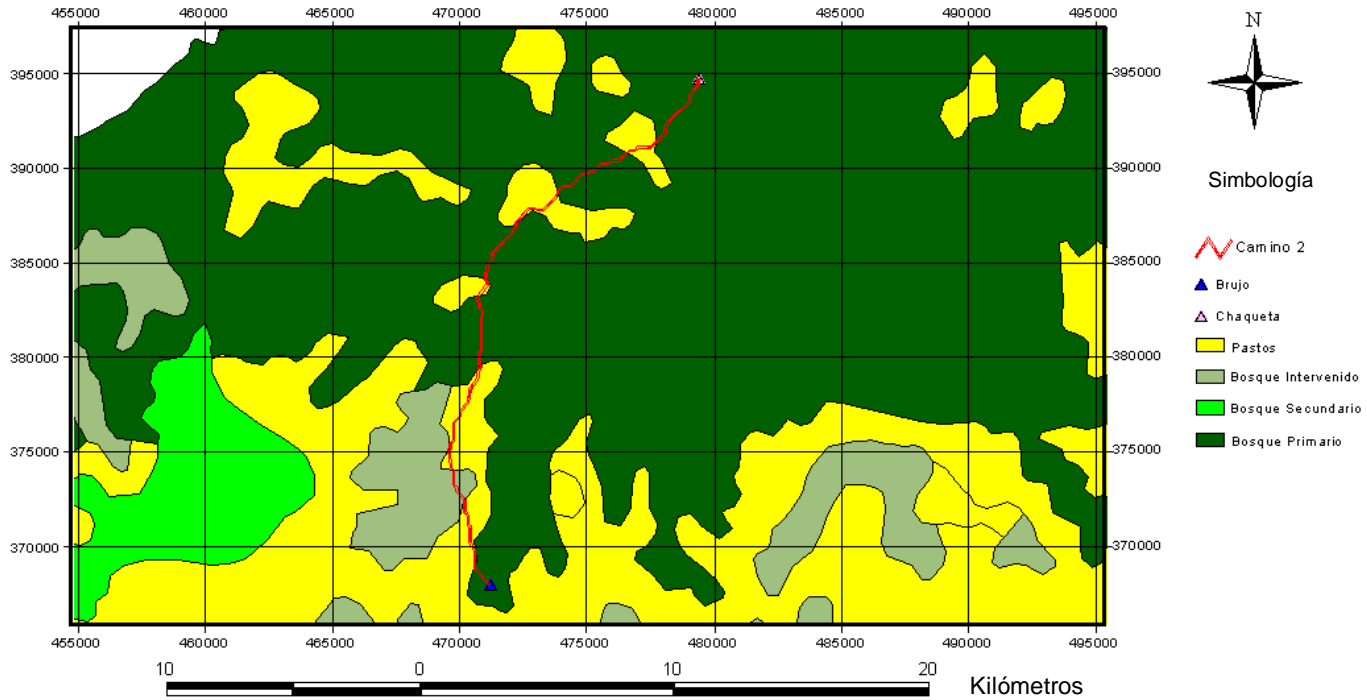
Cuadro 21. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a las comunidades de Brujo y Chaqueta. Costa Rica, 2002.

Uso de la Tierra	Largo de la ruta que lo atraviesa (m)	Porcentaje
Bosque Primario	5.070	48,94
Bosque Intervenido	4.751	45.86
Pastizales	537	5.20

Fuente: Datos del Programa

Como se muestra en el cuadro 21, este camino cruzaría un total de 5.070 m, bosque primario (48,94%) y 4.751 m (45,86%) de bosque intervenido. Lo que indica que en esta ruta el daño a la masa forestal, no sería tan grave como en el caso de la primera ruta, en donde un 62,25% del camino cruzaría bosque primario.

La razón por la que este camino atraviesa, una mayor cantidad de bosque secundario, se debe a que la SF que se utilizó, para diseñar esta ruta, no se incluyó la variable de zonas de protección. Por esta razón se asignó un menor coeficiente de fricción a las zonas cercas de los ríos, lo que permitió al programa, diseñar el camino cerca del margen de los ríos y en estas zonas es donde se concentraban los parches de bosques intervenidos.



1:77772

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 19. Mapa del Uso de la Tierra y la Trayectoria descrita por la opción 2, que se diseñó para unir Brujo con Chaqueta

6.2.2 Rutas San Isidro-Chaqueta.

La ruta diseñada con la primera SF, que une a las comunidades de San Isidro y Chaqueta mide 5.334 m y a lo largo de su recorrido ésta cruza un total de cuatro afluentes del Río Savegre (ver figura 20).

Dado que los sitios por donde pasa el camino posee pendientes, que en su mayoría se clasifican como suaves y moderadas, la ruta observada en la figura 20, puede tomarse como base para comenzar las etapas de diseño, por parte del Departamento de Ingeniería del ICE.

En la figura 21 se observa, la segunda ruta que une a estas comunidades. Este camino mide 4.837 m de largo. Esta ruta presenta dos serios de problemas, que se concentran cerca de la comunidad de Chaqueta.

El primero de estos problemas radica en que en un tramo de la ruta, el cual mide 311 m, la distancia entre el camino y la rivera del río es aproximadamente de 20 a 30 m en promedio. Según lo estipulado en la Ley Forestal, no es posible construir de este tipo de obra en esta zona.

El segundo problema que se presenta, es el hecho, de que el camino, se diseñó a través de zonas con pendientes mayores a un 42%. Este problema se presenta después del tercer cruce del camino con el río.

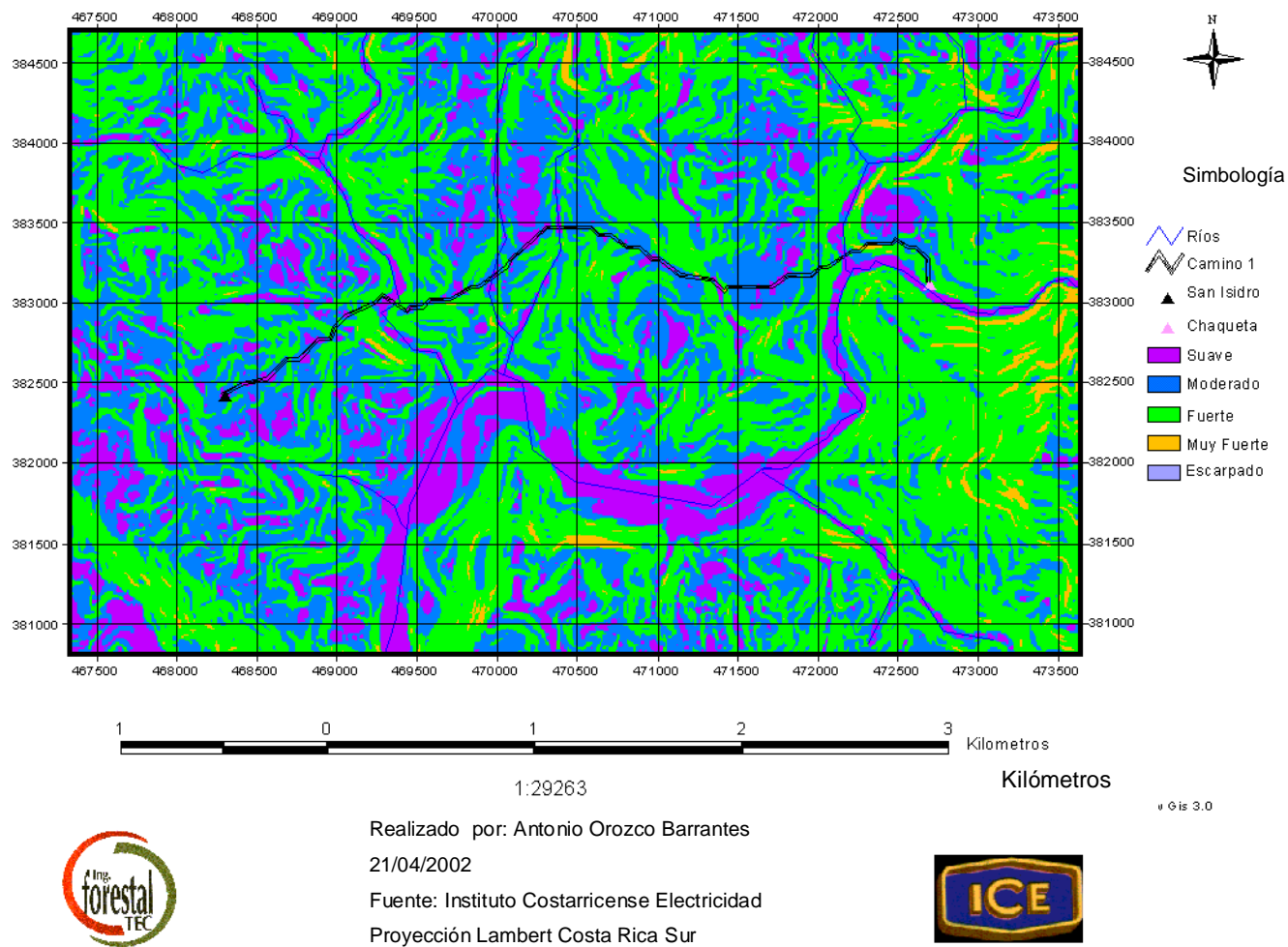
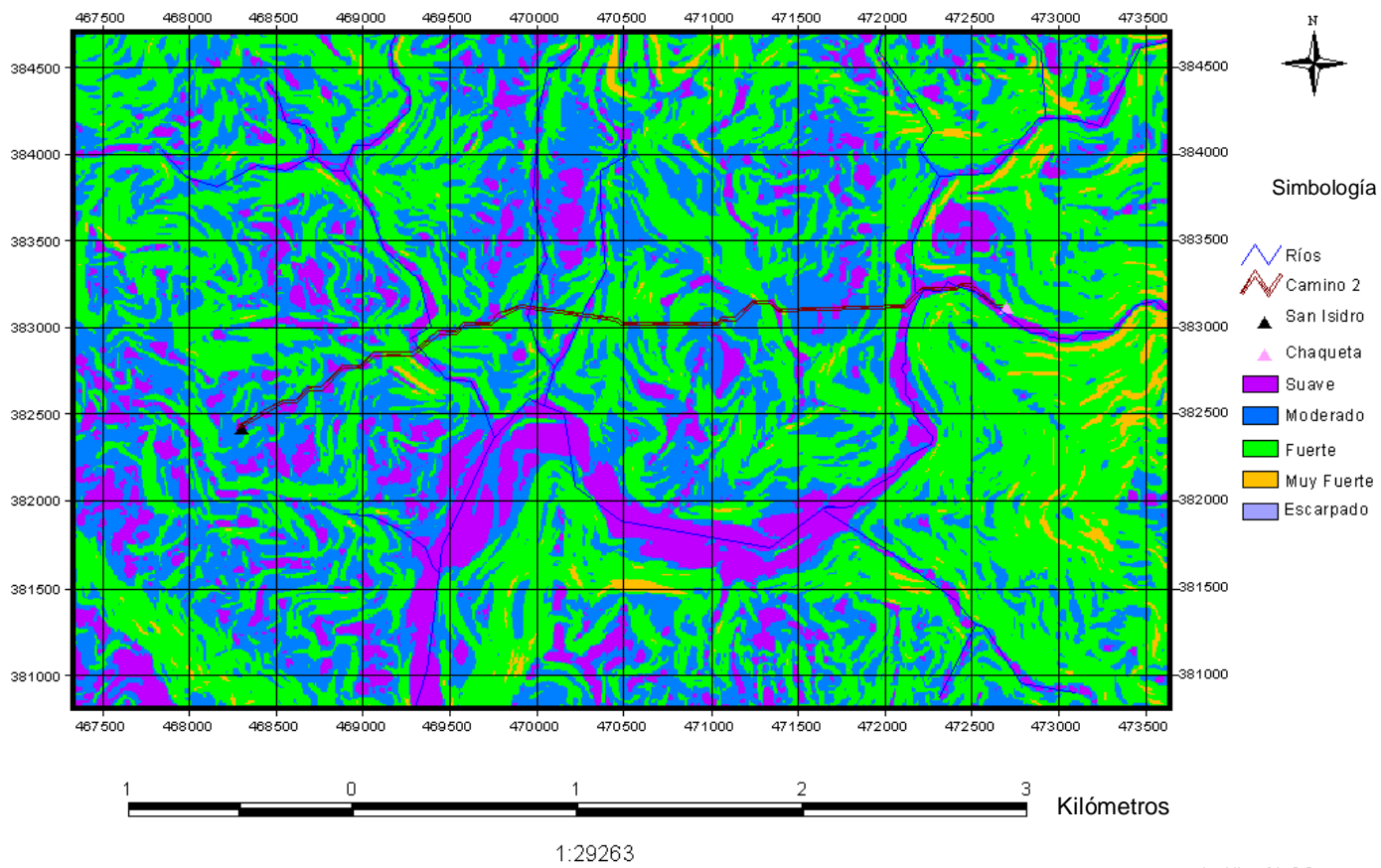


Figura 20. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 1, diseñada para unir el poblado de Chaqueta con San Isidro



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 21. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 2, diseñada para unir el poblado de Chaqueta con San Isidro

En la figura 22 se observa que las comunidades de San Isidro y Chaqueta se encuentran dentro de la Reserva Forestal de Los Santos, por lo que la camino debe atravesar áreas cubiertas con bosque primario.

