UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
09/10/14
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U

"DISEÑO DE UN CAMINO FORESTAL CON IMPACTO REDUCIDO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA CONCESIÓN PUCALLPA EXPORT". PUCALLPA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Bach. OSCAR EDUARDO GIL NAVARRO

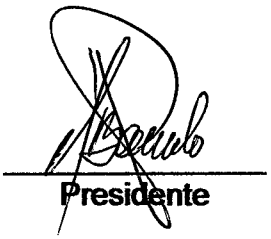
Pucallpa - Perú

2013

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, integrado por los siguientes Catedráticos:

Ing. Msc. Oscar Barreto Vásquez



Presidente

Ing Msc. Gabriel Mercado Jáuregui



Secretario

Dr. Fredy Velázquez Ramírez



Miembro

Ing. Msc Fernando Velásquez de la Cruz



Asesor

Bach. Oscar Eduardo Gil Navarro



Tesista

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por ser mi fuerza espiritual, a mis Padres Oscar y Orfilia que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores que me permitieron llegar hasta este momento tan importante de mi formación.

A mis hermanos; Claudia Melissa y Daniel Fernando, por estar siempre presentes, no importando la distancia, han estado acompañándome para poder realizarme.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la institución y personas que han contribuido en la ejecución de la presente tesis:

- A la Universidad Nacional de Ucayali por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, a los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales por su esmerada labor y por transmitirme sus enseñanzas y conocimientos en el transcurso de mi formación profesional.

- A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

- A mi padre, que siempre me ha sabido orientar en el desarrollo de esta tesis con su experiencia y su apoyo incondicional para realizarme como profesional. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

- A mi asesor Ing. Fernando Velásquez de la Cruz. M. Sc., por sus consejos y constante orientación en el desarrollo de la presente investigación.

- A todas las personas que de una u otra forma aportaron en la realización y ejecución del presente trabajo de tesis. Son muchas las personas a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía.

CONTENIDO

DEDICATORIA iii

AGRADECIMIENTO iv

RESUMEN ix

ABSTRACT x

INTRODUCCION 11

I.MARCO TEÓRICO 13

1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 13

1.2 MODELOS DIGITALES DEL TERRENO 15

a) Datos para un modelo digital de terreno 15

b) Misión topográfica Radar Shuttle 16

1.3 CAMINOS FORESTALES 18

1.3.1Diseño del camino 18

1.3.2 Construcción del Camino forestal 20

a) Campamentos y oficinas 20

b) Trazo de caminos 21

c) Operación de maquinaria y equipo 21

d) Desmonte y estacado 21

e) Movimiento de tierras 22

f) Obras de drenajes 22

g) Manejo y disposición de residuos 23

1.4 IMPACTO AMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO. 23

1.4.1 Impacto Reducido Aplicando Los Sistemas De Información Geográfica (SIG) 24

1.4.2 Cambios en la composición del bosque y daño a los árboles remanentes 25

1.4.3 Consecuencia de la Falta de Planificación de la Red Vial. 25

II. METODOLOGÍA 27

2.1 Descripción del área de estudio 27

2.1.1 Ubicación del área de estudio 27

2.1.2 Zonas de Vida 28

2.1.3 Meteorología 30
2.1.4 Fisiografía 31
2.1.5 Accesibilidad 31
2.2 METODOLOGIA 32
2.2.1 Método de Investigación 32
2.2.2 Población y Muestra 33
2.2.3 Selección del punto de Inicio del camino 34
2.2.4 Componentes Estudiados 34
2.2.5 Análisis Estadísticos 34
2.2.5 Evaluación de Impactos 35
2.3 Instrumentos de Recolección de Datos 36
2.4 Procedimiento de Recolección de Datos 37
2.4.1 Etapa de Diseño 37
2.4.2 Etapa de Campo 38
2.4.3 Etapa de Evaluación 38
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 39
3.1 DISEÑO DEL CAMINO Y TRAZO DEFINITIVO. 39
3.1.1 Error Posicional (Coordenadas X, Y) 42
3.1.2 Error Atributos (Coordenada Z) 43
3.1.3 Distancia 45
3.1.4 Pendiente 45
3.2 COMPARACIÓN DE CAMINOS. 47
3.2.1 DISTANCIA Y ÁREA DEFORESTADA 47
a. Flora 48
b. Fauna 48
c.Alteración de la calidad del aire 49
d.Temperatura 50
e.Ruido y vibraciones 50
3.2.2 PENDIENTE (Remoción de Suelos y Deslizamientos por Caminos) 50
- Suelo 51
3.2.3 ALTERACIÓN HIDROLÓGICA. 54
- Calidad del Agua y alteración de la Red Hidrográfica 54
3.2.4 ASPECTO SOCIOECONÓMICO 55

a.SOCIAL 55
b.ECONÓMICO 55
c.CAMBIO DEL PAISAJE 56
3.2.5 CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL 56
IV. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES 60
4.1. CONCLUSIONES 60
4.2. RECOMENDACIÓN 61
V. BIBLIOGRAFIA 62
ANEXO 65

INDICE DE FIGURAS

01: Mapa de Ubicación y Localización 27
02: Mapa de Zonas de Vida de la Concesión Forestal Pucallpa Export. 30
03: Mapa de Datos del SRTM del área de la Concesión 39
04: Modelo de elevación Digital y Drenajes Naturales 40
05: Trazo del Camino Forestal de Acceso a la PCA. 41
06: Curva de Nivel derivado de DEM SRTM. 70
07: Drenajes Naturale del Área de la Concesión Forestal 71
08: Mapa de Pendientes. 72

INDICE DE CUADROS

01: Zonas de Vida. 28
02. Rutas o vías de acceso a la concesión 32
03: Leyenda de Ponderación de la Matriz de Leopold. 35
04: Rangos de Ponderación 36
05: Clasificación de Pendientes 37
06: Valores del Error de Geoubicación 42
07: Valores del Error de la Altura 43
08: Valores del Error para la Distancia 45
09: Comparación de Pendientes espresados en grados y porcentajes 46
10: Valores entre los Caminos 48
11: Calificación de Impactos en Ruido8 (Negativos temporales) 50

12: Comparación de Pendiente expresado en grados y porcentaje 51
13: Volúmen de Movimiento de tierra 52
14: Alteración de la Red Hidrográfica 54
15: Matriz de Leopold Camino A 58
16: Matriz de Leopold Camino B 59

INDICE DE GRAFICOS

01: Perfil del diseño del Camino de 0 a 8,300 metros de recorrido 44
02: Perfil del diseño del Camino de 8,300 a 16,700 metros de recorrido 44
03: Perfil del Camino A y B de 0 a 8,300 metros de recorrido 53
04: Perfil del Camino A y B de 8,300 a 16,700 metros de recorrido 53
05: Estación UNU Precipitación Total Mensual 1984 - 2012 69
06: Estación UNU Temperatura promedio Total Mensual 1984 - 2012 69

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue validar la metodología de planificación de caminos forestales mediante sistema de información geográfica (SIG) y determinar la reducción del impacto ambiental en comparación con otro camino que no utiliza está metodología. Para ello se planificó un camino forestal que una el río Yucanya hasta la Parcela de Corta Anual en la concesión forestal Pucallpa Export, situado la cuenca del río Yucanya, distrito de Masisea, Provincia de Coronel Portillo en la Región de Ucayali. La zona de vida del estudio Corresponde al Bosque Muy Húmedo tropical y Bosque Muy Húmedo – Premontano Tropical Transicional a Bosque Húmedo – Tropical debajo de los 500 msnm. La estación Meteorológica de la "Universidad Nacional de Ucayali", reporta para la zona una temperatura media anual de 26,1 °C, media máxima de 32,5 °C y media mínima de 19,0 °C, precipitación total anual promedio de 1,665.3 mm. En la investigación se evaluó la efectividad y confiabilidad en el campo de la planificación de un camino forestal utilizando sistemas de información geográfica mediante un análisis del Error cuadrático medio con un nivel de confianza al 95%, y la contribución en la reducción del impacto mediante la Matriz de Leopold. El diseño del camino forestal tuvo un error posicional de 20.60 metros, un error de altura de 9.20 metros y una diferencia de longitud 2,319.22 metros con pendientes de hasta 43° en zonas más accidentadas, como consecuencia se pudo obtener una orientación confiable del trazo diseñado mediante SIG. El cual comparado con otro camino que no utiliza esta metodología se obtuvo que presenta una área mayor de deforestación con una diferencia de 6.62 ha, como consecuencia un impacto negativo mayor en la flora y fauna, un menor impacto en el suelo y menor alteración hidrográfica por seguir la divisorias de cuenca, un impacto positivo mayor en el aspecto socioeconómico favoreciendo la inversión en tiempos útil de trabajo. Como consecuencia el camino forestal planificado mediante SIG tiene un menor impacto ambiental.

Palabras Claves: Impacto reducido, Concesión forestal, Parcela de corta anual, Matriz de Leopold, camino forestal.

ABSTRACT

The objective of the research was to validate the methodology forest road planning by geographic information system (GIS) to determine the environmental impact reduction compared with another way that does not use this methodology. This was planned a forest road a river Lot Yucanya to Short Annual Export Pucallpa forest concession located Yucanya River Basin , Masisea district , province of Coronel Portillo in the Ucayali region . The life of the study area corresponds to the tropical wet forest and wet forest - Transitional Tropical Premontano to Rainforest - Tropical below 500 meters. Meteorological station " Universidad Nacional de Ucayali " reports for the area an average annual temperature of 26.1 ° C , mean maximum of 32.5 ° C and average minimum of 19.0 ° C , average annual precipitation 1665.3 mm . The research evaluated the effectiveness and reliability in the field of planning a forest road using geographical information systems by analyzing the mean square error with a confidence level of 95%, and the contribution to reducing the impact by Leopold Matrix . The forest road design had a positional error of 20.60 meters, height error of 9.20 meters and a length difference 2319.22 meters with slopes up to 43 ° in hilly areas as a result were able to obtain reliable guidance line designed by GIS. Which compared to other path that does not use this methodology was obtained which has a larger area of deforestation with a difference of 6.62 ha, resulting in a greater negative impact on flora and fauna, less impact on the ground and less alteration basin by follow the watershed divides a greater positive impact on the socio-economic encouraging investment in useful working time. As a result the planned forest road through GIS has a lower environmental impact.

Keywords: Reduced impact, forest concession, short- Plot annual Leopold Matrix, forest road

INTRODUCCION

Los caminos forestales tienen la función principal de dar acceso al bosque, para la extracción de madera, ordenamiento y control. Pero hay que tomar en cuenta que de todas las actividades que comprenden el aprovechamiento forestal, es la construcción de caminos la que más impacto causa, por lo que una adecuada planificación donde se identifiquen aquellas áreas frágiles del bosque, puede favorecer significativamente en la reducción del impacto ambiental.

Es bien conocido que en la región Ucayali, los caminos forestales son diseñados con medios empíricos, por personas que en base a su experiencia en el campo, han implementado su propia metodología, encontrándose con variedad de dificultades, por el hecho de no conocer la topografía del lugar y por consiguiente invierte más tiempo buscando las mejores condiciones para la construcción del camino, traduciendo esta situación a tiempo improductivo.

Estas dificultades son sobrellevadas sin consideraciones ambientales, donde no hubo una evaluación previa de otras alternativas de caminos. En cambio el diseño de un camino forestal con Sistemas de Información Geográficas (SIG), abre más opciones de diseño y se puede anticipar las posibles dificultades en el campo, siendo más productivos, ahorrando a la empresa concesionaria tiempo y capital de inversión.

Es por ello que el presente estudio, se centra en dos aspectos importantes:

1. La validación del diseño de una camino Forestal, mediante la aplicación del Sistema de Información Geográfica (SIG), que permite conocer la topografía del terreno, previo el reconocimiento en el campo;

2. La reducción del Impacto Ambiental que este diseño conlleva, en la etapa de planificación del aprovechamiento forestal, permitiendo anticipar un camino

ambientalmente aceptable, evitando áreas vulnerables o frágiles que puedan ser afectados, así como una pendiente pronunciada, cruces de ríos y determinar el área de deforestada, comparado con otro camino que no utiliza esta herramienta.

I. MARCO TEÓRICO

1.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñada para capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Lo que más distingue un SIG de otros sistemas para dibujo, tratamiento de imágenes, diseño cartográfico, atlas digitales, etc., son las operaciones de análisis de datos.

a. Hardware

Los ordenadores personales que se ofrecen hoy en cualquier tienda de informática cumplen los requerimientos para la creación y operación de un SIG. Los dispositivos y periféricos opcionales tienen su utilidad principalmente en la entrada y salida de los datos (módem, escáner, GPS, impresora en color).

b. Software

Cada programa (o paquete) de SIG es un conjunto de algoritmos para acceder, analizar y sintetizar datos espaciales y sus atributos asociados. Unas funciones son clásicas y las encontramos en prácticamente todos los paquetes de SIG y otras funciones son más particulares. Existen programas que enfocan más en el manejo de la cartografía vectorial y otros para la cartografía ráster. Casi todos utilizan ya ambos formatos, aunque con predominio de uno de ellos. La elección del programa SIG depende de las aplicaciones y análisis que se quiere hacer. No hay ningún líder entre los programas, algunos tienen muy buenas herramientas para el tratamiento de imágenes de satélite y otros incluyen un amplio rango de módulos para el modelado y evaluaciones estadísticas. Los usuarios experimentados utilizan normalmente varios programas distintos, según características de los datos y aplicaciones. Los precios se encuentran entre coste cero (software libre) hasta varios millones de Ptas. Un buen programa para empezar (y para llegar bastante lejos) es Idrisi, un programa creado en la universidad norte-americana Clark University. Tiene su lado fuerte en el análisis y la modelación en el formato ráster y su lado débil en el formato vectorial y la salida de cartografía. Por otra parte permite acceder a la estructura de los datos, lo que facilita el familiarizarse con los principios del SIG y sus procedimientos.

c. Datos

La mayoría de la cartografía digital actual proviene de cartografía tradicional que se ha digitalizado en tableta o escaneado y después vectorizado. Una fuente importante de información son las coordenadas tomadas por un GPS (p.ej. observaciones durante un censo), y otra fuente importante - muy distinta en su estructura a la anterior – son las fotos aéreas e imágenes de satélite. Lo que

realmente hace un SIG interesante es la posibilidad de generar nueva cartografía a partir de los mapas iniciales: Un mapa de *distancia* a la carretera más próxima a partir de un mapa de la red de carreteras, un mapa del *índice de erosión* a partir de información sobre de tipo de suelo y cubierta vegetal en combinación con precipitaciones y pendiente del terreno, etc.

d. Personal

El usuario enlaza con todos estos componentes y pone el SIG en funcionamiento. El éxito de la implementación y del diseño del SIG depende en gran medida de sus conocimientos (tanto del SIG como del tema a analizar), del conjunto de métodos, ideas y modelos que aplica en el proyecto, su capacidad de reconocer y resolver problemas que pueden surgir durante el proceso y de su capacidad de adquirir o convertir información al formato digital para integrarla en el SIG.