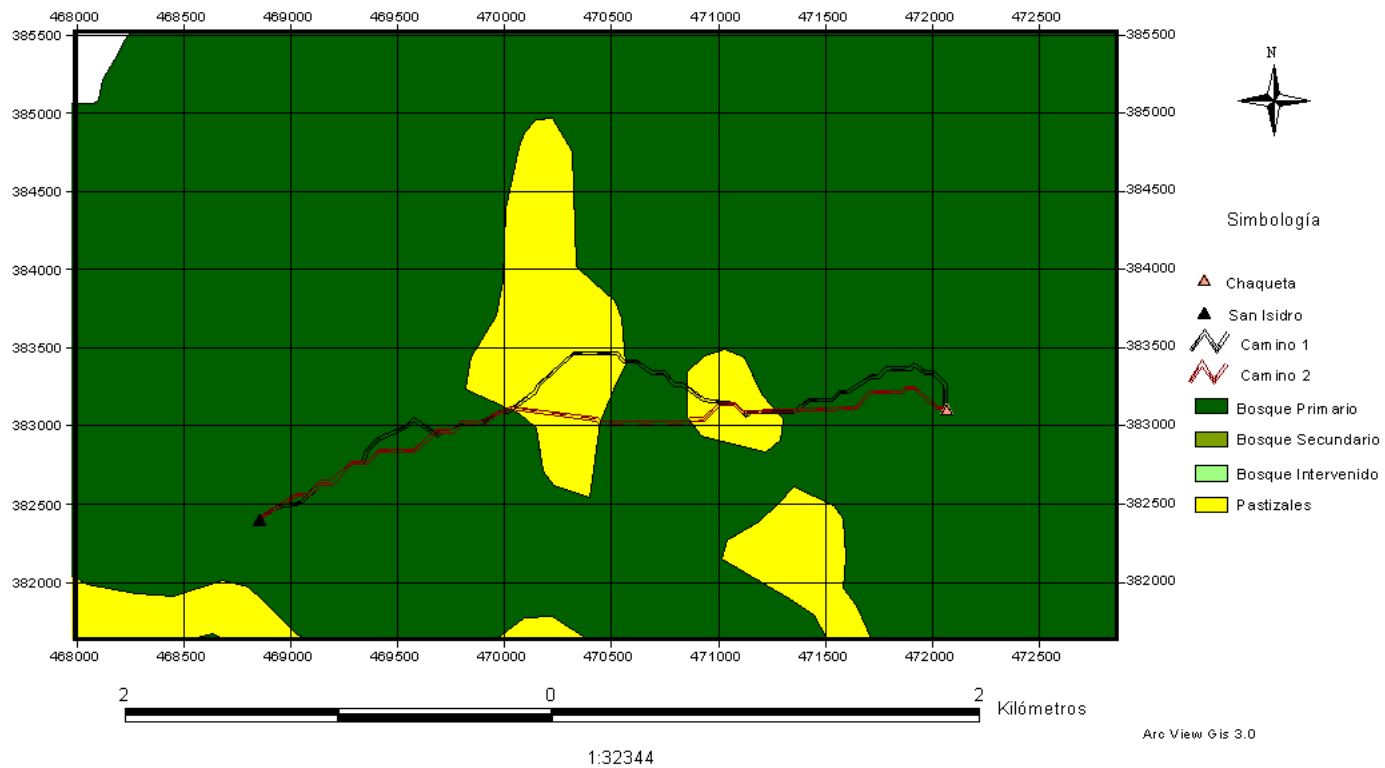
En el cuadro 22 se observan cuales zonas debe cruzar el camino, así como la distancia que recorre el camino, en cada una de ellas.

Cuadro 22. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a las comunidades de San Isidro Y Chaqueta. Costa Rica, 2002.

Uso de la Tierra	Largo de la ruta (m)		Porcentaje	
	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 1	Ruta 2
Bosque Primario	3.832	3.582	71,84	74,05
Pastizales	1.502	1.255	28,16	25,95

Fuente: Datos del Programa

Como se observa en el cuadro 22, para desarrollar cualquiera de las dos rutas se deben talar más de 3,5 Km de bosque primario (ver figura 22). Esto es debido a la localización geográfica de las comunidades de San Isidro y Chaqueta.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 22. Mapa del Uso de la Tierra y de la Trayectorias descritas por las opciones 1 y 2, diseñadas para unir a Chaqueta con San Isidro

6.2.3 Rutas Providencia-Chaqueta.

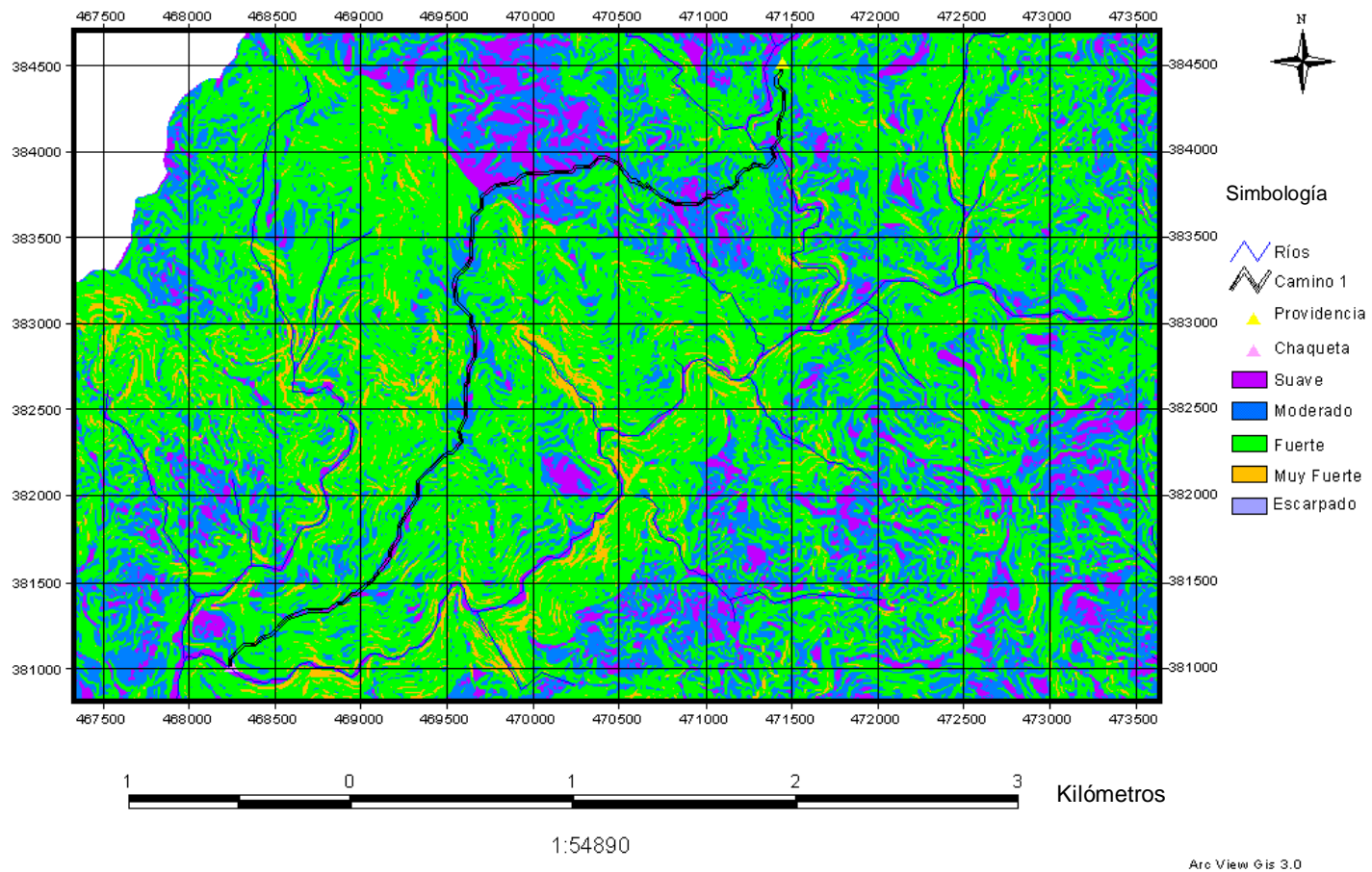
En la figura 23 se aprecia la ruta que se diseñó con la primera SF, la cual une a las comunidades de Chaqueta y Piedras Blancas. Este camino mide 11.652 m y a lo largo de su recorrido cruza, al Río Brujo en una sola ocasión, aproximadamente a 1.110 m de Piedras Blancas.

En esta figura se observa el comportamiento del camino, de acuerdo a la topografía de la zona. Los resultados obtenidos son muy alentadores, dado que aproximadamente más del 90 %, del camino (10.486 m) se extiende a través de pendientes suaves (0-12%) y moderadas(12-25%). Este tipo de relieve no presenta ningún de inconveniente legal, que impida la construcción de un camino, por lo que esta ruta puede ser utilizada como base para el diseño de una futura obra de infraestructura de este tipo, siempre y cuando se rediseñe en aquellas zonas donde el camino atraviese sectores de pendientes fuertes (25-50%). Estos sectores problemáticos se presentan mayormente, en las cercanías de los Ríos Savegre y Brujo.

La ruta que se diseñó con la segunda SF, posee la ventaja de que es más corta, que la observada en la figura 23, ya que consta de 9.879 m. Pero como se observa en la figura 24, aproximadamente 4.000 m atraviesan terrenos que poseen pendientes, que según la metodología del CIDIAT (1984), se clasifican como fuertes. El sector que se ve más afectado por este problema, se ubica a 1.400 del Río Savegre y como se puede ver en la figura corresponde a la sección más recta de la ruta.

La razón por la que la primera ruta se desarrolla, a través de sectores que poseen pendientes menores a un 25%, las cuales son muy escasas en esta zona, se debió a que la SF que se utilizó para su trazado, incluía la variable de zonas de protección, la cual se desarrolló a partir del mapa de pendientes. Por esta razón la variable de pendientes prácticamente duplicó su coeficiente de fricción, lo que obligó al programa a realizar el trazado de la ruta por aquellos sectores donde los valores de los coeficientes de fricción fueran más bajos, aunque esto significará tener que abarcar una mayor distancia.

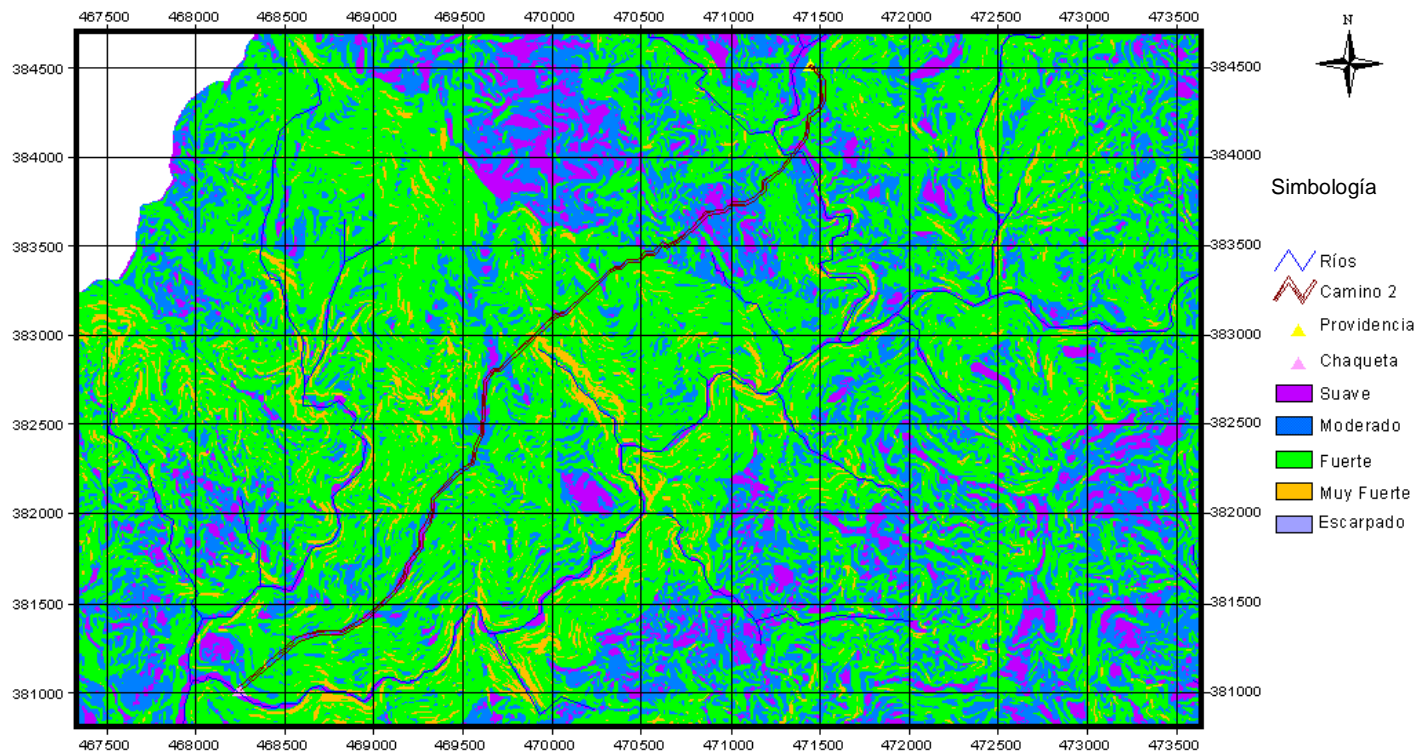
En el caso de la segunda ruta, la SF que se utilizó para su diseño no incluía la variable de zonas de protección, por lo que las pendientes no poseían un coeficiente de fricción alto. Esto refleja el comportamiento de la ruta, la cual atraviesa sectores con pendiente fuertes, en forma perpendicular reduciendo la distancia total del camino.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 23. Mapa Pendientes y de la Trayectoria de la opción 1, diseñada para unir a Providencia con Chaqueta



1:54890

Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 24. Mapa Pendientes y de la Trayectoria de la opción 2, diseñada para unir a Providencia con Chaqueta

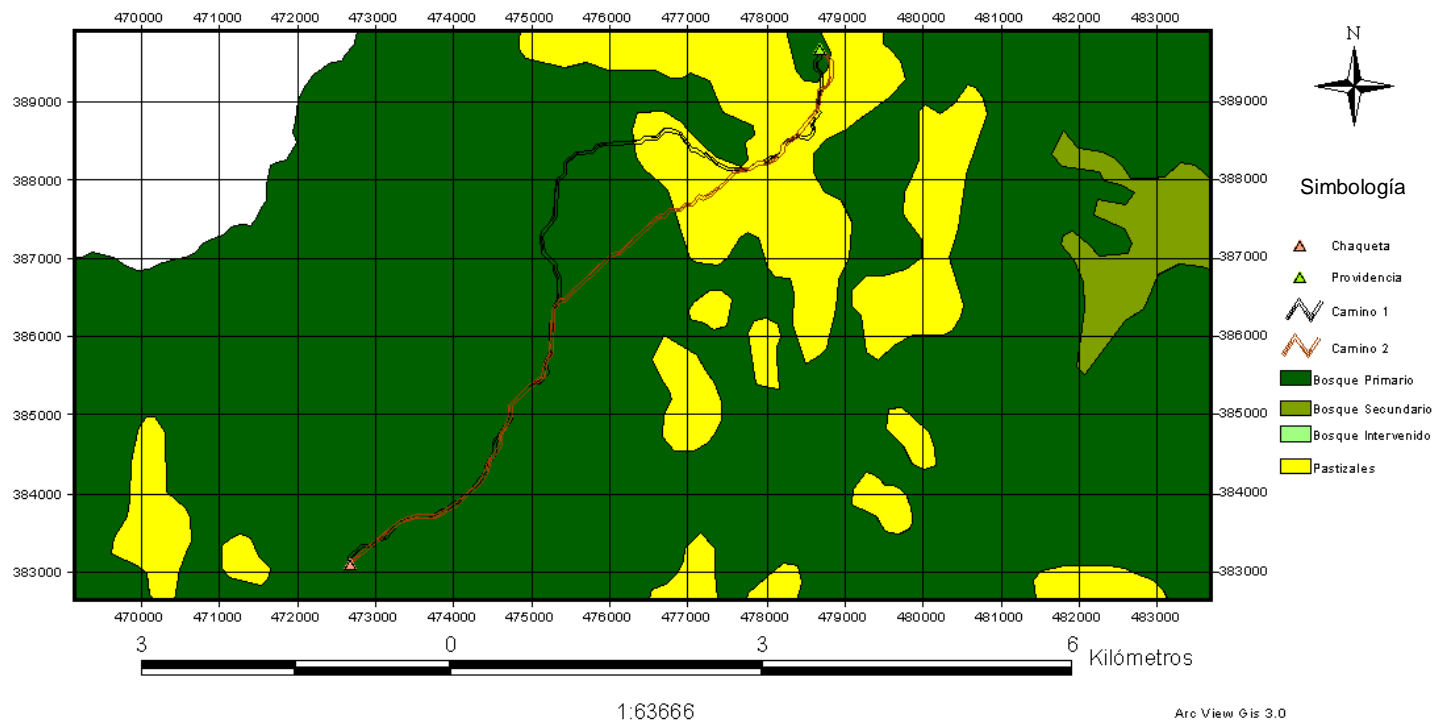
En el cuadro 23 se observa la distancia que recorren el camino a través de los diferentes tipos de uso de la tierra, que se encuentran en el área de estudio.

Cuadro 23. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a las comunidades de Chaqueta y Providencia. Costa Rica, 2002.

Uso de la Tierra	Largo de la ruta (m)		Porcentaje	
	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 1	Ruta 2
Bosque Primario	8.130	6.829	69,83	69,12
Pastizales	3.522	3.050	30,17	30,87

Fuente: Datos del programa

Como lo muestra la figura 25 la principal limitante que existe para construir estos caminos, es la gran cantidad de bosque primario, que se debe talar para unir a estas pequeñas comunidades. Esto originaría graves perturbaciones de la flora y fauna local. De acuerdo a lo observado en la figura 25 está claro, que no es posible diseñar una ruta que no genere tantas alteraciones ecológicas. Esto es debido a las condiciones de cobertura del lugar y su topografía.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



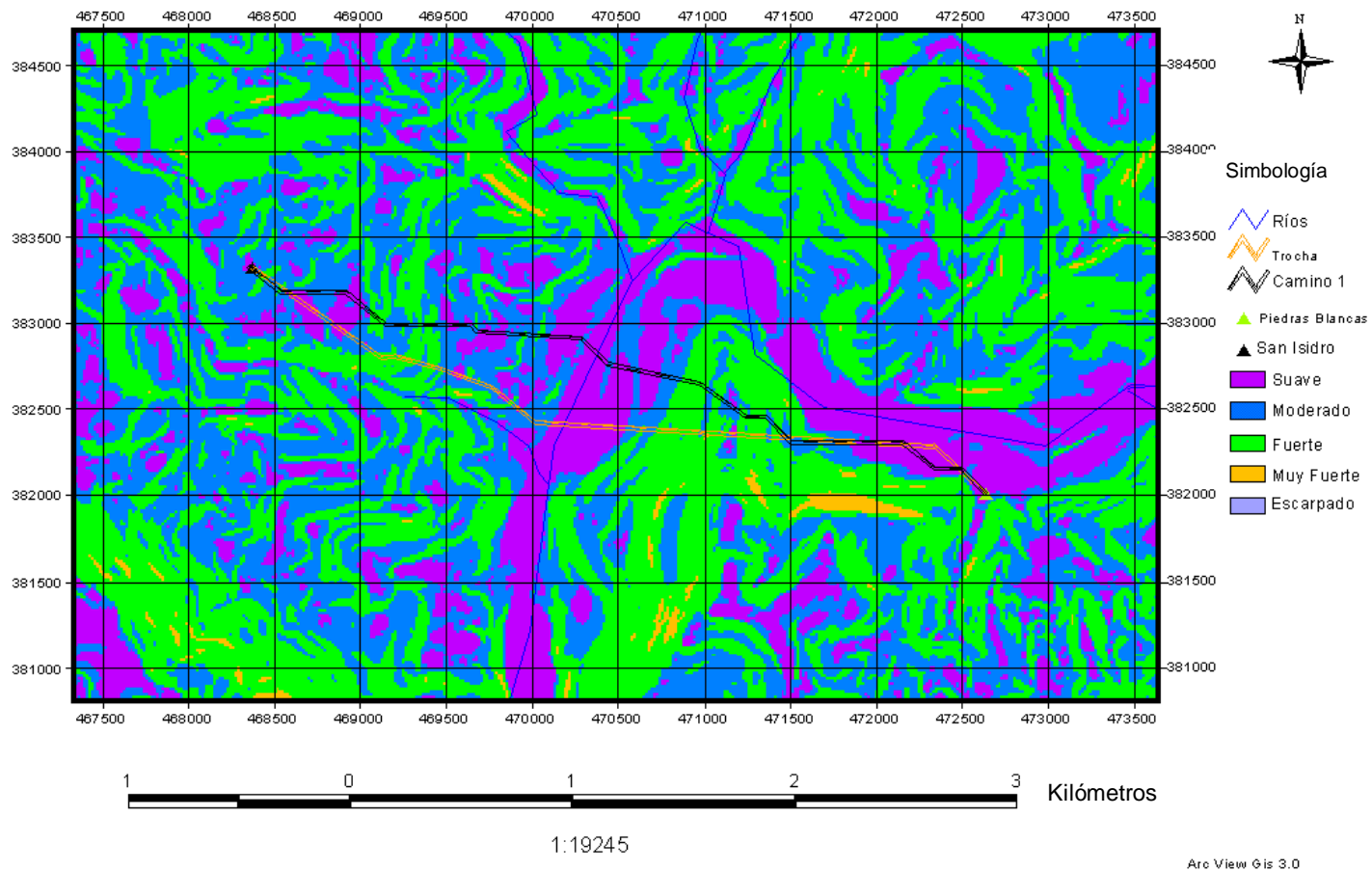
Figura 25. Mapa de Uso de la Tierra y de la Trayectoria descrita por las opción 1 y 2, diseñada para unir a Providencia con Chaqueta

6.2.4 Rutas San Isidro -Piedras Blancas.

En la figura 26 observa la ruta que se diseñó con la primera SF, para unir los poblados de Chaqueta y Piedras Blancas. Este camino mide 3.123 m y a lo largo de su recorrido cruza una vez al Río Savegre, aproximadamente a 1.440 m al Sureste de San Isidro.

De acuerdo a las pendientes presentes en el área, la construcción de este camino no presenta dificultades, debido que el relieve por donde cruza, se clasifica como suave y moderado, con pendientes que se encuentran entre 0% y 25%. Sin embargo, existe un pequeño tramo de alrededor de 500 m, en donde las pendientes se clasificaron como fuertes, pero en general esta sección puede ser replanteada, para corregir este problema.