A menudo son los componentes de Hardware y Software los que más llaman la atención y en que más dinero se invierte. Sin embargo, los puntos cruciales son los Datos y el/los Usuario(s). Por un lado porque la disponibilidad de los datos sobre que se realizan las operaciones, la precisión y actualidad son lo que determina la salida de resultados. Y por parte de los usuarios porque es imposible aprender hasta las profundidades el manejo de un SIG en un fin de semana, leyendo solo el manual del programa. (Bosque, 1992)

1.2 MODELOS DIGITALES DEL TERRENO

a) Datos para un modelo digital de terreno

Se denomina modelo digital del terreno a una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, como puede ser la temperatura, las alturas o la presión atmosférica. En particular, cuando la variable a representar es la cota o altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevaciones o MDE. Los modelos digitales del terreno, también

denominados MDT, son simbólicos pues establecen relaciones de correspondencia con el objeto real mediante algoritmos o formalismos matemáticos que son tratados mediante programas informáticos. (MATHEW, 2008).

Las curvas de nivel son líneas definidas, como una sucesión de pares de coordenadas, que tienen como identificador el valor de la elevación, en cada uno de los puntos de la línea. Constituyen una fuente especialmente conveniente para generar un modelo digital del terreno. Su densidad varía del modo más adecuado para obtener una representación fidedigna del fenómeno de altitud. Como es conocido las curvas guardan un intervalo mayor en zonas planas y están más cercanas en las zonas de relieve más movido (MATHEW, 2008).

b) Misión topográfica Radar Shuttle

La misión topográfica de radar a bordo del transbordador (**SRTM** por sus siglas en Ingles "Shuttle Radar TopographyMission") es una misión para obtener un modelo digital de elevación de la zona del globo terráqueo, de modo que genere una completa base de cartas topográficas digitales de alta resolución de la Tierra. El SRTM consiste en un sistema de radar especialmente modificado que voló a bordo del transbordador espacial Endeavour, durante los 11 días de la misión STS-99 de febrero de 2000, (FARR, 2007).

Una característica altamente discutida del MED del SRTM es el sesgo del follaje(o dosel vegetal). La mayoría de las ondas del radar recibidas sobre áreas densamente Boscosas se reflejan de vuelta en el follaje, bastante por encima de la superficie de la tierra desnuda (KELLNDORFER *et all* 2004). Uno de los motivos por el cual resulta problemático para el análisis hidrológico, por ejemplo, en un área de selva densa donde se esté deforestando. A veces se crean redes de canales falsos, por causa de valores de elevación contrastantes, entre la selva y las áreas taladas (VALERIANO, 2005).

La exactitud absoluta horizontal y vertical del modelo SRTM es de 20 m (error circular con una probabilidad del 90 %) y de 16 m (error lineal con una probabilidad del 90 %) respectivamente. Se ha demostrado que los datos SRTM poseen una alta precisión (RMS en Z: 8m a 15m), dependiendo de la pendiente del terreno, el tipo de vegetación y de la corrección del desplazamiento planimétrico. NASA (2005),

a) Análisis de un modelo digital de terreno

La Pendiente es un producto valioso derivado de cualquier MED y forma parte de muchos modelos de procesos superficiales terrestres, tales como el modelaje de deslizamientos de tierra. (JARVIS, 2004). Se pueden diferenciar dos tipos de medidas diferentes que caracterizan a un MDT, y por lo tanto dos formas diferentes de análisis: **1)** Las medidas que establecen la geometría general (pendiente) de la superficie y **2)** Las relaciones relativas entre los puntos de la superficie, como son la medida de rugosidad y la fuerza del relieve y en general las medidas que establecen como se producen los flujos de un líquido sobre la superficie topográfica. (BOSQUE, 2000)

MATHEW, 2008 menciona algunas aplicaciones fundamentales en el análisis de un MED, entre otras, son:

- Modelaje hidrológico
- Planificación de infraestructura
- Rectificación de orto-imágenes
- Manejo y mitigación de desastres
- Análisis de línea visual
- Simulación de vuelos en 3D
- Construir herramientas de visualización.

1.3. CAMINOS FORESTALES

Los caminos forestales planificados comprenden la especificación de las pautas de diseño así como trazado, construcción, mantenimiento de los caminos y de las estructuras complementarias, como puentes y tuberías de drenaje. Los caminos forestales son complejas estructuras de ingeniería de las que dependen el transporte eficiente y el acceso seguro al bosque. Sin duda, son el aspecto más problemático de las operaciones de explotación maderera, porque una parte importante de la erosión del suelo cabe atribuirla directamente a las carreteras, en muchos casos por deficiencias de diseño, construcción o mantenimiento. Ahora bien, excepto cuando es posible utilizar cursos de agua caudalosos, los caminos forestales son indispensables tanto para la extracción de madera industrial como para facilitar el acceso al bosque, para su ordenación y control. (FAO, 1996)
La construcción de un camino forestal comprende dos etapas fundamentales, la etapa del diseño y la construcción propiamente dicha:

1.3.1 Diseño del camino

El trazado de la red de acceso debe considerar las zonas con riesgo potencial de erosión, remoción o deslizamiento, evitando construir caminos en zonas identificadas como de alta o muy alta fragilidad. Es por ello que se evitará localizar caminos en pendientes pronunciadas, suelos inestables, propensos a deslizamientos, con textura arcillosa, alta plasticidad y humedad, laderas en suelos con material altamente meteorizado, tampoco sobre vegas o turberas ni dentro de franjas de protección de cualquier tipo. (MALESKA et al, 2008)
MALESKA et al, 2008 menciona requerimientos de cartografía en la planificación de caminos forestales:

- Conocer los límites de los bosques a ser intervenidos (rodales, especies, estructuras, etc.). Además, se debe tener identificadas las zonas particulares, como: Red hídrica, humedales, zonas inundables, zonas con

pendientes mayores a 65 %, zonas de conservación de biodiversidad o hábitats.

- El plano de curvas de nivel es importante, preferentemente con una equidistancia de 10 metros.
- Se localizarán los caminos en aquellos sectores donde se minimice el movimiento de tierra y el efecto de derrame de tierra a las quebradas o cursos de agua.
- Se evitará en la medida de lo posible, ingresar en zonas frágiles, de protección o de conservación. De hacerlo deben tomarse las medidas necesarias de mitigación de posibles impactos y/o posterior restauración de la integridad de las mismas.
- Se intentará evitar o minimizar la construcción del camino en zonas con pendientes superiores a 30-35%, de acuerdo al tipo de suelo.
- Se privilegiará la habilitación parcial o total de caminos ya existentes o de antigua traza, siempre y cuando cumplan con las condiciones o estándares requeridos.
- Ancho de la superficie de rodaje 5 y 6 metros, ancho de desbosque de 8 a 10 metros
- En las rectas, las pendientes longitudinales no deben superar el 15 %, ni debiera ser menor al 2% con el fin de facilitar el drenaje. La pendiente transversal rondará entre el 3 al 5 %.

NAVEIRAS, R *(2011) Algunos lineamientos básicos que deben considerarse para* la construcción de caminos son:

- Utilizar personal capacitado en la planificación, supervisión y construcción de la red de caminos. Esto puede significar un gran ahorro en reparación de caminos y de máquinas. Adicionalmente se reducen los impactos ambientales negativos.
- Tener en cuenta normas de diseño durante su construcción.
  - Pendiente máxima: 15 %
  - Carga de puentes: 30 (TM)
  - Ancho desmontado: 6 - 8 m

- Ancho de calzada: 4 - 5 m
- Cunetas de 1 m de ancho a ambos lados
- Pendiente máxima de las vías de saca 30 %.

- Diseñar sistemas de drenajes superficiales adecuados para el sitio y tipo de camino. Esto requiere tener información sobre suelo y clima. Implica la excavación de cunetas y la construcción de drenajes.
- Minimizar cambios en el patrón natural de drenaje. Se debe evitar bloquear cursos de agua, construyendo puentes o alcantarillas.
- Evitar la construcción de caminos en áreas con suelos muy húmedos o con alto riesgo de erosión. El costo de caminos en estas áreas es elevado, tanto en la construcción como en el mantenimiento.

1.3.2 Construcción del Camino forestal.

La construcción de caminos forestales debe ajustarse a un conjunto de bases técnicas generales y específicas que detallan la forma cómo debe realizarse cada etapa del proceso constructivo y la calidad de obra esperada. Sin embargo, persiste aún mucha construcción informal en los predios pertenecientes a medianos y pequeños productores forestales, donde la técnica queda depositada en la buena voluntad de los ejecutantes. A continuación se describen las faenas más comunes en torno a los principales proyectos forestales.

a) Campamentos y oficinas

Consiste en la construcción e implementación de viviendas temporales, de donde pernocten el personal obrero y administrativo, almacenes y servicio de mantenimiento a la maquinaria. El área a intervenir solo será el necesario y teniendo en cuenta los aspectos de seguridad en el trabajo (FAO, 1995).

b) Trazo de caminos

Consiste en trazar el camino que servirá de base para la construcción. El método empleado para trazar los caminos en bosques nativos siempre verdes es similar al empleado en todo el país para bosques de plantación y corresponde al "**método de la línea cero**" (Pestal, 1977), se traza la línea que representa corte cero o línea que se apoya sobre el terreno. Con este método se levanta los datos de las poligonales del terreno, los que permiten posteriormente estimar los volúmenes de movimiento de tierras.

El trazador, un ayudante conocedor de la zona y un fajero trazan el eje y eventualmente los bordes de la faja que va a contener el camino dejando marcas con cinta plástica o pintura cada 20-30 metros. (FAO, 1995)

c) Operación de maquinaria y equipo

Consiste en el transporte de la maquinaria y equipo al área de trabajo, sea esta sobre camiones o embarcaciones (chatas, remolques). La operación de esta maquinaria incluye además la puesta en marcha, el trabajo realizado por sus operarios y el mantenimiento de estas. Donde existe la mayor probabilidad de accidentes e impactos ambientales por solventes e insumos utilizados (FAO, 1995).

d) Desmonte y estacado

i. Desmonte, Luego de trazado el camino, se corta los árboles en una faja de 10 a 20 metros de ancho. Es común encontrar alrededor de 500 tocones por kilómetro con diámetros entre 10 y 100 centímetros, los que deben ser removidos. Hoy raramente se desmonta el árbol completo con la maquinaria para movimiento de tierras, ya que se prefiere cosechar y aprovechar los árboles de la faja en forma previa. El destronque con excavadora hidráulica llega a ocupar el 11 % de los tiempos productivos del movimiento de tierras (Buckley, 1991)

ii. Estacado, Una vez materializada la faja, volteado los árboles de ésta, generalmente se vuelve a estacar el eje del camino para facilitar el trabajo del operador de la máquina de movimiento de tierras. Lo normal es estacar el eje del camino o la línea de corte cero cada 20 metros mediante estacones de 0,6 metros de longitud y 7,5 centímetros de diámetro.

e) Movimiento de tierras

Tiene por objetivo preparar el lecho del camino mediante cortes y rellenos para tener una base de ancho y pendiente adecuados, según los estándares deseados.

i. Bulldozer, Las máquinas más empleadas para el movimiento de tierras en el bosque nativo son tractores niveladores (bulldozer) de potencias entre 150 y 220 HP montados sobre zapatas (orugas). Actualmente se utilizan máquinas de nueva generación como los equipos Caterpillar Serie II o Komatsu D65EX-12. Los tractores están equipados con una hoja de 4 metros de ancho y una capacidad de 4 a 7 metros cúbicos, pesan de 18 a 24 toneladas y las presiones al suelo alcanzan valores de 50 a 60 kPa.El tractor trabaja siempre aprovechando la pendiente, esto es, desde la parte alta hacia la parte baja del camino.

f) Obras de drenajes

i) Cunetas, La mayoría de los caminos forestales de la Región incluye una cuneta lateral en el bombeo de la plataforma y se construye la cuneta mediante el empleo de motoniveladora.
Las cunetas requieren descargar hacia puntos más bajos o quebradas naturales. Si esto no es posible, se descargan a través de alcantarillas que cruzan el camino. (Terranova S.A., 1990a; Mininco S.A., 1994)

ii) Alcantarillas, Las alcantarillas son canalizaciones que cruzan transversalmente el camino y permiten la evacuación de cursos de agua natural y la descarga de cunetas.

El número de alcantarillas depende primero de los cruces naturales de cursos de agua y segundo de las descargas obligadas de las cunetas. Es común encontrar valores medios de 5 alcantarillas por kilómetro o 30 a 40 m/km, las que generalmente se construyen a continuación del movimiento de tierras. Una excepción son las alcantarillas ubicadas en cursos de agua permanentes, las que se instalan antes.

iii. Puentes de madera, El requerimiento de puentes por las condiciones topográficas y la abundancia de cursos de agua de cierta importancia en las áreas de bosques nativos alcanza de 2 a 3,5 m/km (Terranova S.A., 1990c). Los puentes de madera son de una vía y comúnmente tienen 6 a 20 m de longitud. Los puentes que superan los 8 metros se construyen de más de una luz o tramo.

g) Manejo y disposición de residuos

Los Residuos, son generados a partir de las actividades constructivas de mantenimiento de maquinarias así como de las actividades domésticas del campamento. Generando una variedad de residuos con naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa. Tanto el manejo como la disposición de los residuos generan impacto al medio físico (calidad del agua, aire y suelo) como ecológico.