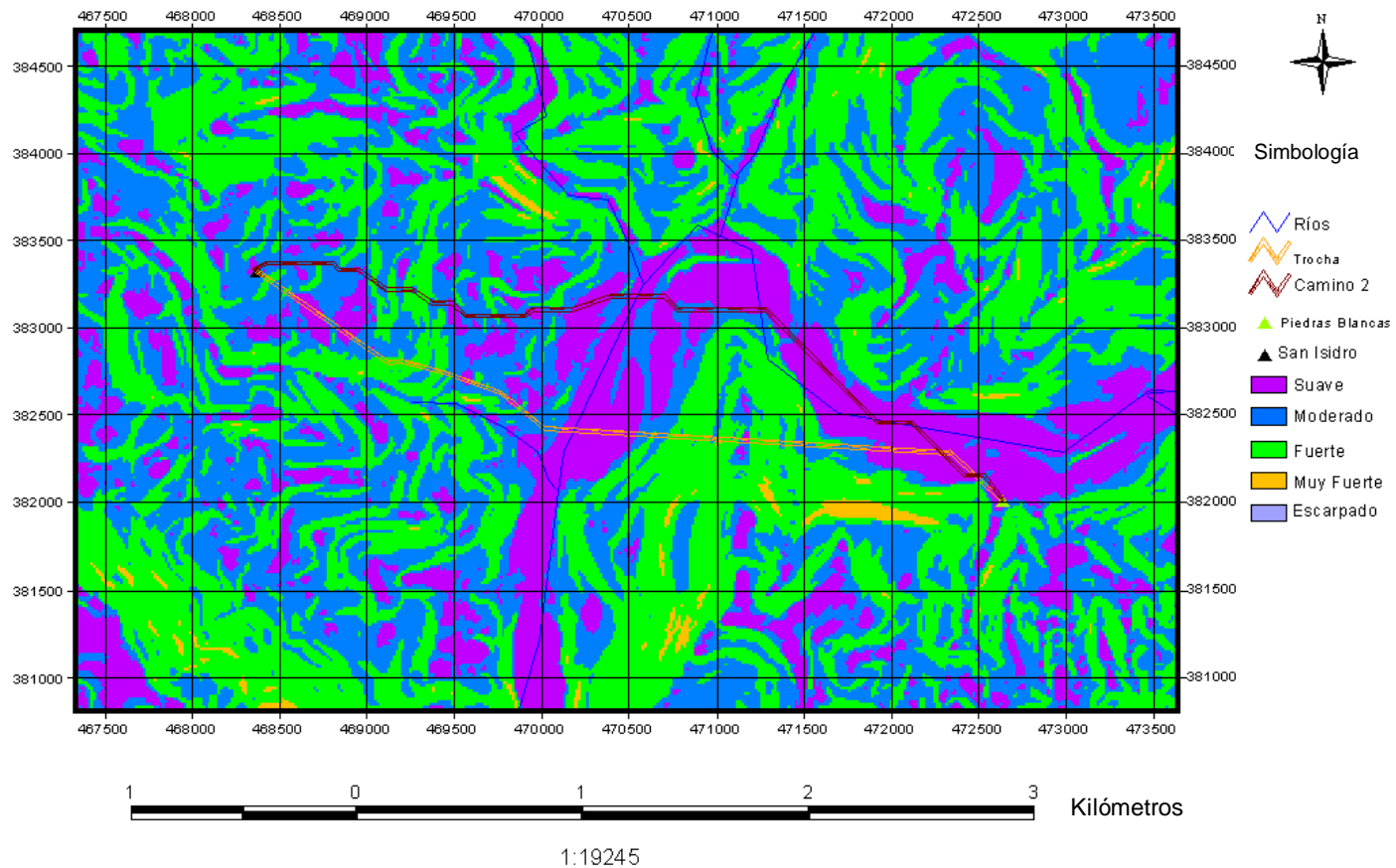
La ruta diseñada con la segunda SF (ver figura 27) se extiende a lo largo de 3.250 m, y presenta el inconveniente de que en una sección de 180 m, el camino cruza al Río Savegre en 3 ocasiones. Este comportamiento se debe a que los valores de los coeficientes de fricción, de las zonas que se encuentran a 60 m de cada margen del río, poseen valores que son de 351. Considerando que el máximo valor presente en la SF es de 1.001, este valor se puede clasificar como bajo. Y debido a que la SF que se utilizó, no incluyen la variable de zonas protectoras, el programa diseñó esta parte del camino a través del río, dado que era la zona que tenía la menor restricción.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 26. Mapa de Pendiente y de la Trayectoria descrita para la opción 1, diseñada para unir a Piedras Blancas con San Isidro



Arc View Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



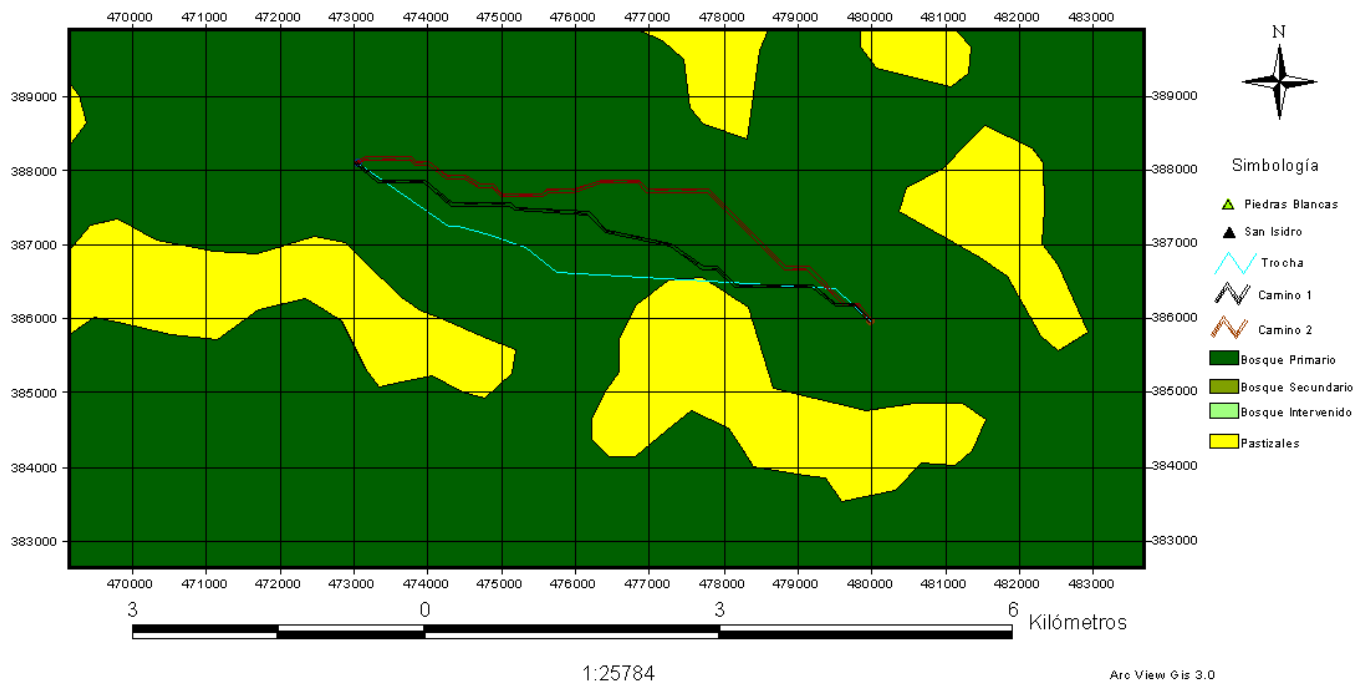
Figura 27. Mapa de Pendiente y de la Trayectoria descrita para la opción 2, diseñada para unir a Piedras Blancas con San Isidro

En el cuadro 24 se observa la distancia, que recorren las dos posibles rutas a través de los diferentes tipos de uso de la tierra, que se encuentran en el área de estudio

Cuadro 24. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a las comunidades de San Isidro y Piedras Blancas. Costa Rica, 2002.

Uso de la Tierra	Largo de la ruta (m)		Porcentaje	
	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 1	Ruta 2
Bosque Primario	3.124	3.250	100	100
Pastizales	0	0	0	0

Con base en la información presente en el cuadro 24 y lo observado en la figura 28; cualquier camino que se planea construir para unir estos pueblos, causaría una gran alteración en los diferentes ecosistemas presentes en esta zona. Dado que se debería talar un área aproximada de 24.000 m² de bosque primario.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



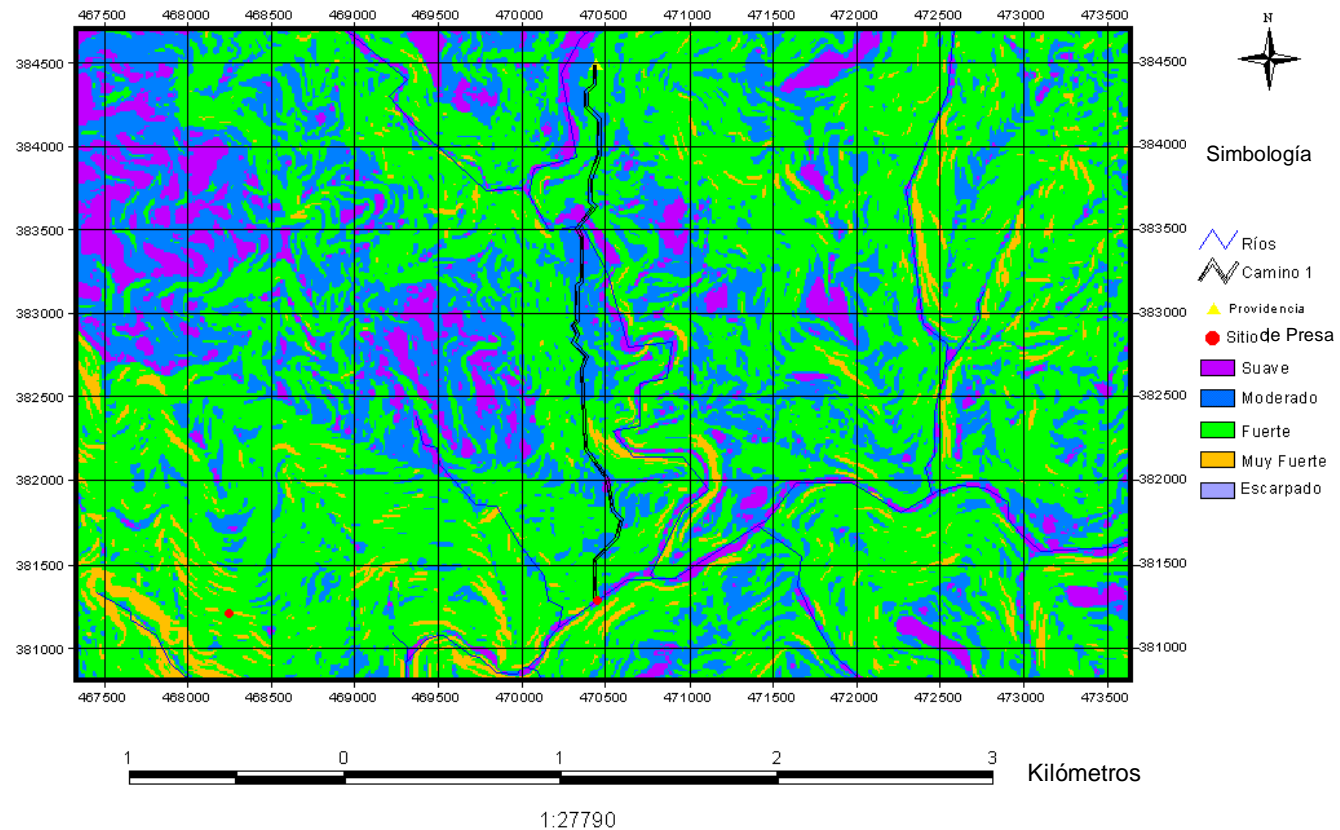
Figura 28. Mapa del Uso de la Tierra y de las Trayectorias descritas por las opciones 1 y 2, diseñadas para unir a San Isidro con Piedras Blanca

6.2.5 Rutas Providencia Sitio de Presa.

La ruta diseñada con la primera SF, que une a la comunidad de Providencia con el sitio de presa, mide 3.346 m. A lo largo de su recorrido esta ruta cruza en una ocasión al Río Brujo. Como se observa en la figura 29 este camino atraviesa 2.841 m de terreno, que el cual presenta pendientes que oscilan entre 12% y 25%, y 495 m a través de pendientes superiores a 25%. Esta última sección es la que podría presentar alguna complicación, pero como es una distancia corta, el camino puede ser replanteado para evitar que cruce a través de esta zona.