1.4. IMPACTO AMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO.

Por más cuidado que se tenga al construir los caminos no se puede evitar algunos efectos ambientales adversos. El impacto de los caminos sobre el sitio depende de muchos factores, tales como ubicación y diseño del camino, material usado, tipo de suelo, tiempo, estación o época de uso y equipo o máquinas que transitan, tipo de vegetación y clima. (SCHULZ, 2002)

Obviamente, cualquier camino requiere la eliminación de la vegetación sobre su trazo, el impacto de ello repercute directamente en la superficie del suelo exponiéndolo a los elementos, tales como la radiación solar, precipitación y viento, lo que acelera los procesos de erosión en la superficie. La construcción de caminos también puede afectar a la fauna ya que significan obstáculos, a veces peligrosos, para el tránsito de animales grandes y destruyen los habitas de algunos animales pequeños. Esto causado por la remoción de la vegetación y de la capa superior del suelo y por cambios en el microclima, lo cual se manifiesta por un marcado aumento de las temperaturas diurnas y una significativa reducción de la humedad del suelo. (SCHULZ, 2002)

1.4.1. Impacto reducido aplicando los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

El diseño de una red de caminos forestales, que minimice los efectos negativos, requiere la utilización de un SIG; ya que una simulación computacional de las rutas de transporte, permite también diseñar la red de drenaje, minimizando los efectos negativos sobre los recursos hidrológicos (Carling et al. 2001). De hecho, un modelo computacional permite efectuar el trazado del camino, considerando características topográficas y geológicas, que minimizan los impactos a un costo eficiente (Joosang&Woodam, 1995). En realidad, los Modelos Digitales del Terreno (MDT), SIG y métodos asistidos por computadora, puedan ser integrados para su utilización en la planificación y evaluación de escenarios, para la localización de los caminos forestales (Tucek 1995, Sist et al. 1998). Asimismo, el SIG en combinación con operadores tales como los promedios ponderados ordenados, pueden simplificar la definición de las estrategias de decisión (Malczewski&Rinner, 2005).

1.4.2 Cambios en la composición del bosque y daño a los árboles remanentes

La extracción forestal y la construcción de carreteras, no evidencian mayor daño para los arboles remanentes, no superando el 10%. Lo que se obtiene como resultado, es una alteración en la composición del bosque, por una corta concentrada en algunas especies de mayor interés y sanidad, aunque la corta total queda por debajo de la autorizada en el Plan de Manejo (8% menos volumen) (Gayoso, 1995d). En caso de la Concesión Forestal Pucallpa Export, antes de la planificación de la carretera, solo se proyectaba a la extracción de especies forestales de baja densidad, que facilite su flotabilidad y sea transportada por río. Con una carretera forestal la extracción selectiva de especies forestales aumentaría, igualando al porcentaje estimado por Gayoso, 1995. Además de promover las condiciones de abertura y luminosidad, que necesitan las especies intolerantes a la sombra, por lo que se considera a la extracción forestal como un tratamiento silvicultural.

1.4.3 Consecuencia de la falta de planificación de la red vial.

Uno de los principales efectos de la falta de planificación de la red vial es la alta densidad de vías y brechas de arrastre; en consecuencia, los costos de construcción, mantenimiento y transporte son mayores y se causa más daño al bosque. También puede ocurrir que se construya una menor densidad de vías con el inconveniente de no acceder toda el área y consecuentemente dejar árboles talados en el sitio.(Orozco, 2001)

En situaciones donde el diseño de un camino no es apropiado para el sitio (por ejemplo, en pendientes o áreas mal drenadas), o para el tipo y la regularidad del transporte (por ejemplo, se usan camiones de hasta 20 toneladas en vías con curvas fuertes y/o pendientes cortas pero muy empinadas), la vida útil de los caminos se reduce y será necesario construir caminos nuevos para la cosecha futuras, con lo que se aumentan los costos de construcción y los daños

provocados por la erosión del suelo y sedimentación en los ríos. Además, disminuye la vida útil de los caminos y se elevan los costos de mantenimiento y reparación.

La falta de drenaje adecuado de los caminos y áreas aledañas provoca inundaciones acelerando el proceso de erosión, derrumbes y aumento en la sedimentación de los cursos de agua en áreas con pendiente. Como consecuencia, los usos de la tierra, la disponibilidad se ven afectadas, además de la vida silvestre de acuática. (Orozco, 2001)

Cuando aumenta el área de bosque afectada por actividades humanas, también aumenta el efecto que la planificación de la red vial pueda tener sobre la presencia y los movimientos de especies de animales sensibles y/o migratorios. Muchas veces, sin embargo, los caminos mal ubicados más bien limitan los movimientos y perjudican la presencia de la fauna en el área. (Orozco, 2001)

II. METODOLOGÍA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se desarrolló en el área de la Concesión Forestal Pucallpa Export, ubicada en la cuenca del río Yucanya de surcada por el río Tamaya,entre las Coordenadas Geográficas 8° 45' 22" y 8° 58' 34' de Latitud Sur, 73° 34' 07" y 73° 20' 31" de Longitud Oeste, en el Distrito de Masisea, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

La concesión Forestal Pucallpa Export abarca una superficie de 43398.48 ha. bajo el contrato forestal de aprovechamiento N° 25-PUC/C-J-007-04.

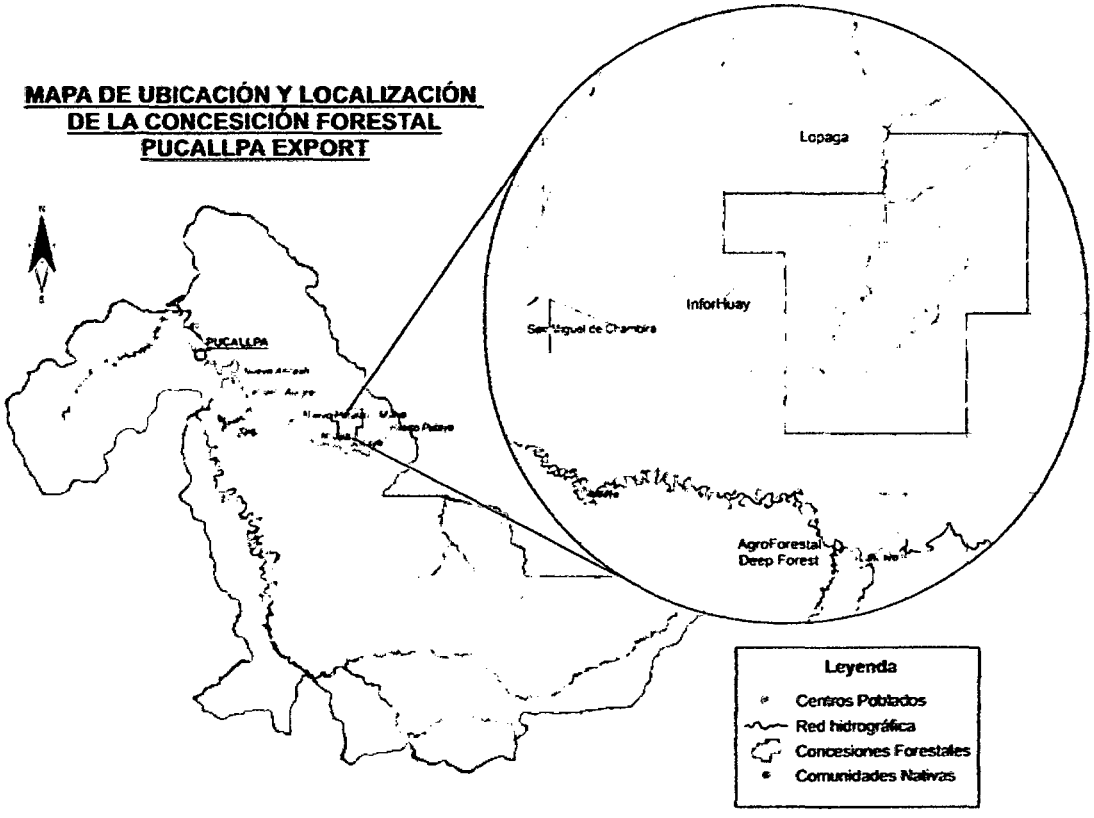


Figura 01: Mapa de Ubicación y localización de la Concesión Forestal Pucallpa Export.

2.1.2. Zonas de Vida

2.1.2.1. Identificación de las Zonas de Vida

Según el Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1994), elaborado con las consideraciones del sistema de clasificación del Dr. Leslie R. Holdridge, se ha podido identificar, delimitar y caracterizar las zonas de vida de la Concesión Forestal Pucallpa Export, las cuales se encuentran distribuidas geográficamente, de la siguiente manera: (ver Cuadro 1)

Cuadro 01. Zonas de vida

Símbolo	Zona de Vida	Área	
		(ha)	(%)
bmh – T	Bosque muy húmedo – Tropical	7258.53	16.73
Bmh – PT / bh – T	Bosque muy húmedo - Premontano Tropical Transicional a bosque húmedo - Tropical	36139.95	83.27

A continuación se caracteriza el ambiente identificado.

2.1.2.2. Caracterización del Ambiente Bioclimático Zonas de Vida

a) Bosque muy húmedo - Tropical

La distribución geográfica se circunscribe entre los 200 y 500 m de altitud, tiene una biotemperatura media anual igual o más de 24°C y el promedio de precipitación total por año varía entre 4,000 y 8,000 mm. Tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica esta Zona de Vida en la providencia de humedad: PERHÚMEDO. (Holdridge 1967).

La configuración topográfica de esta zona de vida es dominantemente colinada hasta fuertemente disectada. La vegetación típica es la de un bosque exuberante y existe muy poca vegetación arbustiva y herbácea en el sotobosque. Potencialmente, las tierras de esta Zona de Vida son apropiadas para el aprovechamiento racional del recurso forestal.(INRENA, 1,994)

b) Bosque muy húmedo premontano tropical transicional a bosque húmedo tropical

Su distribución geográfica es muy amplia, centrada en la Selva Alta y Selva Baja. Se sitúan entre 200 y 400 msnm en la denominada Selva Baja. De acuerdo al Diagrama de Holdridge, tiene una biotemperatura media anual que varía entre 24°C y 25.5 °C y un promedio de precipitación variable entre 3,000 y 3,500 mm. Tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica esta Zona de Vida en la providencia de humedad: PERHÚMEDO.

La configuración topográfica de esta zona de vida es generalmente abrupta con gradientes sobre 70% y muy susceptibles a la erosión. Las condiciones ecológicas son poco favorables para la actividad agrícola y ganadera; sin embargo, en algunos lugares se desarrollan estas actividades con fines de subsistencia. (INRENA, 1,994)

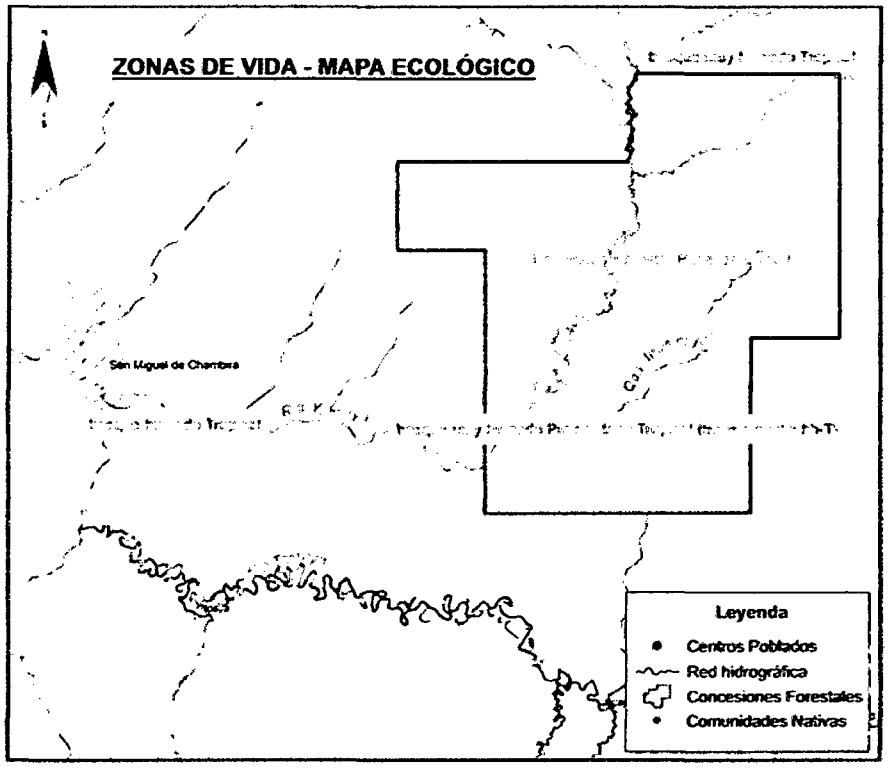


Figura 02: Zonas de Vida de la concesión Forestal Pucallpa Export.

2.1.3. METEOROLOGÍA

a) Precipitación

Para el análisis de la precipitación, se utilizó la información de la estación de la Universidad Nacional de Ucayali. Para precipitación mensual se ha calculado la precipitación media multianual, estimada entre 1,072.8 mm a 2,404.7 mm. **Ver Anexo** Promedio Anual de Precipitación Mensual.
Los valores de éste parámetro obtenidos en la estación meteorológica pueden resultar altos para otras regiones del Perú; pero en la Amazonía resultan moderados, ya que el clima tropical permanentemente húmedo de la región se caracteriza por las fuertes precipitaciones, que en algunas zonas de la Amazonía (vertientes orientales andinas) aumentan abruptamente, superando en algunas áreas los 6,000 mm/año (BID, 1,992).

b) Temperatura

En el área de estudio la temperatura presenta poca variabilidad mensual y anual en comparación con otras regiones del país. No obstante, subsisten algunas variaciones de carácter estacional o temporal, principalmente con la ocurrencia de "friajes", los cuales están asociados a los descensos bruscos de temperatura en los meses de invierno.
Respecto a la temperatura media mensual, la estación de la UNU presenta un registro promedio anual de 26.1°C para el período 1984 al 2012, manteniéndose este valor casi constante a lo largo de dichos años; la temperatura media más baja de 19.0°C, y la temperatura media más alta de 32.5°C.

2.1.4. Fisiografía

La zona en investigación se encuentra en los siguientes componentes fisiográficos (IIAP, 2003):

Gran paisaje	:	Colinosos de la gran penillanura amazónica
Paisaje	:	Colinas del terciario
Subpaisaje	:	Superficie plano onduladas
Elemento del paisaje:		Terrazas onduladas
Relieve	:	Ondulado

2.1.5. Accesibilidad

La zona de estudio solo es accesible vía fluvial, la ruta se indica en el Cuadro 02 tomando como punto de partida la ciudad de Pucallpa. La navegación usando botes pequeños impulsado con motor Peke son de aproximadamente 2 días en los meses de creciente, duplicándose en los meses de vaciante.

Cuadro 02. Rutas o vías de acceso a la concesión

Punto de referencia (Río o quebrada)	Tiempo (Horas)	Tipo de embarcación
Pucallpa – Río Ucayali – desembocadura Río Tamaya	06	Bote de madera de 3 toneladas con motor Peke
Desembocadura Río Tamaya – CCNN San Miguel de Chambira (Desembocadura del Río Yucanya)	37	
CCNN San Miguel de Chambira hasta el campamento Principal	05	

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1 Método de investigación

En el presente estudio se utilizó el método comparativo, mediante el cual se comparó el impacto ambiental, a través de una matriz de Leopold, de un trazo de un camino forestal, diseñado mediante sistemas de información geográfica y aplicada en el campo para el trazo definitivo (camino A), con otro camino construido sin estas herramientas informáticas (Camino B), que permita el acceso desde el río Yucanya, a la parcela de corta anual de la concesión forestal Pucallpa Export.

Aún sin ser un estudio formal de evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que habría involucrado considerables recursos Humanos y económicos, especialmente para establecer la línea de base y mejorar los niveles de calidad y cantidad de información, la metodología general de este trabajo, mantiene cierta similitud, con aquellas de común aceptación en estos estudios. La evaluación comprende:

- La definición de las acciones de los proyectos de Extracción Forestal, las que ya fueron descritas en los capítulos anteriores.

- La descripción del área de estudio en relación a los aspectos del ambiente, que son o pueden ser afectados por las acciones de cosecha, principalmente suelo, hidrografía, vegetación, fauna y ambiente social, correspondiente al capítulo ítem anterior
- La identificación de efectos y la predicción de la magnitud de los cambios sobre el ambiente, que considera una preidentificación de efectos, resultado de trabajos anteriores y revisión de antecedentes bibliográficos, y la elaboración de una matriz de Leopold entre las acciones y los componentes ambientales.
- La evaluación de los impactos, que consiste en la valoración de los efectos a través de un índice de impacto ambiental, elaborado siguiendo la metodología de los Criterios Relevantes Integrados (CRI).
- Para poder comprender la importancia de los cambios que la actividad forestal a operado o puede imponer sobre los componentes ambientales se describe los efectos más relevantes de los ambientes físico, biológico y social.

2.2.2. Población y muestra

Población: Estuvo constituido por todos los puntos de coordenadas X, Y, Z correspondientes al área de la Concesión Forestal Pucallpa Export, tomados de los datos SRTM de un pixel de 45 metros y el medio ambiente natural de la concesión.

Muestra del presente estudio serán los puntos tomados para el trazado del camino forestal en la Concesión Pucallpa Export, cada punto está constituido por las coordenadas X, Y, y las alturas Z. Para los impactos ambientales está considerada el área directamente afectada para el diseño del Camino.

2.2.3. Selección del punto de inicio del camino

Para la selección del punto de inicio, se escogió de acuerdo al MED las partes alta, para evitar las inundaciones en épocas de creciente y navegable en la época de estiaje.

2.2.4. Componentes estudiados

2.2.4.1 Variables independientes

Las variables independientes, lo representan los Datos SRTM obtenidas del área de la concesión y el Medio Ambiente.

2.2.4.2 Variables dependientes

Lo comprenden las siguientes variables, según el impacto ambiental que se pueden originar de la:

X1= Coordenadas X, Y, Z (Ubicación)
X2= Distancia
X3= Pendiente

2.2.5. Análisis estadísticos.

Los datos fueron sometidos a un análisis del *Error cuadrático medio (RMSE ó RCEMC)* con un nivel de confianza del 95%, Permite comparar el *ajuste entre los datos observados en campo y extraídos del DEM.* Las unidades son las mismas de los datos observados. Valores de RMSE iguales a 0 con óptimos ya que los errores no existirían y la relación sería perfecta, pueden darse cualquier valor positivo.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (H_C(i) - H_D(i))^2}{N}}$$

2.2.5. Evaluación de Impactos

En la matriz de Leopold, se estableció un cuadro de doble entrada, en la parte superior (columnas) se colocaron las acciones del proyecto y en la parte lateral (filas) los factores ambientales afectados, siendo el cruce de columna y fila el impacto ambiental potencial. El criterio de evaluación utilizado es Magnitud – Importancia.

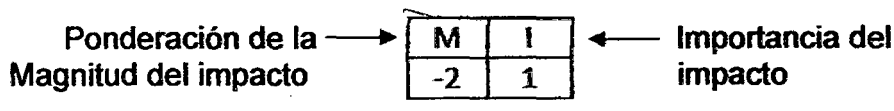
La magnitud de los impactos a producirse se analizó tomando en cuenta el grado de perjuicio (-) o beneficio del impacto (+) en una escala del 1 al 3.

La importancia del impacto está designada por valores positivos en la misma escala, y se analizó tomando en cuenta los siguientes criterios en referencia al impacto: Naturaleza, Extensión, Momento, Persistencia, Reversibilidad, Acumulación, Efectos, Periodicidad y Recuperabilidad.

Cuadro 03: Leyenda de ponderación de la Matriz de Leopold

Importancia	Magnitud	Valoración	Tipo de Impacto	Escala
Muy Importante	Fuerte	3	Positivo	(+)
Importante	Moderado	2	Negativo	(-)
Poco importante	Débil	1	Neutro	0

LEYENDA:



Cuadro 04: Rangos de ponderación

Niveles de Significancia	*Rangos de Ponderación* de nivel de significación	
	Positivos	Negativos
Alta (A)	2.01 - 3.00	2.01 - 3.00
Media (M)	1.01 - 2.00	1.01 - 2.00
Baja (B)	0.01 - 1.00	0.01 - 1.00

2.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.3.1 Materiales

- Carta Nacional escala 1: 100,000. 18 – O, 18 – P (IGN. 1986)
- Base de datos SRTM, entre la coordenadas geográficas 8° 45' 22" y 8° 58' 34" de Latitud Sur, 73° 34' 07" y 73° 20' 31" Longitud Oeste.
- Libreta de campo
- Geodata Base, con información georeferenciada de la Concesión.

2.3.2 Equipos (*Hardware)*

- 1 Laptop Dual-Core P320, Memoria RAM 3GB, Disco 400 GB
- 1 Impresora Canon SuperG3, format A4.
- Unidad de almacenamiento (USB), Kingston de 8 GB
- GPS (Sistema de Posicionamiento Global), Garmin Map62s
- Cámara fotográfica
- Brújula

2.3.3 Programas (*Software)*

- ArcGIS 10.0, Global Mapper 12.0, Excel y Microsoft Word.
- Basecamp 4.1

2.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se determinaron tres etapas en la recolección de datos: Diseño, campo y la evaluación.

2.4.1. Etapa de Diseño

- Se obtuvieron los datos DEM SRTM en el entorno del Software Global Mapper 12.0, con un ordenador conectado al internet, conforme a las coordenadas geográficas de la Concesión Forestal, 8° 45' 22" y 8° 58' 34" de Latitud Sur, 73° 34' 07" y 73° 20' 31" Longitud Oeste.
- Dentro del entorno del software ArcGIS 10.0, se procesaron los datos del DEM SRTM del área en estudio, obteniéndose derivados como el mapa de curvas de nivel cada 3 metros, la red de drenajes, Modelo de Elevación Digital 3D utilizando las redes irregulares de triángulos o TIN (por sus siglas en Ingles *"Triangulated Irregular Network")* y el mapa de pendientes clasificándolo de acuerdo a la Guía de conservación de Suelos Forestales (Gayoso, 1999):

Cuadro 05: Clasificación de las pendientes

Pendiente	Drenaje	Erosión	Textura	Inundación
0-15%	Imperfecto	Ligera, Severa*	Gruesa, moderadamente gruesa, media, moderadamente fina, fina	Severa*
15-30%	Lento	Severa		-
30-45%	Moderado	Severa		-
45-60%	Bueno	Moderada		-
>60%	Excesivo	Ligera		-

* La erosión como la inundación puede ser severa en zonas cercanas a los ríos principales con pendientes menores al 15%.En zonas altas y con la misma pendiente, la erosión es ligera.

- En base a esta información derivada se realizó el trazo del camino, cuyo inicio fueron las coordenadas 669590mE y 9018200mN

(Campamento principal), y las coordenadas finales 680691mE y 9022052mN (Parcela de Corta Anual).

- Los criterios para diseñar la ruta del camino fueron, evitar cruzar el menor número de drenajes, para lo cual se seguirá la divisoria de cuencas, evitar zonas con pendientes fuertes, lo que implica un mayor movimiento de tierra, impacto al suelo y al área de influencia.
- El área de desbosque se determinó mediante la aplicación del buffer de un ancho de 10 metros, en el entorno de ArcGIS 10.0.
- Una vez obtenido el trazo digital, se cargará dicha información al GPS Garmin Map 62S, por medio del Software BaseCamp 4.1

2.4.2. Etapa de campo

- Con la ayuda de una brújula y el GPS con el trazo digital ya cargado, se procedió a trazar el camino forestal en la concesión (Camino A), abriendo una trocha por la línea divisoria de cuenca.
- El análisis del camino B, consta del recorrido total del camino, para ambos casos seactiva la opción Track del GPS, para el registro de la distancia, azimut y altura.
- Se tomaron en cuenta el número de quebradas que atraviesan ambos caminos y que demandan la construcción de puentes y/o alcantarillas.

2.4.3 Etapa de evaluación

- Se procedió a descargarla información registrada con el GPS mediante el Software Base Camp 4.1, para el análisis de los dos caminos teniendo en cuando la distancia, altura, azimut, variaciones de pendientes y quebradas atravesadas, haciendo uso del Software Excel 2010 y ArcGIS 10.0.
- Se identificó y evaluó los posibles impactos ambientales en la etapa de construcción de las dos propuestas del camino a través de la Matriz de Leopold.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DISEÑO DEL CAMINO Y TRAZO DEFINITIVO.

En la **Figura 03** se muestra los Datos SRTM, del área de la Concesión Forestal Pucallpa Export, información geográfica que permitió obtener las curvas de nivel cada tres metros como derivado principal, y de este a su vez, las pendientes y el modelo de elevación digital TIN o 3D que sirve como base para obtener la red de drenajes y el diseño de trazo digital del camino

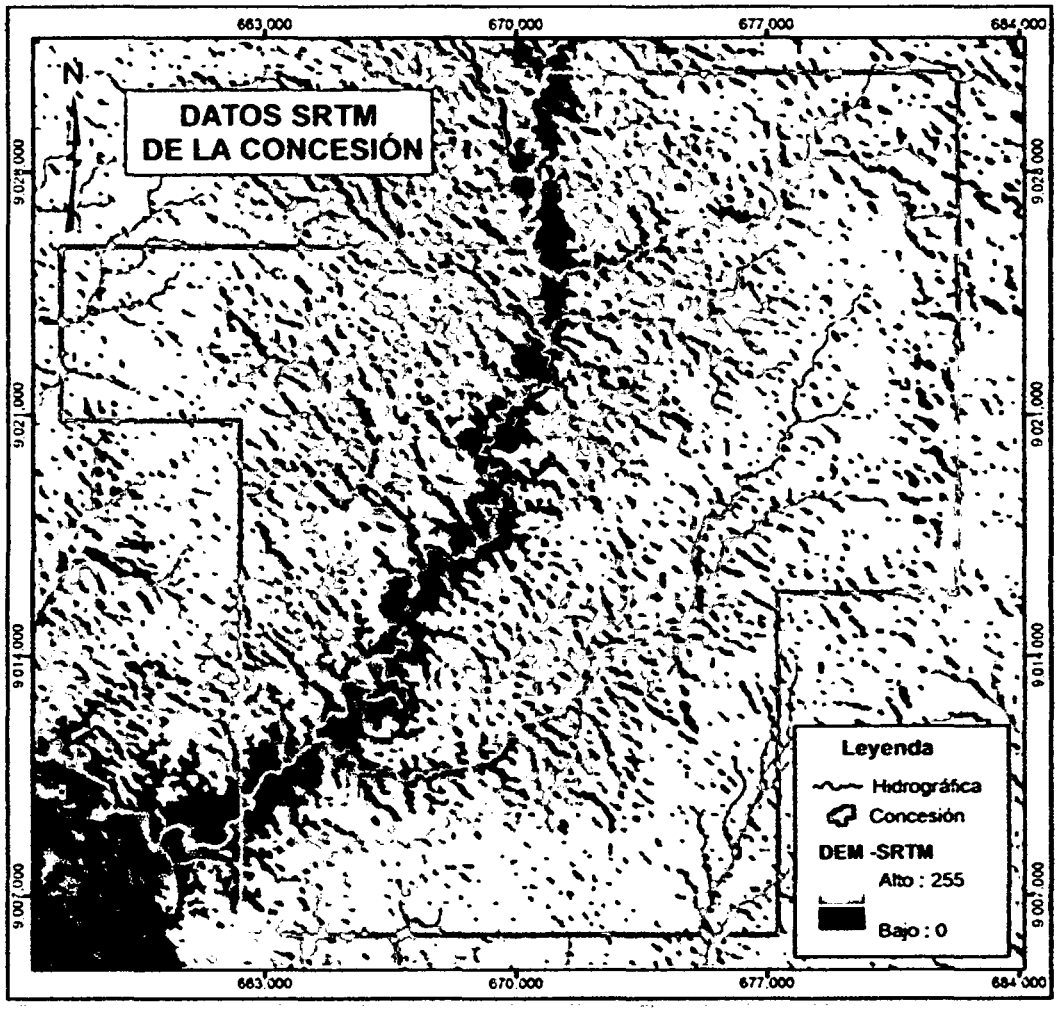


Figura 03: Datos de SRTM del área de la concesión

Figura 04. En la figura 04 Las curvas de nivel obtenidos de la concesión varían de 189 a 297 msnm. En el punto de inicio (Campamento principal), la altura en base a los datos SRTM es de 201 msnm y en el punto final (Patio de Trozas) es de 271 msnm.