En la figura 30 se muestra la ruta que se diseñó con la segunda SF, para comunicar estos mismos lugares. Este camino consta de 3.401 m y como se observa en la figura 30, cruza por áreas cuya topografía presentan las mismas características de pendiente, que el camino anterior.

En este caso en particular ambas rutas, diseñadas con el software, en teoría no presenta situaciones conflictivas o irremediables que obliguen a descartar a alguna de las dos o a ambas, Por lo que cualquiera de las dos pueden ser utilizadas como punto de partida para el diseño de esta obra de infraestructura, siempre y cuando se resuelvan los pequeños problemas que en ambas rutas se presentan.

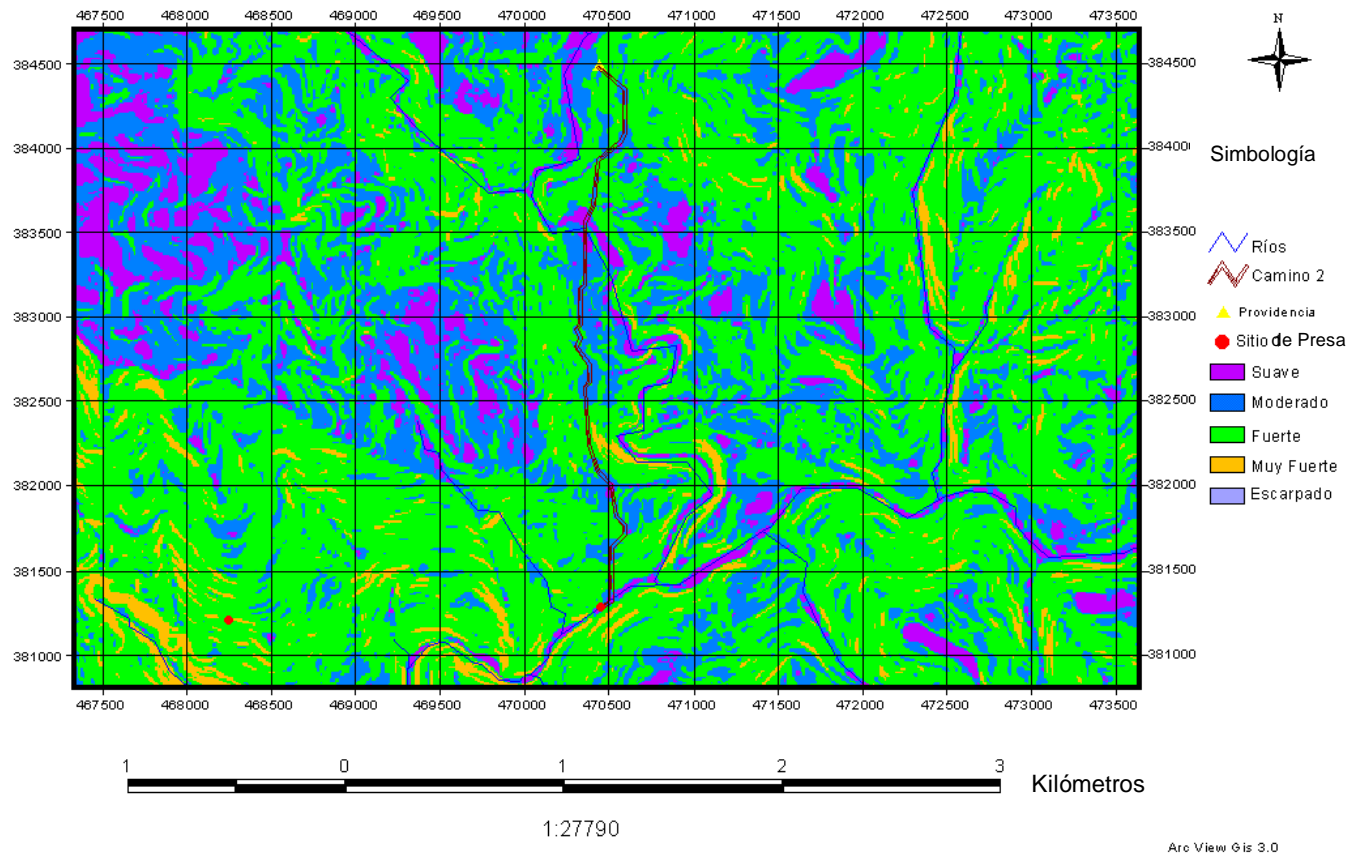


Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Arc View Gis 3.0

Figura 29. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descriptas por la opción 1, diseñada para unir Providencia con el Sitio de Presa



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 30. Mapa de Pendientes y de la Trayectorias descrita por la opción 2, diseñada para unir Providencia con el Sitio de Presa

En el cuadro 25 se observa la distancia que recorre los dos caminos a través de los diferentes tipos de uso de la tierra, que se encuentran en el área de estudio

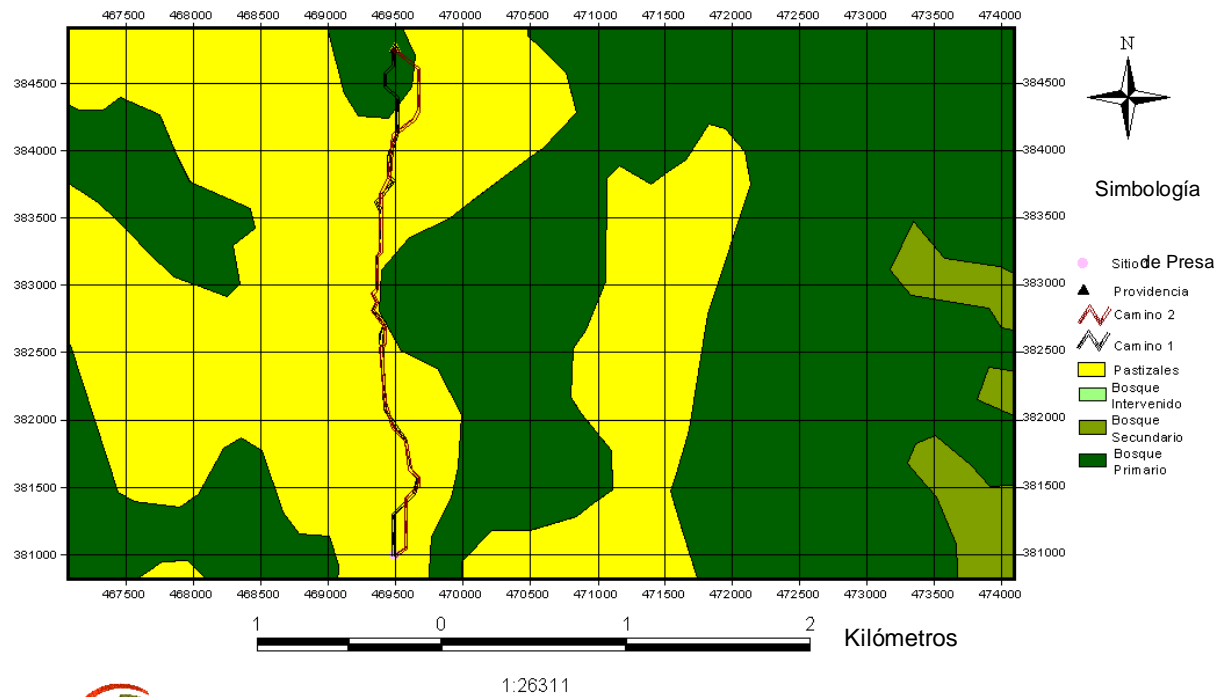
Cuadro 25. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a la comunidad de Piedras Blancas y al Sitio de Presa. Costa Rica, 2002.

Uso de la Tierra	Largo de la ruta (m)		Porcentaje	
	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 1	Ruta 2
Bosque Primario	160	390	4,78	11,46
Pastizales	3.187	3.401	95,22	88,54

Fuente: Datos del Programa

De acuerdo a la información del cuadro 25 y lo observado en la figura 31, cualquiera de las dos rutas, puede ser escogidas como base para el diseño del camino. Esto se debe al hecho de que las zonas existentes entre Providencia y el sitio de presa, son pastizales los cuales se extienden a lo largo de 948 ha.

Esta situación disminuye significativamente el daño potencial que sufriría la masa forestal, dado que la distancia máxima que se atravesaría por bosque primario es de 390 m, esto si se escogiera la ruta 2, pero si se escogiera la primera ruta serían apenas 160 m.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
21/04/2002
Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
Proyección Lambert Costa Rica Sur

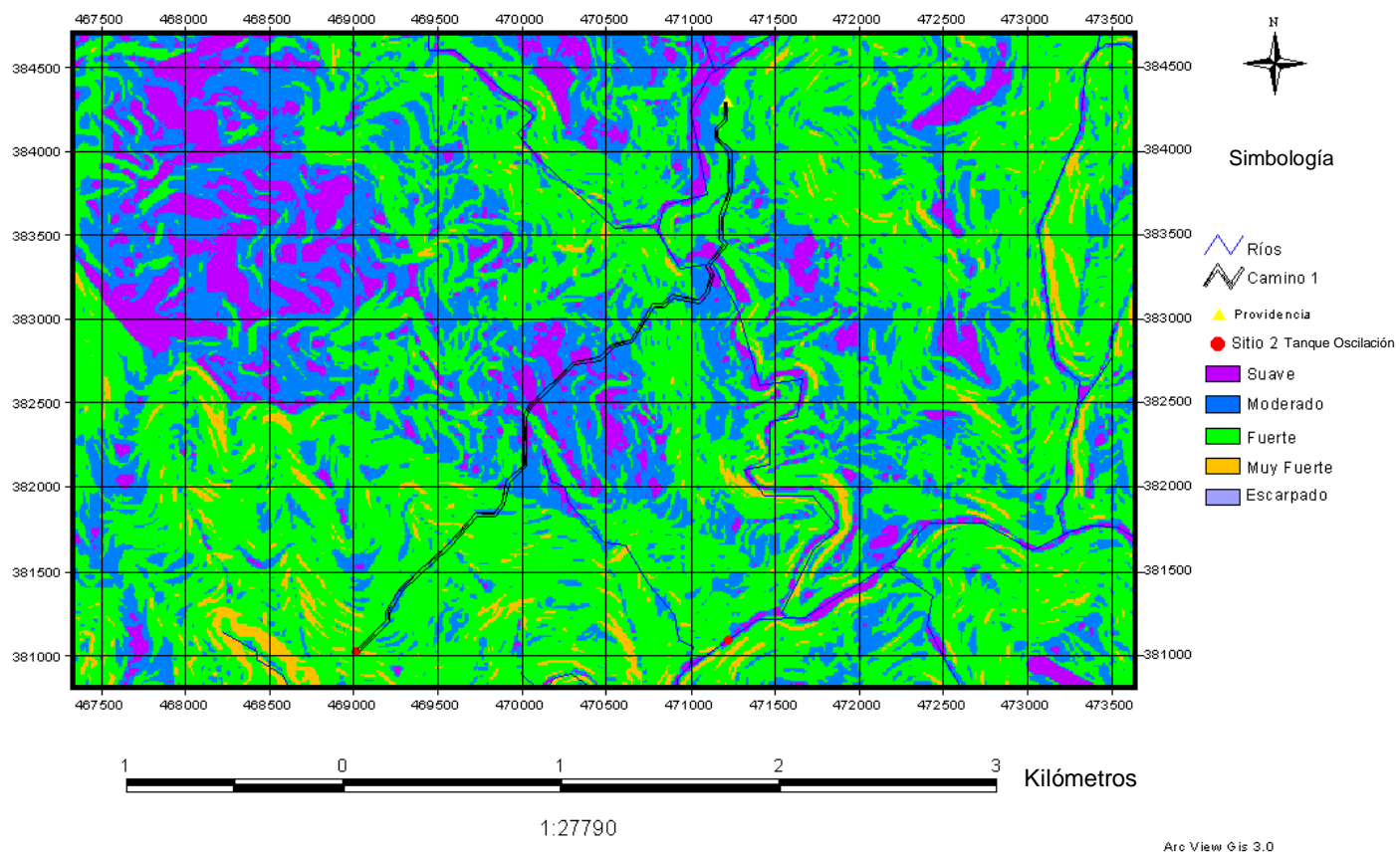


Figura 31. Mapa de Uso de la Tierra y de las Trayectorias descritas por las opciones 1 y 2, diseñadas para unir a Providencia con el Sitio de Presa del PH Brujo I

6.2.6 Rutas Providencia -Tanque Oscilación.

Como se muestra en la figura 32, en las zonas aledañas a la comunidad de Providencia con el tanque de oscilación. Las pendientes dominantes son fuertes (25%-50%), presentándose sectores aislados con pendientes moderadas y suaves. Debido a las características topográficas del lugar, aproximadamente 1.500 m de los 4.299 m que mide el camino, cruzan terrenos con pendientes superiores a 30%. Los restantes 2.799 m se desarrollan a través de zonas con pendientes moderadas y suaves. En la figura 32 se observa que en la parte media del camino existe una zona en donde las pendientes suaves y moderadas se concentran.