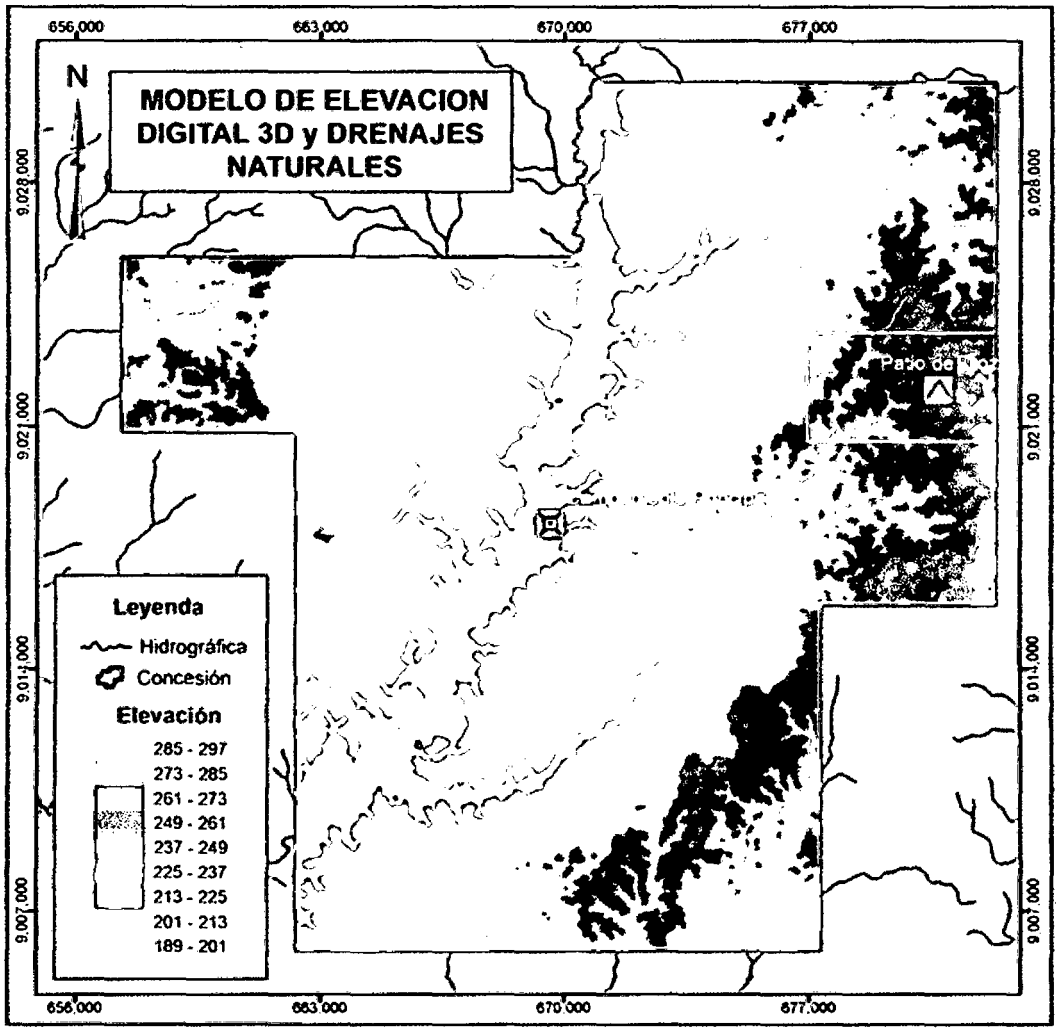


Figura 04: Modelo de elevación Digital y Drenajes Naturales

Figura 05. Se muestran el diseño digital del camino forestal de color verde, el trazo definitivo del camino en el campo (Camino A) de colo rojo yel camino forestal construido sin herramientas de Sistemas de Informacion Geografica de color gris (Camino B), para el acceso desde el río Yucanya a la PCA.

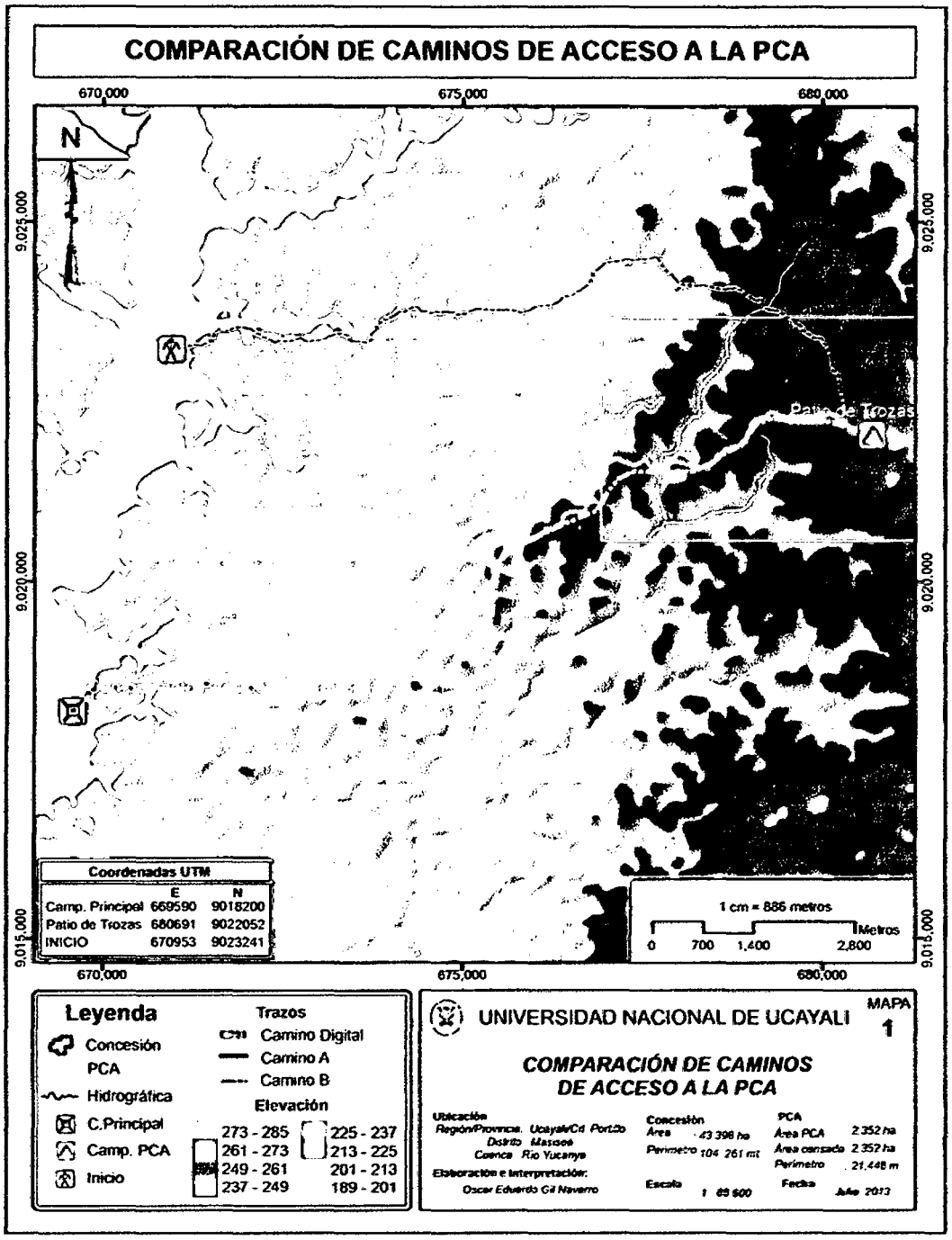


Figura 05: Trazo del Camino de Acceso a la Parcela de Corta Anual

3.1.1 Error posicional (Coordenadas X, Y)

El cuadrado medio de error radial CME_r es de 11.90 metros (20.60 metros al 95% IC) para el radio de ubicación del punto deseado (**Cuadro 06**), estando por encima del valor encontrado por RODRIGUEZ (2006) quien tuvo como resultado un error de Geoubicación de 9 metros para Sudamérica, el SRTM (2009) menciona que la exactitud absoluta horizontal es de 20 m (error circular con una probabilidad del 90 %) y ESTELA (2010) determino un error de Geoubicación de 28.33 metros en el área del Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR-MACUYA).

Se debe tomar en cuenta que esta diferencia obtenida por ESTELA (2010) y los resultados del presente estudio varían en 7.73 metros, considerándose relativamente poco, si se toma en cuenta el área el estudio, y el área boscosa del CICFOR - MACUYA, presenta similares condiciones y que además la estimación del SRTM en un área desértica o en zonas de pastizales es más fidedigna que un área totalmente boscosa, como es el caso de la concesión Forestal Pucallpa Export. KELLNDORFER (2004) atribuye el error al sesgo del follaje, ya que la mayoría de las ondas del radar, recibidas sobre áreas densamente vegetadas se refleja de vuelta en el follaje, no siendo un reflejo exacto del suelo, sino de la cobertura boscosa. Un error también atribuible es que el estudio In situ, se buscó un trazo de camino con las mejores condiciones topográficas, para la construcción de una carretera, variando así el trazo del diseño digital.

Cuadro 06: Valores del error de la Geoubicación

Cuadrado Medio del Error radial		
Coordenada	**X (m)**	**Y (m)**
Max	101.25	156.81
Min	0.90	1.67
CME	7.27	9.43
CME_r	11.90	
IC 95%	20.60	

3.1.2. Error atributos (Coordenada Z)

El error para el atributo Z (altura) de nuestro trazo, obtiene un CME_z de 4.70 (9.20 metros al 95 % IC) comparando las alturas del SRTM y el GPS (**Cuadro 07**), estando por encima del valor encontrado por RODRIGUEZ (2006) que obtuvo un error promedio de 6,2 metros para Sudamérica, el SRTM (2009) mención a un error de 16 metros con una probabilidad del 90% y ESTELA (2010) obtuvo un error de 8.14 metros.

Las diferencias entre estos errores se atribuyen al sesgo del follaje, al igual que en el error Posicional KELLNDORFER, (2004), menciona que la mayoría de las ondas del radar, recibidas sobre estas áreas se refleja de vuelta en el follaje, bastante por encima de la superficie de la tierra desnuda; por lo cual se podría atribuir que el error correspondería a la densidad boscosa del área de estudio.

Cuadro 07: Valores de error de la Altura

Cuadrado Medio del Error Z	
	SRTM – GPS (m)
Max	43.31
Min	4.92
CME z	4.70
IC 95%	9.20

El perfil del camino forestal (**Grafico 01 y 02**), muestra el comportamiento de la altura con respecto a la distancia, existiendo una marcada tendencia creciente en los datos registrados por GPS, en comparación al obtenido mediante el SRTM que mantiene un perfil más constante entre los 230 a 270 msnm a partir de los 2,000 metros de recorrido.

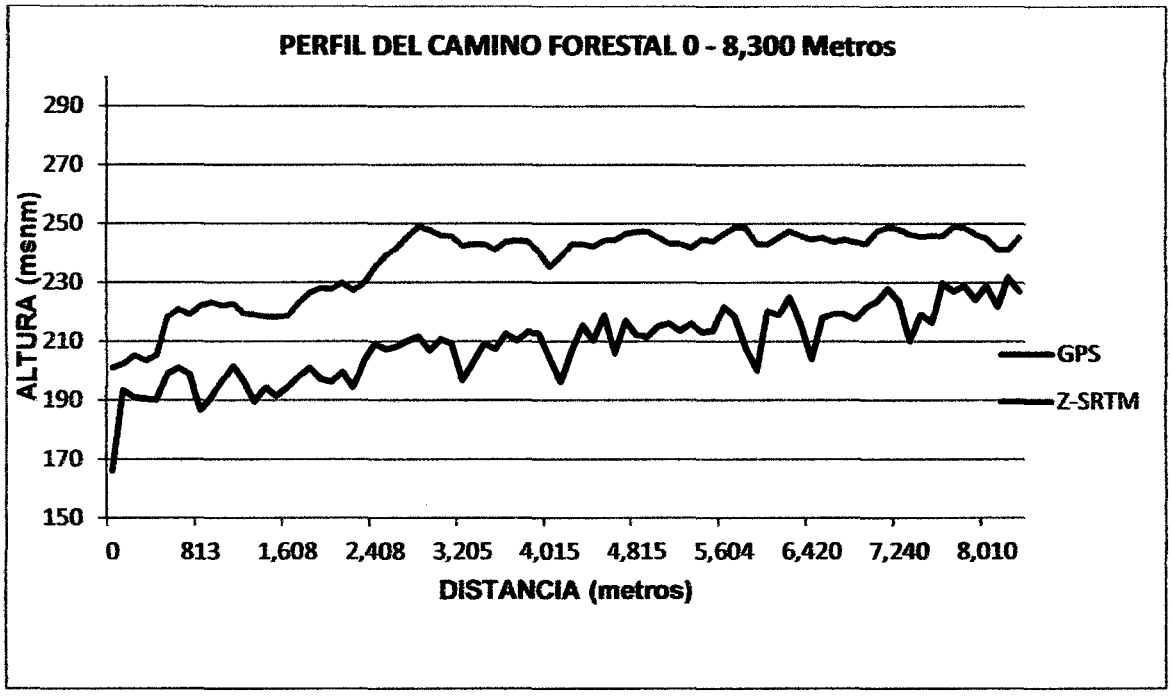


Gráfico 01: Perfil del Diseño del Camino de 0 a 8,300 metros de recorrido

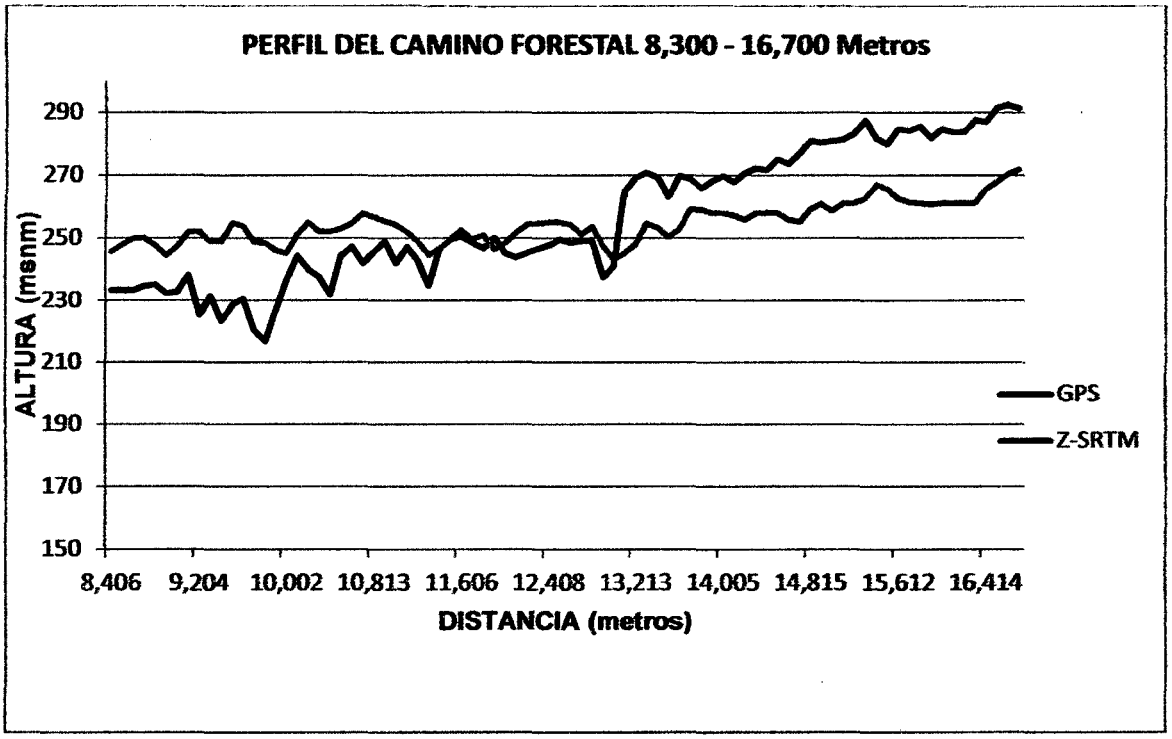


Gráfico 02: Perfil del Diseño del Camino de ,300 a 16,700 metros de recorrido

3.1.3. Distancia

Comparando la distancia de los tramos que componen el camino forestal, se obtiene un CME de 5.32 metros, mostrando un error bajo en cuanto al planteado usando los datos del SRTM y los encontrados en el campo por medio de un GPS. Pero hay que tomar en cuenta que esta diferencia en el trazo *definitivo, se va sumando a lo largo del recorrido, con una diferencia total de un* poco menos de 2,500 metros. Que se origina principalmente porque se busca una topografía adecuada, para la construcción de la carretera, considerando que el diseño del camino digital busca seguir la divisoria de cuenca, que no necesariamente presenta las características adecuadas para que se construya una carretera.