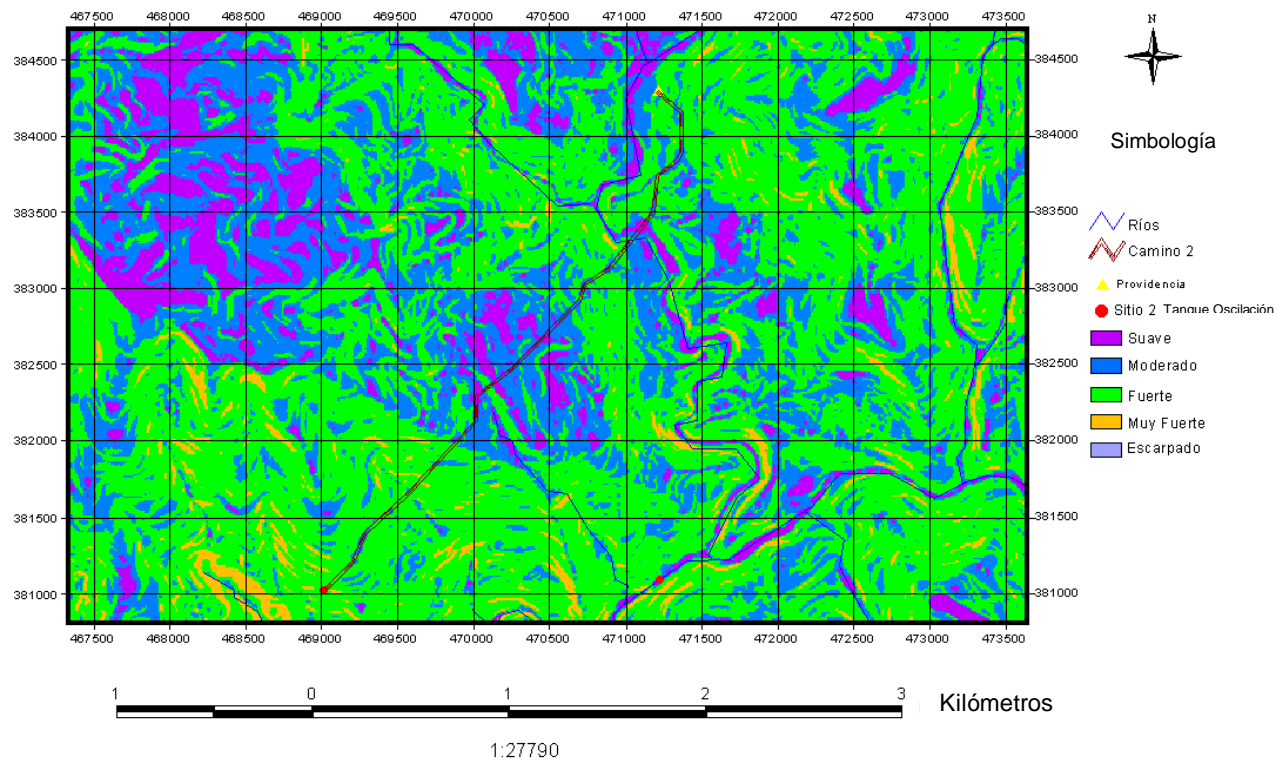
En la figura 33 se observa la segunda opción que diseñó para unir a Providencia con el Tanque de Oscilación. Esta ruta mide un total de 4.081 m y al igual que la primera ruta las zonas que poseen pendientes fuertes es por donde cruza una mayor parte del camino, aproximadamente 1.350 m. Este camino presenta el mismo problema que todas las rutas diseñadas con la segunda superficie de fricción, es el hecho que el camino se desarrolla sobre el cause del río y cruza a éste en reiteradas ocasiones (13 ocasiones), por esta razón este camino se descarta para ser utilizado como base para el diseño de una futura ruta.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 32. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 1, diseñada para unir a Providencia con el Tanque de Oscilación



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 33. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 2, diseñada para unir a Providencia con el Tanque de Oscilación

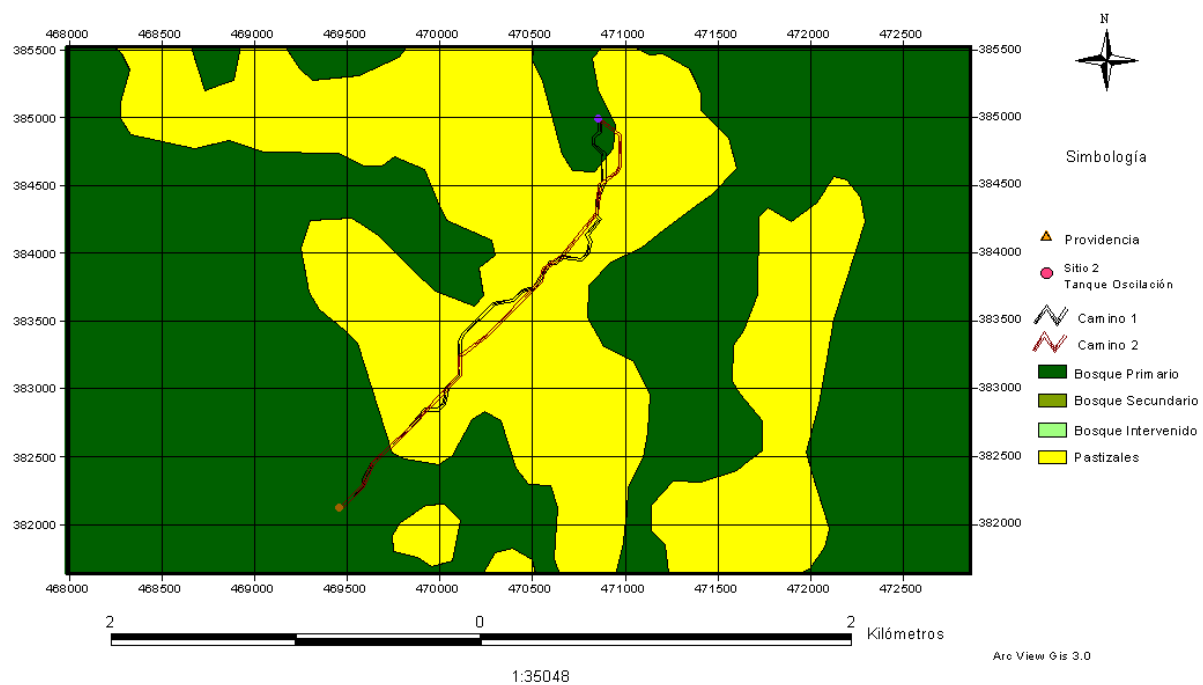
En el cuadro 26 se observa la distancia, que recorren los dos caminos a través de los diferentes tipos de uso de la tierra, que se encuentran en el área de estudio

Cuadro 26. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a la comunidad de Providencia con el Tanque de Oscilación. Costa Rica, 2002.

Uso de la Tierra	Largo de la ruta (m)		Porcentaje	
	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 1	Ruta 2
Bosque Primario	1.043	796	24,26	19,50
Pastizales	3.256	3.265	75,73	80,50

De acuerdo a la información presente en el cuadro 26 y como se observa en la figura 34, la ruta 2 es la que menos daño podría causar al medio ambiente del lugar dado que apenas atraviesa 796 m de bosque primario. Sin embargo, esta ruta desde un punto de vista topográfico fue descartada por inconvenientes ya antes mencionados.

La ruta 1 diseñada para unir a Providencia con el tanque de oscilación, presenta una gran ventaja y es el hecho de que aproximadamente 3.256 m del camino se desarrollan a través de pastizales y apenas 1.043 m (24,26%) en bosque natural dividido en dos tramos de 649 m y 394 m (ver figura 34). Por esta razón el daño que sufriría la masa forestal del sitio no se concentraría en una sola área, sino que sería distribuido en pequeñas áreas. Esto minimizaría los posibles daños que sufrirían los ecosistemas presentes en la zona.



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 34. Mapa del Uso de la Tierra y de las Trayectorias descritas por las opciones 1 y 2, diseñadas para unir a Providencia con el Tanque de Oscilación

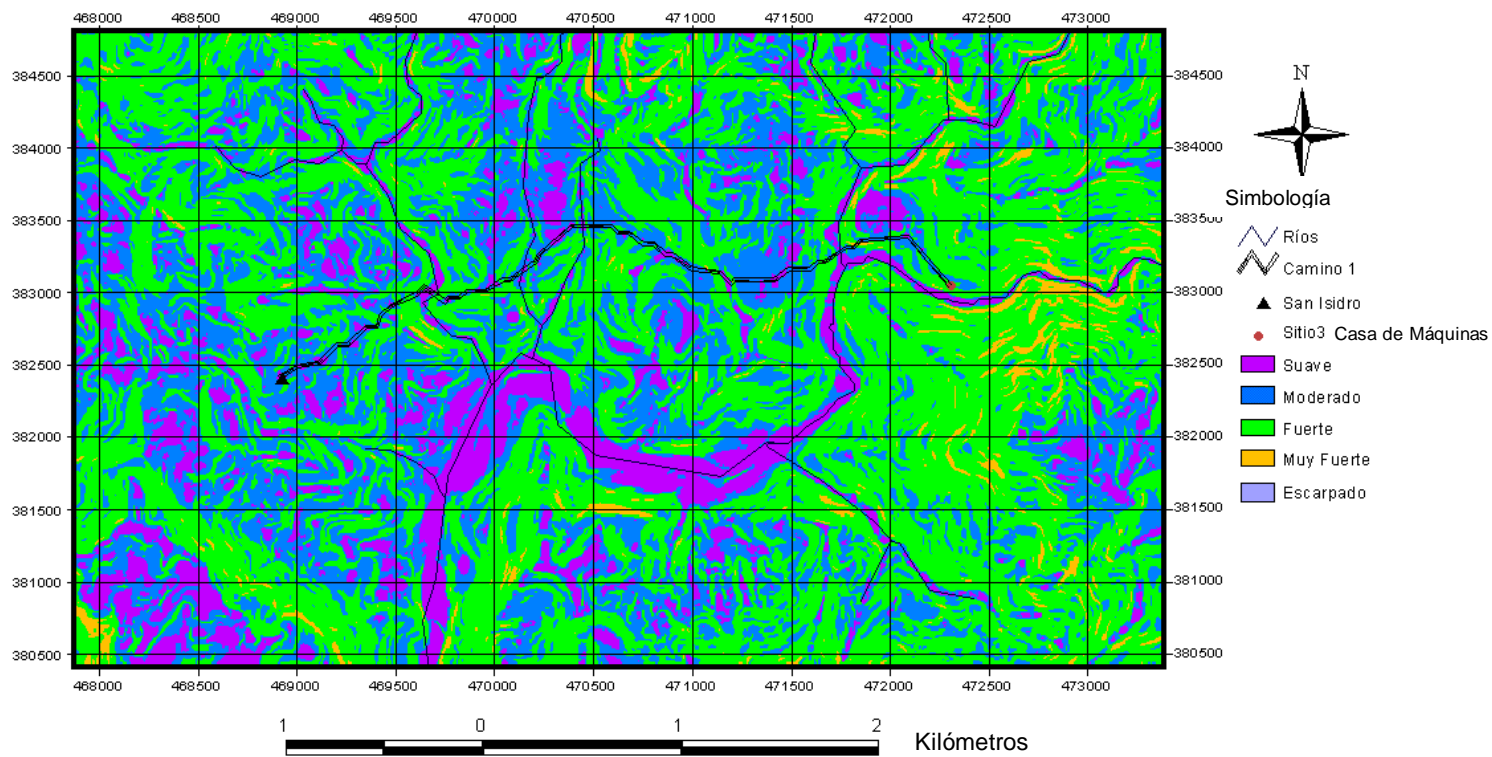
6.2.7 Rutas San isidro – Sitio de Máquinas

La ruta diseñada con la primera SF mide 5.540, m y cruza cuatro afluentes del Río Savegre. Este camino atraviesa zonas que presenta características favorables para la construcción de un camino, debido a que las pendientes que se encuentran en esta área son menores a un 25% (ver figura 35). Debido a esta característica y al hecho de que el camino, en ningún sector se une con el cauce del río, presenta características idóneas para el desarrollo de una futura ruta que una a estas comunidades.

El único posible inconveniente que podría generar la construcción de esta obra, es el impacto que sufriría las márgenes de los ríos debido al hecho que se deben construir 4 puentes. Por esta razón se debería remover la masa forestal de las zonas aledañas, a los ríos. Esto generaría un aumento en la cantidad sedimentos, que se depositarían en el río, lo que causaría una disminución de la calidad del agua y alteraría los ecosistemas acuáticos que ahí se desarrollan y aquellos que directa o indirectamente tienen relación con estos.

En la figura 36 se observa la ruta diseñada con la segunda SF, la cual une a la comunidad de San isidro con la casa de máquinas del PH Brujo. Este camino se extiende a lo largo 5.152 m, aunque esta ruta tiene la ventaja de ser más corta que la primera, posee dos limitantes que imposibilitan que sea considerada como base para el diseño de un futuro camino.

La primera de estas limitantes, es el hecho de que un tramo de 935 m, de este camino se diseñó casi sobre el cause de Río Savegre y lo cruza en 5 ocasiones. Este problema se presenta debido a que el software, diseña el camino de tal manera que este cruce las zonas en donde los valores de las pendientes sean lo más bajos posible. Lo que en este caso coincide con los cauces de los ríos presentes en la zona. El segundo inconveniente que se presenta es el hecho que en la parte media del camino, atraviesa 750 m en donde el porcentaje de pendiente se encuentra entre un 35% hasta un 45%.

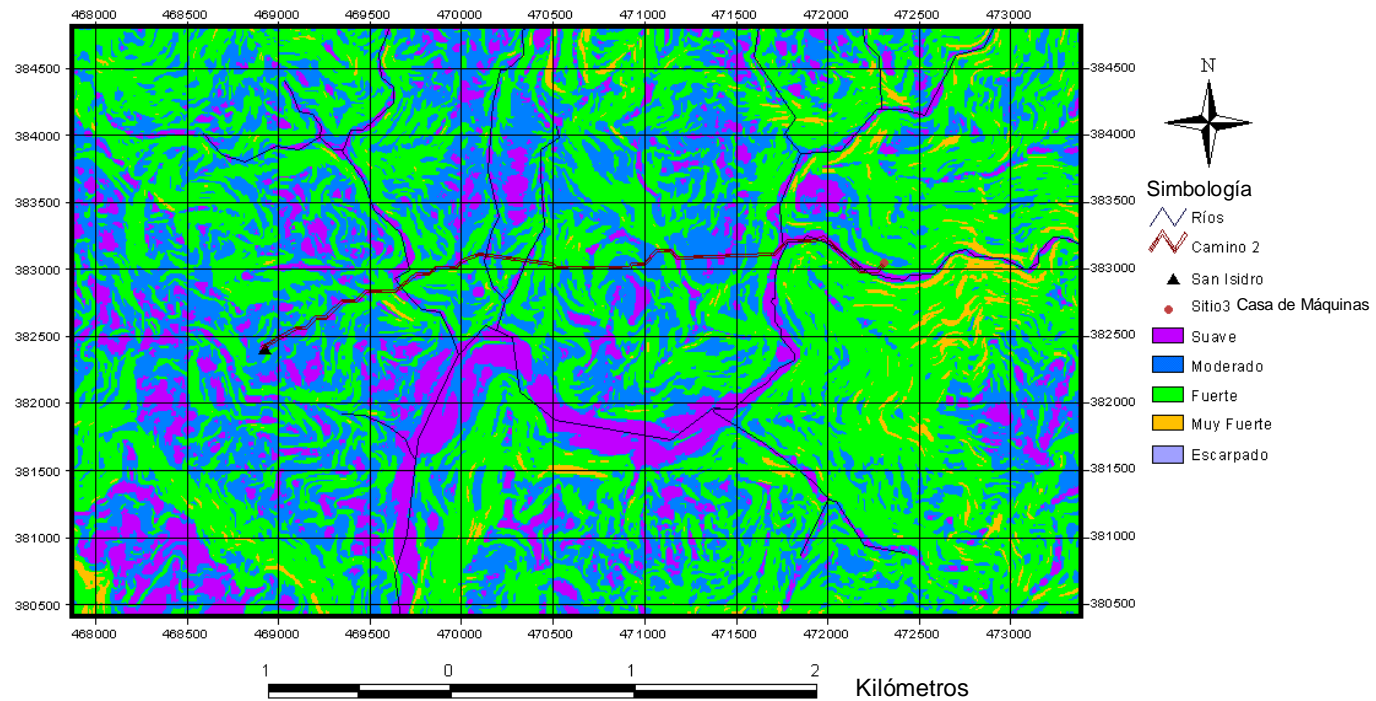


1:34742
 Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur

ArcView Gis 3.0



Figura 35. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 1, diseñada para unir a San Isidro y Sitio de Máquinas



1:34742

ArcView Gis 3.0



Realizado por: Antonio Orozco Barrantes
 21/04/2002
 Fuente: Instituto Costarricense Electricidad
 Proyección Lambert Costa Rica Sur



Figura 36. Mapa de Pendientes y de la Trayectoria descrita por la opción 2, diseñada para unir a San Isidro y Sitio de Máquinas

En el cuadro 27 se observa la distancia que recorren los dos caminos a través de los diferentes tipos de uso de la tierra, que se encuentran en el área de estudio

Cuadro 27. Usos de la tierra por los que atraviesa el camino que une a la comunidad de Piedras Blancas y al Sitio de Máquinas. Costa Rica, 2002.

Uso de la Tierra	Largo de la ruta (m)		Porcentaje	
	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 1	Ruta 2
Bosque Primario	3.983	3.927	71,89	76,20
Pastizales	1.557	1.226	28,11	23,79

Fuente: Datos del Programa

Como se observa en la figura 37, ambas rutas deben cruzar aproximadamente cuatro kilómetros de bosque natural, lo que sin duda es la principal limitante que se presenta.

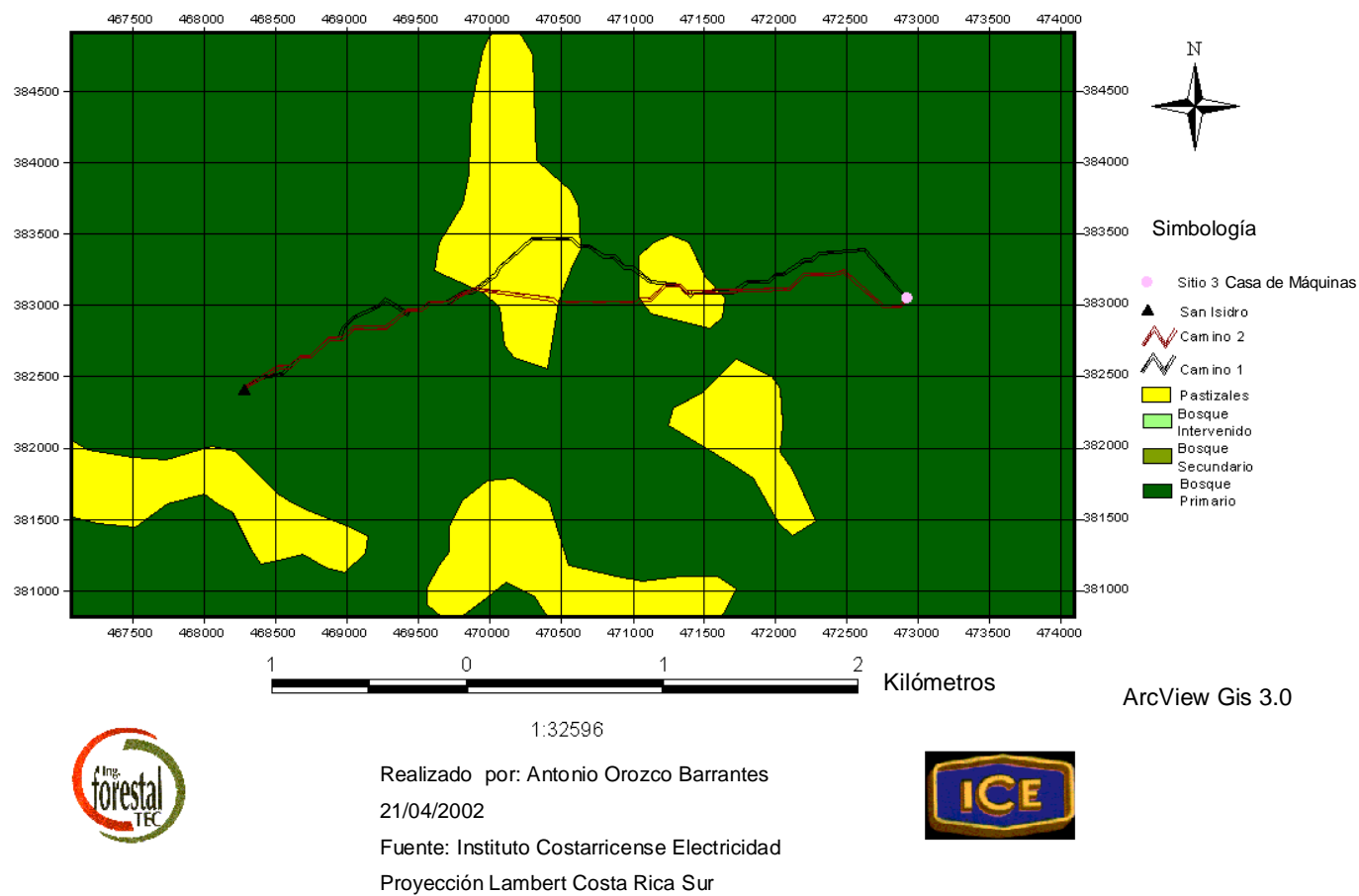


Figura 37. Mapa del Uso de la Tierra y de las Trayectorias descritas por las opción 1 y 2, diseñadas para unir a San Isidro y Sitio de Máquinas

6.3 Problemas encontrados en el desarrollo del documento.

- ✓ El perímetro de la Cuenca del Río Savegre no estaba definido. Dado que existían cuatro mapas diferentes de esta zona, de los cuales dos fueron elaborados por el ICE, uno por el Centro Científico Tropical y el último por el Instituto de Acueductos y Alcantarillados.

- ✓ La distribución de las estaciones meteorológicas en la parte alta de la cuenca es muy buena. Sin embargo en la parte baja de la cuenca es muy deficiente, encontrándose tan solo 2 estaciones en esta zona, por lo que la interpolación que se realizó de los datos de ésta área no es muy confiable.