Cuadro 08: Valores del error para la Distancia

Variación de la Distancia de Recorrido		
	GPS	**SRTM**
Longitud	16,643.16	14,323.94
Diferencia	2,319.22	
Max	29.976	
Min	0.001	
CME	5.32	

3.1.4. Pendiente

La comparación de pendientes entre los dos métodos usados (**Cuadro 09**) indican que la pendiente del trazo con el SRTM está subestimada como lo menciona JARVIS, 2004 donde dice que en varios estudios han dejado constancia de que la pendiente se subestima en áreas de topografía pronunciada y sobreestimada en áreas de poco relieve, en este caso está bajo el nivel real con un promedio de 1,38 grados y una desviación estándar de 1,31. Las lecturas hechas con el GPS indican que evidentemente hay fuertes pendientes, sin embargo están en promedio dentro del porcentaje indicado para el trazo de

caminos forestales como lo indica MALESKA et al, 2009 donde menciona que se debe evitar zonas con fuerte pendiente mayores a 35% dependiendo del tipo de suelo.

Cuadro 09: Comparación de pendiente expresado en grados y Porcentaje

	PENDIENTE (Grados)		PENDIENTE %	
	SRTM	**GPS**	**SRTM**	**GPS**
Max	7.751	43.000	13.611	93.253
Min	0.000	0.000	0.000	0.000
PROM	1.37735	4.62329	2.40605	8.19138
DESV	1.31302	4.65217	2.29578	8.59575

Las fuertes pendiente obtenidas mediante el GPS se presentan principalmente en zonas cercanas a los ríos, que por la dinámica del agua ha moldeado la topografía del terreno, disminuyendo este patrón en el transcurso del camino ya que sigue la divisoria de cuenca presentándose casi constante con un promedio total de 8.2°

3.2. COMPARACIÓN DE CAMINOS.

La comparación de los caminos se basa en determinar, aquel que presente un menor impacto ambiental en la etapa constructiva, para ello en el análisis del impacto ambiental, se consideró las variables de la distancia, área deforestada, pendiente y quebradas atravesadas y el factor socioeconómico, que son los puntos más relevantes, en la comparación del camino definitivo obtenido, mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (Camino A), con otro camino construido sin estas herramientas (Camino B), que permita el acceso desde el río Yucanya, a la parcela de corta anual de la Concesión Forestal Pucallpa Export.

3.2.1. DISTANCIA Y ÁREA DEFORESTADA

Comparando la distancia de los Caminos A y B se obtiene una diferencia de 4,240.44 metros **(Cuadro 10)**, tomando en cuenta que el Camino B fue hecho por personal no calificado donde el transito se realiza a pie, por lo que la longitud del camino es menor; En cambio el camino A, fue diseñado específicamente para el transito con vehículos favoreciendo a una mayor área de acceso al bosque y donde el punto de inicio en el rio Yucanya, se localiza aguas abajo, donde hay una mayor navegabilidad en época de estiaje y las embarcaciones pueden llegar con mayor facilidad.

El ancho de la vía para el análisis del área deforestada o desmonte es de 15 metros un promedio a lo que la FAO (1995) menciona, donde señala que el área deforestada puede variar entre 10 a 20 metros de ancho.

Cuadro10: Valores entre los Caminos.

Variación de la Distancia de Recorrido		
	Camino A	**Camino B**
Longitud	16,643.16	12,402.72
Diferencia de Longitud	4,240.44	

Variación de Ha. deforestado (Ancho de vía 15 metros)		
Hectáreas Deforestadas (Ha.)	24.68	18.06
Diferencia de Ha.	6.62	

3.2.1.1. IMPACTOS AMBIENTALES

a. Flora

Como lo señala el especialista botánico en Meneses y Gayoso (1995), los efectos más apreciables que causan la extracción forestal sobre la flora, son por un lado la reducción del número de especies nativas y, por otro, el aumento de malezas invasoras. La reducción de las especies nativas, es una consecuencia directa de la extracción Forestal y la construcción de caminos. Sin embargo, ninguna de las especies forestales tiene problemas de conservación, siempre y cuando se realice bajo un Plan de Manejo Forestal adecuado a excepción de la Cedro (*CedrelaOdorata)* y la Caoba (*Swieteniamacrophylla*) que son especies sobre explotadas en la industria forestal y que se encuentran en el Apéndice I y II del CITES respectivamente.

b. Fauna

Al abrir una carretera el área afectada de modo directo, puede ser relativamente pequeña correspondiente al área deforestada, en el caso del camino A le correspondería 24.68 Ha y para el camino B 18.06 Ha deforestadas, para un ancho de desmonte en ambos casos de 15 metros. Pero además de ello existe una afectación mucho más extensa, que es la

fragmentación del hábitat, como lo menciona PRIMACK (1998)y tiene dos efectos principales que amenazan la persistencia de las especies, denominados el efecto barrera y el efecto de borde.

- **El efecto barrera.** Según PRIMACK (1998), las vías rompen la continuidad del dosel (estrato superior de los bosques) e interrumpen las posibilidades de movilidad de los animales. Esto es válido para las especies primates que no acostumbran a descender al suelo y que predominan en el área de estudio.

- **El efecto de borde** se presenta cuando un ecosistema es fragmentado y se cambian las condiciones bióticas y abióticas de los fragmentos y de la matriz circundante (KATTAN, 2002). En el estudio este efecto se representa en las inmediaciones o borde de la vía, donde se crearán condiciones con mayor temperatura, y como consecuencia menor humedad, mayor radiación y mayor susceptibilidad al viento según lo reportado por GOOSEM (1997), Donde menciona que este efecto puede penetrar 50 m para aves, 100 m para efecto microclimáticos y 300 m para insectos.

c. Alteración de la calidad del aire

Las condiciones en la calidad del aire podrían ser alteradas principalmente por la emisión de gases, tales como hidrocarburos, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO2) y óxidos de nitrógeno (NOx), asociadas al funcionamiento de la maquinaria y vehículos diesel, otra condición que determina la calidad de aire son el material particulado (polvo) generados por la movilización de equipos y vehículos encargados de los aspectos logísticos, para la construcción de las obras previstas, el movimiento de tierras, la construcción de puentes, así como, el funcionamiento de la maquinaria y vehículos. (Dowon at all, 1997)

d. Temperatura

En el área de trabajo y debido a la incidencia solar y la humedad relativa del ambiente condiciona a la superficie del suelo a un aumento de la temperatura del área de trabajo, por no contar con cobertura vegetal que absorba parte de esta radiación. Esto causado por la remoción de la vegetación y de la capa superior del suelo y por cambios en el microclima, lo cual se manifiesta por un marcado aumento de las temperaturas diurnas y una significativa reducción de la humedad del suelo. (Dowon at all, 1997).

e. Ruido y vibraciones

El proceso constructivo específicamente la movilización y operación de la maquinaria y equipos de la construcción del camino, incrementara los niveles de ruido principalmente de naturaleza puntual y periódica. El incremento del ruido será percibido básicamente por los trabajadores y fauna que se encuentran en las inmediaciones del área, donde se ejecutan los trabajos. Las distintas maquinas o equipos producen efectos auditivos diversos, dependiendo de la magnitud del ruido y al tiempo de exposición.

Cuadro 11. Calificación de Impactos en Ruido (Negativos temporales)

Procesos Constructivos o Uso de Maquina	Calificación de impacto
Eliminación de excedentes con cargador frontal	Ruido elevado
Movimiento de tierra	Ruido moderado
Uso de: generador, bombas, compresor, cargador, Bulldozer.	Ruido elevado

3.2.2. PENDIENTE (Remoción de Suelos y Deslizamientos por Caminos)

La comparación de pendientes entre los dos caminos (**Cuadro 12**) indican que la pendiente de nuestro Camino A diseñado mediante sistemas de información geográfica presenta una pendiente máxima de 43°,

obteniendo como promedio 4.62° mostrando un perfil del camino menos pronunciado con respecto al Camino B que tiene una pendiente máxima de 56° y un promedio de 4.66°, lo que refleja un camino más accidentado **(Grafico 03 y 04)**, las pendientes pronunciadas del Camino B se deben principalmente a que el camino sigue la trayectoria dela quebrada donde la topografía es más accidentada por la dinámica del agua.

Cuadro12: Comparación de pendiente expresado en grados y Porcentaje

	PENDIENTE (Grados)		PENDIENTE %	
	Camino A	Camino B	Camino A	Camino B
Max	43.00	56.94	93.25	153.65
Min	0.00	0.00	0.00	0.00
PROM	4.62	4.66	8.19	8.30
DESV	4.65	4.69	8.60	9.49

3.2.2.1 IMPACTOS AMBIENTALES

- **Suelo**

Según menciona la FAO 1995, la remoción de suelo varía con la pendiente del terreno, el ancho de la plataforma y la longitud de caminos por unidad de superficie. Para plataformas de 6 metros de ancho, el volumen removido alcanza de 2,919 m^3/km para 15% de pendiente y hasta 15,429 m^3/km en terrenos de 60% **(Cuadro 13)**. Hay que considerar que existen impactos relacionados de manera proporcional a la pendiente; la eliminación de la vegetación sobre el trazo repercute directamente en la superficie del suelo exponiéndolo a los elementos, tales como la radiación solar, precipitación y viento, lo que acelera los **procesos de erosión** en la superficie, sin dejar de lado la erosión Hídrica, la que depende del volumen y velocidad del agua que escurre. Por lo tanto, y especialmente por la topografía accidentada donde se ubican, se espera moderadas a altas tasas de erosión sobre todo en aquellas áreas cercanas a ríos y quebradas

principales más vulnerables a la dinámica del agua (CONAMA, 1993), y además la erosión hídrica en los caminos forestales en estas condiciones, pueden alcanzar valores medios anuales del orden de 1.6 a 11 kg/m2 de la superficie del camino, (Fahey y Coker, 1989). Como es el caso del Camino B, que presenta más predisposición a los efectos de la erosión y donde los efectos ambientales pueden ser muy graves, durante la estación lluviosa en los meses de Noviembre a Marzo (Estación Meteorológica-UNU).

Cuadro 13: Volumen de movimiento de Tierra

Pendiente del Terreno	**Ancho de la Plataforma**		
	5 m	**6 m**	**7 m**
%	**m^3/Km.**	**m^3/Km.**	**m^3/Km.**
15	2,027	2,919	3,973
30	4,412	6,353	8,647
45	7,258	10,452	14,226
60	10,714	15,429	21,000