- ✓ Para poder generar el mapa de unidades litológicas se tuvo que combinar un mapa proporcionado por la unidad de SIG del Departamento Gestión Ambiental el cual se encontraba a una escala 1 : 25.000, con un mapa del Atlas de Costa Rica 2000 el cual se encontraba a una escala de 1 : 50.000.

VII Conclusiones.

- ✓ La implementación de los SIG, en la planificación de caminos rurales, es una valiosa herramienta, que agiliza el procesamiento y análisis de las variables que son utilizadas para el diseño de los caminos. Esto permite que sea posible estudiar áreas más extensas, en un menor tiempo en comparación con los métodos utilizados tradicionalmente. Esto genera un aumento en la eficiencia y rendimiento en estas etapas. Además, permite incorporar nuevas variables, con el fin de que la construcción de estas obras alteren lo menos posible el equilibrio ecológico de las zonas por donde se planean desarrollar.

- ✓ La ruta diseñada con la primera superficie de fricción que une las comunidades de Brujo y Chaqueta, mide de 10.480 m. A lo largo de su recorrido presenta una serie de inconvenientes que impiden que ésta sea tomada como base para el diseño de un futuro camino entre estos poblados. Estos problemas radican en el hecho de que aproximadamente 870 m del camino se deben construir en áreas con pendientes superiores a 50%. Además este camino cruza en cuatro ocasiones al Río Savegre, el cual es el principal río de la cuenca. Pero el mayor problema que presenta ruta es el hecho que en su trayectoria la ruta debe cruzar un total de 6.504 m de bosque primario.

- ✓ La segunda ruta diseñada para unir estas comunidades mide 10.358 m, ésta posee una sección de 3.620 m que presenta características topográficas ideales para construir un camino. Sin embargo los restantes 6.738 m, el camino atraviesa áreas cuya topografía impide la construcción de casi cualquier tipo de camino. Además, esta ruta debe cruzar 5.070 m de bosque primario. Por estas razones solo los primeros 3.600 m ruta puede utilizarse como punto de partida para el diseño de un futuro camino.

- ✓ La primera ruta que se diseñó para unir a San Isidro y Chaqueta, se desarrolla a través de pendientes moderadas y suaves, lo que facilita el construir este camino sin problemas de índole legal o de diseño. Mientras que la segunda ruta presenta serios problemas de diseño (el camino se desarrolla a un 20 m del margen del río) por lo que esta ruta queda descartada para ser utilizada en el futuro. En General el comportamiento de las cinco restantes rutas es el mismo. En donde el camino diseñado con la primera SF, es la que presenta las mejores características topográficas. Por lo que es una buena guía para, tener una noción de cual sería la posible trayectoria de un futuro camino. Mientras que las rutas diseñadas con la segunda SF, son descartadas debido a los mismos problemas de diseño que se presentaron en la ruta que unen a San Isidro y Chaqueta.

- ✓ De acuerdo al análisis realizado, se concluye que de las siete posible rutas, seis deben ser rechazadas, debido al hecho de que para su construcción, se tendrían que deforestar grandes extensiones de bosque primario, lo que generaría un daño enorme al medio ambiente y a la imponente belleza escénica de la zona. Por lo que el único camino que podría construirse es el que une a Providencia con el sitio de presa.

- ✓ Con base en los resultados obtenidos, se concluye que las rutas que se diseñaron con la primera superficie fricción fueron las que presentaron menos problemas de diseño.

- ✓ La metodología desarrollada para elaborar las superficies de fricción, puede ser modificada fácilmente para incluir nuevas variables o alterar, las ya existente, con el fin de dar una mayor precisión al diseño de las rutas.

- ✓ Debido a que este trabajo se realizó utilizando SIG, presenta la ventaja de que la información que se utilizó, para el desarrollo de las superficie de fricción puede ser actualizada en cualquier momento.

VIII Recomendaciones.

- ✓ Con el fin de mejorar los resultados del presente estudio se recomienda actualizar la información sobre el uso actual de la tierra. Pues esta es de suma importancia para determinar los daños que podría generar el camino y decidir si es rechazado o aceptado.

- ✓ Realizar una validación en el campo de las rutas diseñadas por el software, para evaluar la eficiencia del programa.

- ✓ Desarrollar un modelo lineal con los datos totales de pendientes con el fin de que la asignación de los coeficientes de fricción para esta variable no se realice en forma arbitraria.

IX Bibliografía.

AECI, 1998. Propuesta para la conservación y el desarrollo integral de la Cuenca del Río Savegre. San José, Costa Rica. 186 p.

ARCE, S. 2001. Diagnóstico de amenaza por deslizamiento en la cuenca alta del Río Savegre. Heredia, Costa Rica. 200 p.

CALVO, JC. 1999. Principios de Hidrología Forestal Tropical. ITCR; Serie de Apoyo Académico N° 23. Cartago, Costa Rica. 136 p.

CASTRO, E.M. 1998. Identificación de áreas críticas para la protección en las Cuencas de los Ríos Banano y Bananito, Limón, Costa Rica, utilizando un sistema de información geográfico. Tesis Bach. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico Costa Rica. 106p.

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS. 1984. Diagnóstico físico conservacionista en cuencas hidrográficas. Mérida, Venezuela, Ministerio del Ambiente y de los Recursos naturales Renovables. 63p.

CORDERO, S. 1998. Modelo cartográfico para la asignación óptima del pago de servicios ambientales. Tesis Bach. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 111p.

DEAGOSTINI, D. 1975. Sensores remotos y principios de percepción remota. Bogotá, Colombia, Centro Interamericano de Fotointerpretación. 157 p.

EASTMAN, J. 1999. The Idrisi 32 Proyect, Clark University. 298 p.

- ESCARIO, JL. 1960. Caminos. Madrid, España Universidad Complutense de Madrid. 285p.
- GUTIÉRREZ, J. 1994. SIG: Sistemas de información geográfica. Madrid, España, Universidad Complutense de Madrid. 251 p.
- LOSA, J. 1969. Caminos Económicos. Madrid, España, Ediciones Mundi-Presa, 269 p.
- COSTA RICA. INSTITUTO COSTARRICENSE DE COSTA RICA. 1984. Informe Preliminar Proyecto Hidroeléctrico Savegre, Dirección de Planificación Eléctrica, Volumen N°1 – Volúmen N°2. Abril. 90 p.
- MADRIGAL C. 2000. Informe Geológico Preliminar de los Proyectos Brujo I y II. San José, Costa Rica. 94 p.
- MAGUIRE, D.J. 1992. An overview and definition of GIS. in geographic information systems: principles. Ed. By D.J Maguire; M.F. Goodchild; D.W Rhind. New York, EE.UU.,Wiley. V.1 p 21-43.
- MORA, S. VAHRSON W, 1990. Metodología para la determinación “a priori” de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 200p.
- ORTIZ, E. 1999. Introducción a Sistemas de Información Geográfico (con referencia a idrisi Windows 2.0). ITCR; Serie de Apoyo Académico N° 28. 53p.
- SABORIO, J. 1988. La percepción remota y su aplicación en la evaluación de los recursos naturales. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 26p.

SANCHEZ, O. 1993. Determinación de áreas críticas mediante sistemas de información geográfica, Cuenca del Río Reventado, Costa Rica. Tesis M.Sc. Cartago, Costa Rica. 112 p.

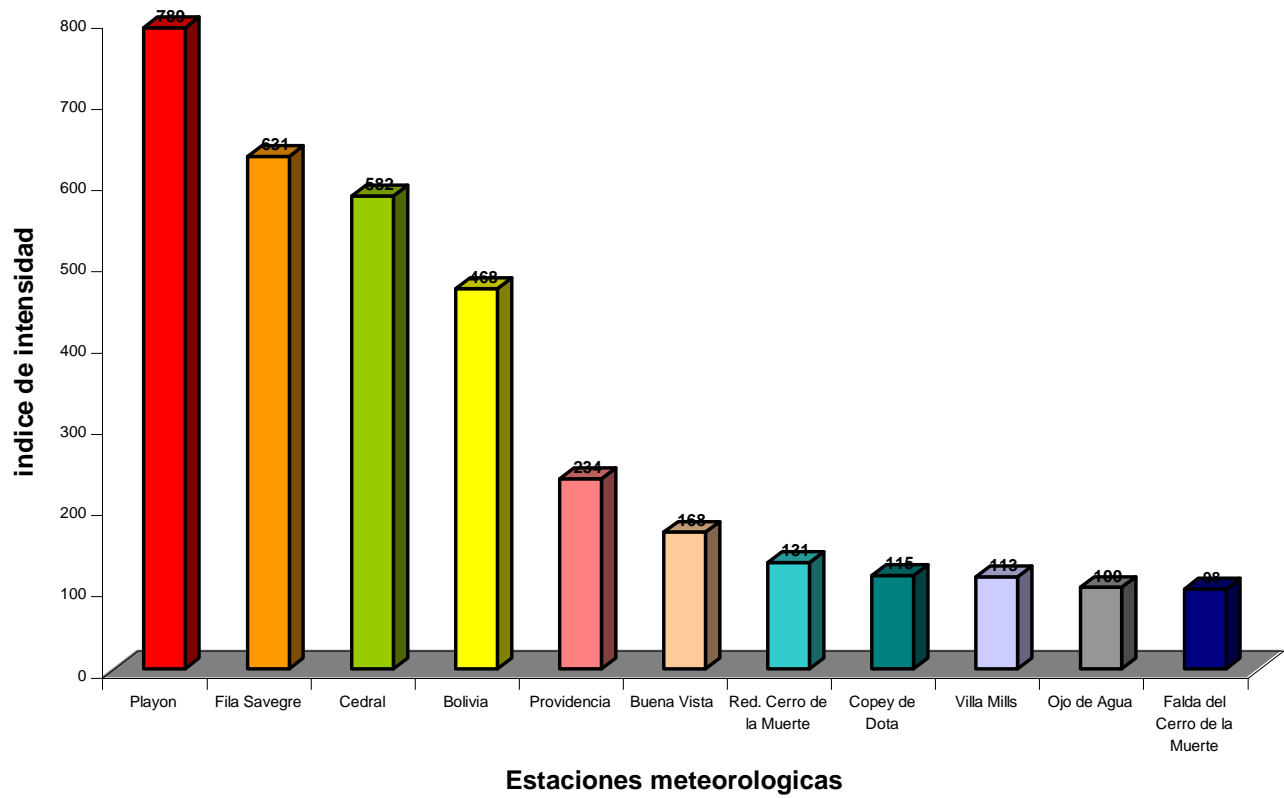
TOMLIN, C.D. 1990. Geographic Information Systems and Cartographic modelling. N.J E.U.A. Englewood Clifs, Prentice Hall. 249 p.

ZÚÑIGA, M. 1993. Seminario de Investigación Gráficos por Computadora. ITCR. Proyecto de Investigación sistemas de Información Geográficos. Cartago, Costa Rica. 43 p.

www.pobladores.com/territorios/informatica/GISWorld/pagina

www.scit.sistemasdeinformaciongeografica.htm

XX Anexos.



Microsoft Excell 2000

Figura 38. Valores de Intensidad de la Precipitación, para 11 estaciones meteorológicas ubicadas en las cercanías de la Cuenca del Río Savegre

Cuadro 28. Ubicación Geográfica de las Estaciones Meteorológica próximas a la Cuenca del Río Savegre, Costa Rica. 2002.

Nombre	Código	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)	Índice de Fournier
Falda del Cerro de la Muerte	73043	9,36	83,43	2.960	98
Ojo de Agua	73036	9,37	83,49	2.960	100
Villa Mills	73033	9,34	83,43	3.000	113
Copey de Dota	88023	9,39	83,55	1.880	115
Red. Cerro de la Muerte	73080	9,34	83,46	3.365	131
Buena Vista	98031	9,30	83,40	1.310	168
Providencia	94005	9,31	83,52	1.490	234
Bolivia	98011	9,11	83,38	950	468
Cedral	98010	9,22	83,33	1.450	582
Fila Savegre	98066	9,26	83,49	1.280	631
Playon	88015	9,38	84,17	65	789

Fuente: Principios de Hidrología Forestal Tropical