Fuente: Impacto ambientales en la cosecha forestal, FAO 1995

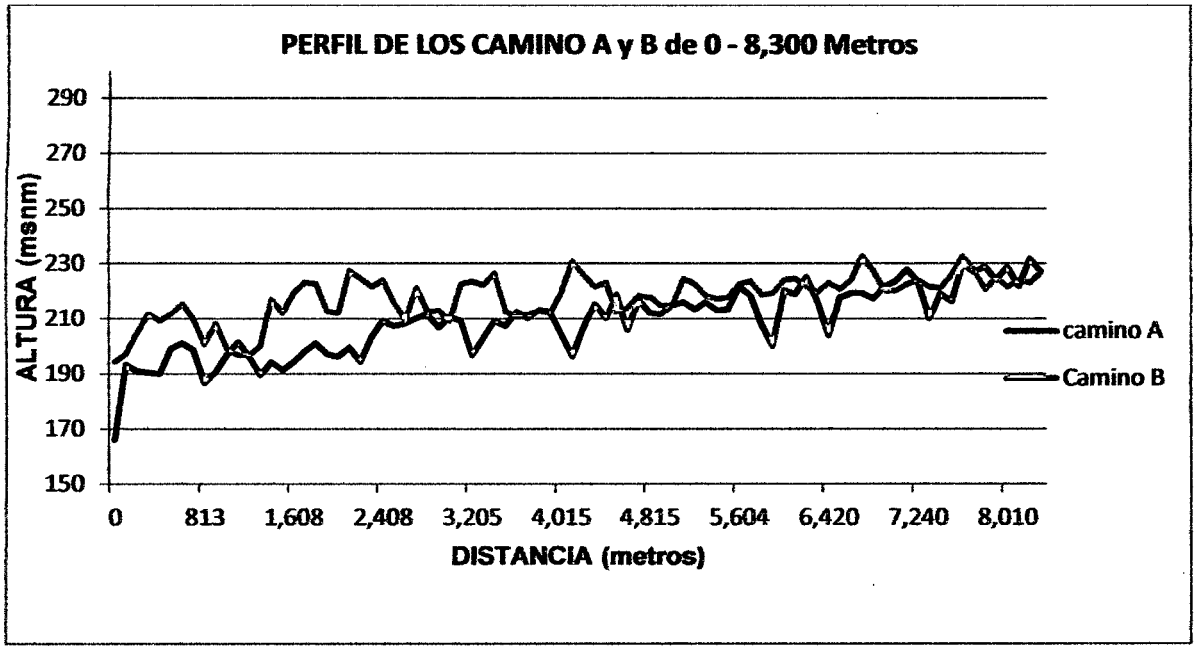


Gráfico 03: Perfil del Camino A y B de 0 a 8,300 metros de recorrido

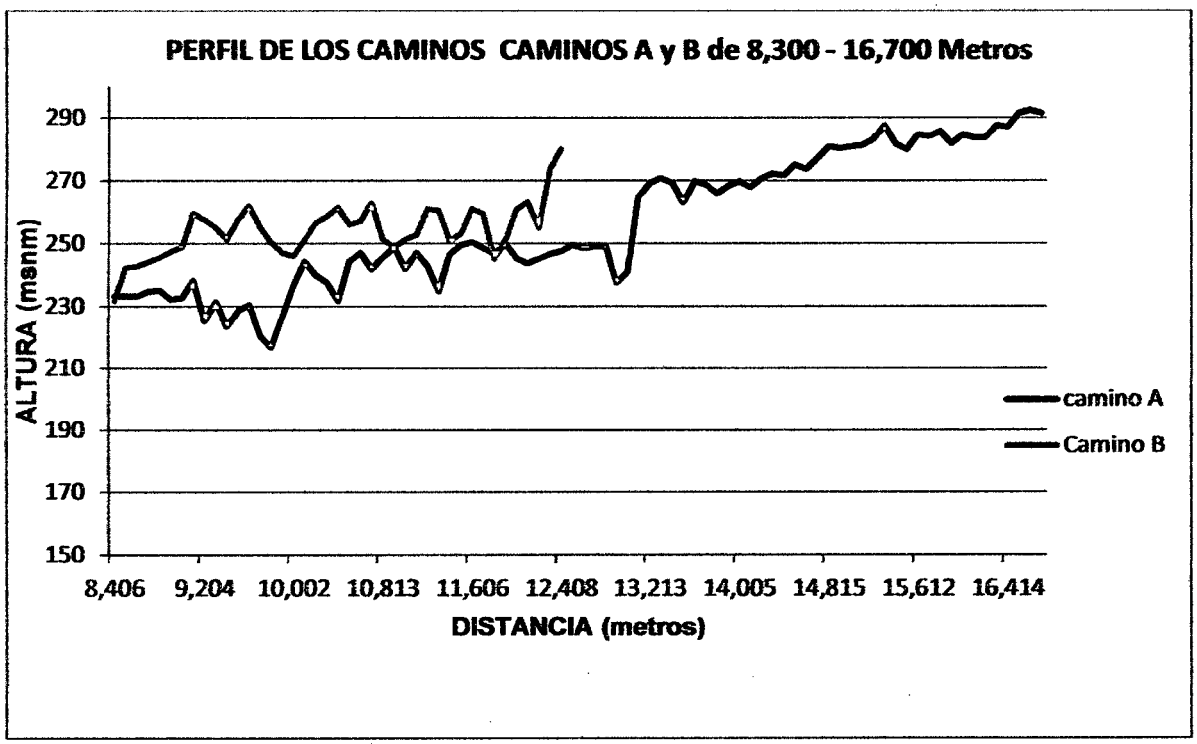


Gráfico 04: Perfil del Camino A y B de 8,300 a 16,700 metros de recorrido

3.2.3. ALTERACIÓN HIDROLÓGICA.

En los dos caminos comparados el Camino B presenta un mayor cruce de quebradas y pequeños caños naturales, debido principalmente a que sigue la trayectoria del río, en cambio la configuración del Camino A está diseñada para evitar en lo posible los cruces con la redes hidrográficas, cruzando solo una pequeña quebrada en la naciente del río Inusinaya y caños naturales **(Cuadro 14)**, que genera una menor alteración en la red hidrográfica, con respecto al camino B.

Cuadro 14: Alteración de red hidrográfica

	Camino A	**Camino B**
N° Quebradas	1	5
N° Caños Naturales	5	12

3.2.3.1 IMPACTOS AMBIENTALES

- ***Calidad del Agua y alteración de la Red Hidrográfica***

Los drenajes naturales tienen un flujo configurado por las pendientes del terreno, descargando el agua en las partes más bajas y esto se ve alterado por el paso del camino, modificando su cauce y el comportamiento, favoreciendo el aumento de partículas disuelta en el agua y la erosión. La modificación o alteración está directamente relacionado a la planificación del camino.

Además la disminución de los niveles de intercepción como consecuencia de la tala de árboles causa un aumento de la escorrentía superficial. En casos extremos y dependiendo de la superficie talada, puede favorecer el anegamiento temporal de áreas bajas, como consecuencia de una tala masiva, lo que afecta la regeneración y la micro fauna del suelo (Gayoso, 1995). En período de lluvias, la mayor cantidad de agua de escorrentía genera un aumento de la erosión y arrastre de sedimentos a los cursos y cuerpos de agua, afectando su calidad físico-

química. En cuerpos de agua pequeños, esto puede afectar al micro flora y fauna acuáticas como lo menciona, Meneses y Gayoso, 1995.

3.2.4. ASPECTO SOCIOECONÓMICO

En general los impactos de los proyectos de Extracción Forestal sobre los aspectos socioeconómicos se consideran positivos, al igual que *cualquier actividad productiva.*

a. SOCIAL

Fuerza de trabajo. La silvicultura y extracción forestal demanda de fuerza de trabajo muy importante en la región, es importante si se considera que incide en el ámbito rural o de pequeñas comunidades y genera no menos de tres empleos indirectos por cada uno directo (FAO 1995).

En lo referente a la planificación de camino forestal hay que considerar dos tipos de fuerza laboral, la calificada y la no calificada. En la construcción de la carreteras, las Empresas Forestales construían sus caminos directamente en el campo, sin una planificación previa, ocupando tiempo en determinar las condiciones topográficas más adecuadas para poder implementar una carretera, en el caso de una fuerza laboral calificada la planificación previa es fundamental para la implementación en el campo de un posible camino que tenga las condiciones topográficas para tal fin, contribuyendo a utilizar las horas hombre, de manera más productiva en la ejecución de la tarea propiamente dicha, que es la diferencia principal entre el camino A y B.

b. ECONÓMICO

El coste económico de un camino diseñado mediante Sistemas de Información Geográfica, versus un camino diseñado sin estas herramientas, recogiendo información directamente del campo, va a variar enormemente en el coste del proyecto, de la construcción de un camino. En el caso del camino A, se ha utilizado herramientas gratuitas, bajadas mediante el

Internet, que permiten la obtención de una Imagen tridimensional de la topografía del terreno, por lo tanto facilita la planificación de una carretera, tomando en cuenta los Aspecto Ambientales que pudieran generar impactos. Como consecuencia se construye un camino con un impacto reducido de manera significativa. Como lo menciona la FAO, 1995, uno de los factores que elevan los costos de la extracción forestal, es la construcción de la carretera y si estas están mal diseñadas, el costo del mantenimiento de la misma aumenta, lo que se traduce en una menor productividad de la empresas Forestales.

c. CAMBIO DEL PAISAJE

El mayor cambio en el componente Uso del Paisaje, se origina en acciones distintas de la extracción forestal, como son la habilitación de tierras para uso agrícola, ganadero y el establecimiento de plantaciones exóticas como la Palma Aceitera.

De lo anterior se desprende que el impacto de la extracción forestal actual en bosques aprovechables, siguiendo los tipos de corta autorizados, no conducen a una modificación importante del paisaje (FAO, 1995).

3.2.5. CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

La construcción de la carretera como lo menciona la FAO, repercute de manera negativa en el medio ambiente, la forma de reducirla como menciona Bosque Serna, es la planificación del trazo a través de SIG, minimizando los impactos.

Los dos caminos varían en relación a su longitud, siendo el "Camino A" el de mayor longitud, obteniendo como consecuencia de ello un área mayor de desbosque pero sin embargo un mayor acceso al mismo. El "Camino B" por su ubicación y proximidad a la red hidrográfica atraviesa por más quebradas que según indica MALESKA en sus recomendaciones de

diseño que en lo posible se debe evitar a menos que sean inevitables. Según señala SCHULZ toda actividad causa impacto por más cuidado que se tenga, esto se ve con más notoriedad en la cuantificación del impacto, obtenido mediante la matriz de Leopold **(Cuadro 15 y 16),** donde se determina el grado de impacto ambiental siendo el medio físico (agua, aire, suelo) y el medio biológico (flora y fauna) impactado de manera negativa, el medio social de manera positiva, en caso del camino A, es mayor básicamente por la generación de empleo y económicamente por una inversión más eficiente en la construcción de la carretera favoreciendo la inversión en tiempos de producción más útil, situación que no representa el Camino B, que se presume un mayor costo de inversión tanto en su construcción, como en el mantenimiento y generando un mayor impacto ambiental.

3.2.5. CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

Cuadro 15: Matriz de Leopold CAMINO A

AMBIENTE	COMPONENTE AMBIENTAL	PARAMETROS AMBIENTALES, IMPACTOS IDENTIFICADOS (EFECTOS)	ACCIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE														IMPACTO NEGATIVOS	IMPACTO POSITIVOS	PONDERADO DEL IMPACTO
			ETAPA DE CONSTRUCCIÓN																
			Campamentos y oficinas		Trazo del camino		Operación de maquinaria y equipo		Desmonte y estacado		Movimiento de tierra		Obras de drenaje		Manejo y disposición de residuos				
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
MEDIO FÍSICO	AIRE	Alteración de la calidad del aire	-1	1	0	0	-2	1	-2	1	-2	1	0	0	-1	1	-8	0	-1.60
		Temperatura	-1	1	0	0	-1	1	-2	2	-2	1	0	0	-1	1	-9	0	-1.50
		Ruido y vibraciones	0	0	0	0	-2	1	-2	2	-2	2	0	0	-1	1	-11	0	-1.83
	AGUA	Alteración de la calidad del agua	-1	2	0	0	-2	1	-1	1	-2	1	-1	1	-1	1	-9	0	-1.29
		Alteración de drenajes naturales	0	0	0	0	0	0	-1	1	-2	1	-1	1	-1	1	-5	0	-1.25
	SUELO	Alteración de la calidad del suelo	-1	1	0	0	-2	1	-1	1	-2	1	0	0	-1	1	-7	0	-1.40
MEDIO BIOLOGICO	FLORA	Eliminación del cobertura vegetal	-1	1	-1	1	0	0	-2	1	-2	1	0	0	0	0	-6	0	-1.50
	FAUNA	Perturbación y desplazamiento	0	0	-1	1	-3	2	-3	2	-2	2	-1	1	-1	1	-19	0	-2.11
		Afectación del habitad	0	0	-1	1	-2	1	-3	2	-3	2	-1	1	-1	1	-17	0	-2.18
MEDIO SOCIO ECONÓMICO	SOCIAL Y ECONOMICO	Fuerza Laboral y capacitación	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	0	57	2.71
		Económico	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	0	57	2.71
		Cambio del paisaje	-1	1	-1	1	0	0	-2	1	-2	1	-1	1	-1	1	-8	0	-1.33

IMPACTO NEGATIVOS	-7	-4	-17	-29	-28	-5	-9	-99	
IMPACTO POSITIVO	12	18	18	18	18	18	12		114
PONDERADO DEL IMPACTO	0.50	1.00	0.44	0.46	0.42	1.00	0.50		

Cuadro 16: Matriz de Leopold CAMINO B

AMBIENTE	COMPONENTE AMBIENTAL	PARAMETROS AMBIENTALES, IMPACTOS IDENTIFICADOS (EFECTOS)	ACCIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE														IMPACTO NEGATIVOS	IMPACTO POSITIVOS	PONDERADO DEL IMPACTO
			ETAPA DE CONSTRUCCIÓN																
			Campamentos y oficinas		Trazo del camino		Operación de maquinaria y equipo		Desmonte y estacado		Movimiento de tierra		Obras de drenaje		Manejo y disposición de residuos				
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
MEDIO FÍSICO	AIRE	Alteración de la calidad del aire	-1	1	0	0	-2	1	-2	1	-2	1	0	0	-1	1	-8	0	-1.60
		Temperatura	-1	1	0	0	-1	1	-2	2	-2	1	0	0	-1	1	-9	0	-1.50
		Ruido y vibraciones	0	0	0	0	-2	1	-2	2	-2	2	0	0	-1	1	-11	0	-1.83
	AGUA	Alteración de la calidad del agua	-1	2	0	0	-2	1	-2	2	-2	2	-2	1	-1	1	-15	0	-1.67
		Alteración de drenajes naturales	0	0	0	0	0	0	-3	3	-3	2	-3	2	-1	1	-22	0	
	SUELO	Alteración de la calidad del suelo	-1	1	0	0	-2	1	-1	1	-3	2	0	0	-1	1	-11	0	-1.83
MEDIO BIOLOGICO	FLORA	Eliminación del cobertura vegetal	-1	1	-2	1	0	0	-3	2	-2	1	0	0	0	0	-11	0	
	FAUNA	Perturbación y desplazamiento	0	0	-1	1	-3	2	-3	2	-2	2	-1	1	-1	1	-19	0	
		Afectación del habitad	0	0	-1	1	-2	1	-3	2	-3	2	-1	1	-1	1	-17	0	
MEDIO SOCIO ECONÓMICO	SOCIAL Y ECONOMICO	Fuerza Laboral y capacitación	2	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	0	51	2.43
		Económico	2	3	-2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	0	42	2.00
		Cambio del paisaje	-1	1	-1	1	0	0	-2	1	-2	1	-1	1	-1	1	-8	0	-1.33

IMPACTO NEGATIVOS	-7	-5	-17	-44	-38	-11	-9	-131	
IMPACTO POSITIVO	12	-3	18	18	18	18	12		93
PONDERADO DEL IMPACTO	0.50	-0.88	0.44	0.28	0.31	0.58	0.50		

IV. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Es posible diseñar un camino Forestal mediante Sistemas de Información Geográfica, que una el río Yucanya con la PCA, en base a los mapas derivados del SRTM.

- Se validó la metodología en el campo y como parte importante en la planificación de la extracción forestal.

- El diseño del camino utilizando el SIG y el trazo definitivo obtenido en el campo, tiene un error aceptable en su Geoubicación, permitiendo obtener una orientación confiable del trazo en el campo.

- La planificación basada en SIG permite anticipar los impactos Ambientales que se pueden generarse en la etapa constructiva, con impacto negativo en el suelo, agua, flora y fauna principalmente y positivo en el aspecto socioeconómico.

- Se validó en base a este análisis, que el camino diseñado mediante SIG genera un menor impacto ambiental, y es la que mejor se adapta a las especificaciones de diseño de impacto reducido.

- El uso de esta metodología requiriendo una menor inversión en la construcción y mantenimiento en comparación con un camino que no ha sido diseñado mediante estas herramientas.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar los datos del SRTM para la realización de trazos de futuros caminos en cualquier ámbito geográfico por ser de gran precisión y alcance global.

- Se debe tener en cuenta los criterios topográficos y el nivel de detalle para generar los mapas derivados del SRTM, tales como las curvas de nivel y los intervalos de pendiente, esto de acuerdo a la geografía de la zona de estudio.

- Se recomienda hacer uso de un GPS que permita introducir Modelos de Elevación Digital para llevar el trazo el trazo del camino en la topografía del diseño, apoyado de la brújula y el mapa de la zona.

- Se recomienda hacer más ensayos de Georeferenciación del modelo SRTM bajo cobertura boscosa, debido a que se carece de información o ensayos de estudio bajo estas condiciones.

V. BIBLIOGRAFIA

CARLING, P.A., Irvine, B.J., Hill, A., Wood, M. 2001.Reducing sediment inputs to Scottish streams: a review of the efficacy of soil conservation practices in upland forestry.TheScience of the Total Environment. 265, 209-227.

ESTELA, E (2011) Trazo de un camino forestal con datos del Shuttle Radar TopographyMission(SRTM), en el Bosque Macuya de la Universidad Nacional de Ucayali. Tesis para optar el grado de Ingeniero Forestal. Pucallpa – Perú.

FAO (2009), Ingeniería de Carreteras forestales. Código modelo de prácticas de *aprovechamiento forestal On line:* http://www.fao.org/docrep/V6530S/v6530s06.htm

FARR, T.y M. KOBRICK, (2000). Shuttle radar topography mission produces a wealth of data, American Geophysical Union Eos online: www.geocomputation.org/2007/1A-Remote_Sensing_1/1A1.pdf.

GEOSCIENCE AUSTRALIA (2005), "Geodata 9 Second DEM Version 2" http://www.ga.gov.au/nmd/products/digidat/dem_9s.htm:

GUTH, P. L. 2006, Geomorphometry from SRTM: Comparison to NED: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 72, *no.* 3, *p* 269 - 277.

HOLMES K.W., CHADWICK O.A., KYRIAKIDIS P.C. (2000). "Error in a USGS 30-meter digital elevation model and its impact on terrain modeling". Journal of Hydrology 233 (2000) 154-173.

JACOBSEN, K. 2005. Analysis of SRTM Elevation Models, EARSEL 3D- RS Workshop, 2005 Porto.

JARVIS, A., RUBIANO, J., NELSON, A., FARROW, A., & MULLIGAN, M. (2004). Practical use of SRTM data in the tropics - Comparisons with digital *elevation models generated from cartographic data.* CIAT, *Cali*, Colombia. . Working Document no. 198, 32 pp online: http://srtm.csi.cgiar.org/PDF/Jarvis4.pdf

JOOSANG, C., Woodam, C. 1995. Developing a computer model for steep-slope forest road design. In: Kohl &Gertner (Eds.): At IUFRO XX World *Congress: Caring for the forest: Research in a Changing World.* Tampere, Finland.

KELLNDORFER, J., WALKER, W., PIERCE, L., DOBSON, C., FITES, J. A., HUNSAKER, C., VONA, J., AND CLUTER, M. 2004, Vegetation *height estimation from Shuttle Radar Topography Mission and* National Elevation Datasets: Remote Sensing of Environment, v. 93, p. 339 - 358.

LI, Z., Q. ZHU AND C. GOLD (2005), Digital Terrain Modeling.Principles and Methodology, CRC Press, BocaRaton Florida, USA.

LUDWIG R, P SCHNEIDER. 2006. Validation of digital elevation models from SRTM X-SAR for applications in hydrologic modelling. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 60:339-358.

MALCZEWSKI, J., Rinner, C. 2005. Exploring multicriteria decision strategies in *GIS with linguistic quantifiers: A case study of residential quality* evaluation.J GeographSyst. 7:249-268.

MALESCA L., CHAUCHARD, L. Y GONZÁLEZ PEÑALBA M. 2008. Caminos Forestales, Manual para las buenas prácticas forestales, Bosque *nativo Norpatagonia. Administración de Parques Nacionales online:* http://www.minagri.gob.ar/sagpya/programas/compymefor/04-Publicaciones/

MATHEW C. 2008. USGS Programa GeoSUR. Desarrollo de Mapas de Relieve. Hidrografía y Derivados para Suramérica. Corporación Andina de *Fomento (CAF)*

MAUNE, D. F. (ed.; 2001), Digital Elevation Model Technologies and Applications: the DEM User's Manual, The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, USA.

MERCER, B. J. (1998). Summary of Independent Evaluations of Star-3i DEM's. Intermap Technologies Ltd. Available on line at http://www.intermaptechnologies.com.

MERCURI, P. A. (2005). *Terrain Analysis and Surface Hydrologic Modeling* Strategies sing High-Resolution Global Digital Topography. Ph.D. Thesis, Chapter 2. Purdue University, IN, USA. NASA, 2005, Shuttle Radar Topography Mission: Instruments. Online: http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/instr.htm

NASA, 2005, Shuttle Radar Topography Mission: Instruments. http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/instr.htm

NASA, 2005b, Shuttle Radar Topography Mission: Instruments, INTERFEROMETRY EXPLAINED. http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/instrumentinterferometry.html

NAVEIRAS, r (2011). Planificación y construcción de caminos forestales. *Ministerio de agricultura de Argentina. Visitado el 20 de febrero del* 2012. Disponible en: http://agentesforestales.net/index.php?option=com_remository&Itemid=34&func=fileinfo&id=147

PONCE, E., 2005. Análisis multicriterio para la planificación de caminos de bajo impacto en la concesión forestal "Lago Rey" Santa Cruz, Bolivia. Documento Científico Proyecto FOMABO no. 3 - 2005. Proyecto FOMABO, Cochabamba, Bolivia. Visitado el 10 de enero del 2012. Disponible en: http://www.fomabo.life.ku.dk/Publications/~/media/Fomabo/Documents/Publications/Scientific/2005/ponce_2005_dc_3.ashx

RODRIGUEZ, E., MORRIS, C. S., BELZ, J. E., 2006. A Global Assessment of the SRTM Performance: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing online: www.asprs.org/publications

SIST, P., Dykstra, D., Fimbel, R. 1998. Reduced-impact logging guidelines for lowland and hill Dipterocarp forests in Indonesia.Occasional Paper No. 15.Center for International Forestry Research (CIFOR). Jakarta, Indonesia. 19 p.

SRTM, *2009.the shuttle radar topography mission. disponible en* http://glcf.umiacs.umd.edu/data/srtm/index.shtml.|

TUCEK, J. 1995. Computer aided forest roads and forest operations planning. In: Kohl &Gertner (Eds.): At IUFRO XX World Congress: Caring for the forest: Research in a Changing World. Tampere, Finland.

WIKIPEDIA 2010, Modelos digitales de terreno MED, online: http://es.wikipedia.org/wiki/Misi%C3%B3n_topogr%C3%A1fica_Radar_Shuttle

ANEXO

GLOSARIO

ArcGIS 10.0: Es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o **SIG**. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico de ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

Azimut: Es el ángulo de una dirección contado en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico. El acimut de un punto hacia el este es de 90 grados y hacia el oeste de 270 grados sexagesimales.

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres,es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos . Tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituye una amenaza para su supervivencia.

Concesión Forestal: definida y sancionada por el propietario de un bosque, mediante la que a una persona o una comunidad se le otorga determinados derechos sobre el uso del bosque y sus productos.

GeodataBase: Es la estructura de datos nativa para ArcGIS y es el formato de datos principal que se utiliza para la edición y administración de datos.

Global Mapper 12.0: El Global Mapper es una herramienta, indispensable en el SIG, pues posee funcionalidades para cálculo de distancia y área, junción del raster, transparencia, análisis espectral y ajuste de contraste, búsqueda por elevación, cálculo de línea de mira, cálculo de volumen, así como funciones avanzadas como rectificación de imagen, generación de curva de nivel a partir de una superficie y triangulación y cuadrícula de puntos 3D.

Impacto Reducido: sedefine como "operaciones de extracción o construcción intensamente planificadas y cuidadosamente controladas para minimizar el impacto ambiental en los rodales, suelo, curso de agua u otro componente ambiental".

Matriz de Leopold: es un método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental creado en 1971. Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural.

Plan de Manejo Forestal: Es un documento que describe las características y el estado físico de los recursos naturales (bosque, suelo, fauna etc.); y las actividades planificadas a realizar durante un período determinado (de 1 a 5 años) para aprovechar racionalmente dichos recursos.

PCA: Parcela de Corta Anual, es una Área boscosa que es aprovechada en el período de un año, planificado mediantes un ceso, y aprovechamiento sostenible

Resolución: El pixel es el elemento más pequeño al que un dispositivo de visualización puede asignarle de forma independiente un atributo como es el color. La resolución dependerá del nivel de detalle con el que se quiera representar el mundo real,

teniendo en cuenta las posibilidades de análisis y hardware/software.

Sistemas de Posicionamiento GPS: Sistema global de localización mediante satélites, que permite estimaciones suficientemente precisas de latitud, longitud y altitud de un punto, posteriormente deben interpolarse los datos.

TIN (Triangular Irregular Network) constituye una forma de representación de la superficie del terreno en formato Raster, un Modelo Digital del Terreno. Explicado de forma más sencilla, es una representación digital de una variable continua sobre una superficie bidimensional, por medio de un conjunto de valores Z referenciados.

GRÁFICOS PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA.

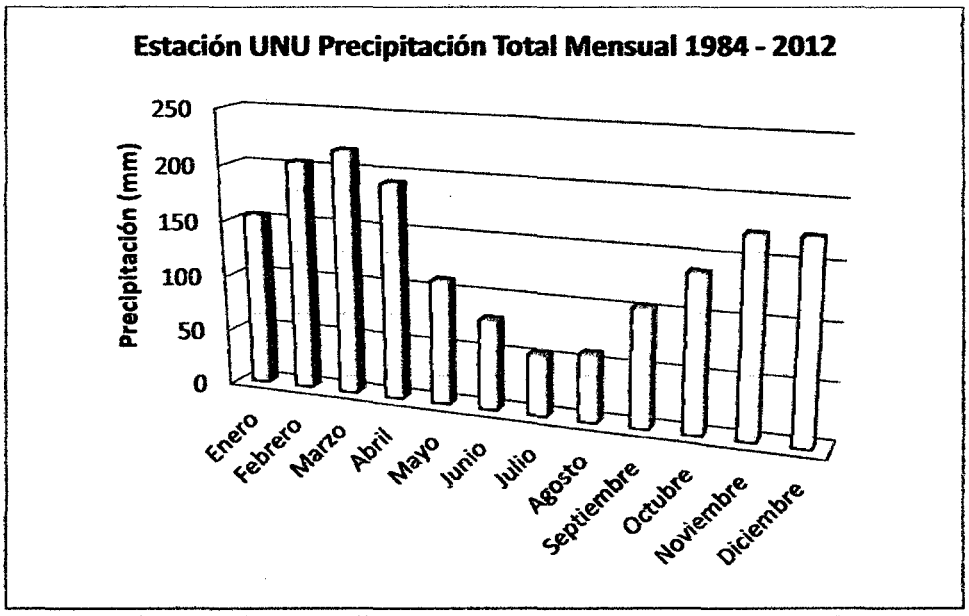


Gráfico 05: Estación UNU Precipitación Total Mensual 1984 - 2012.

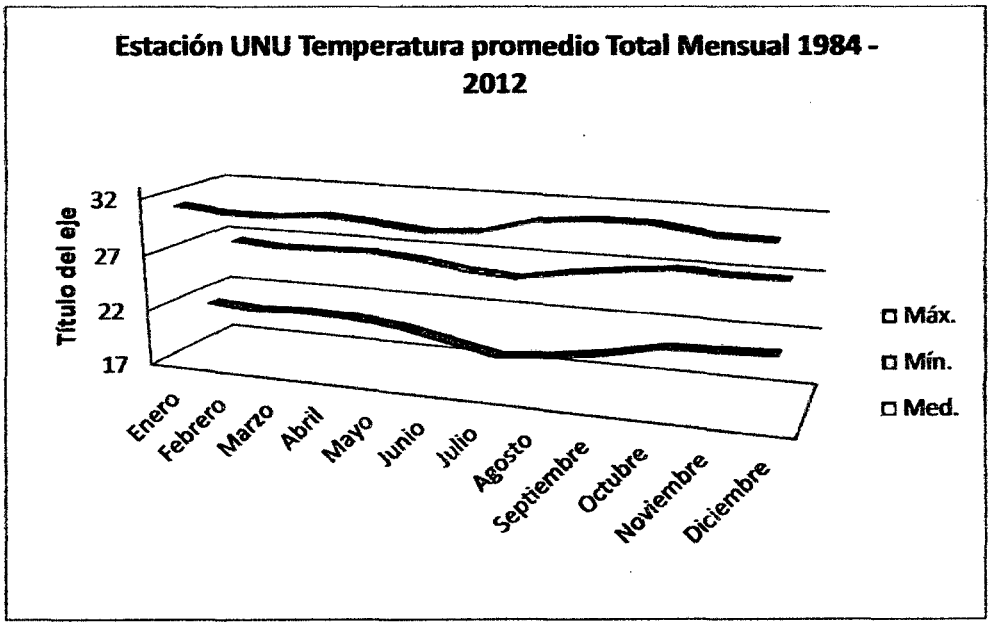


Gráfico 06: Estación UNU Temperatura promedio Total Mensual 1984 - 2012.

MAPAS DERIVADOS DEL SRTM

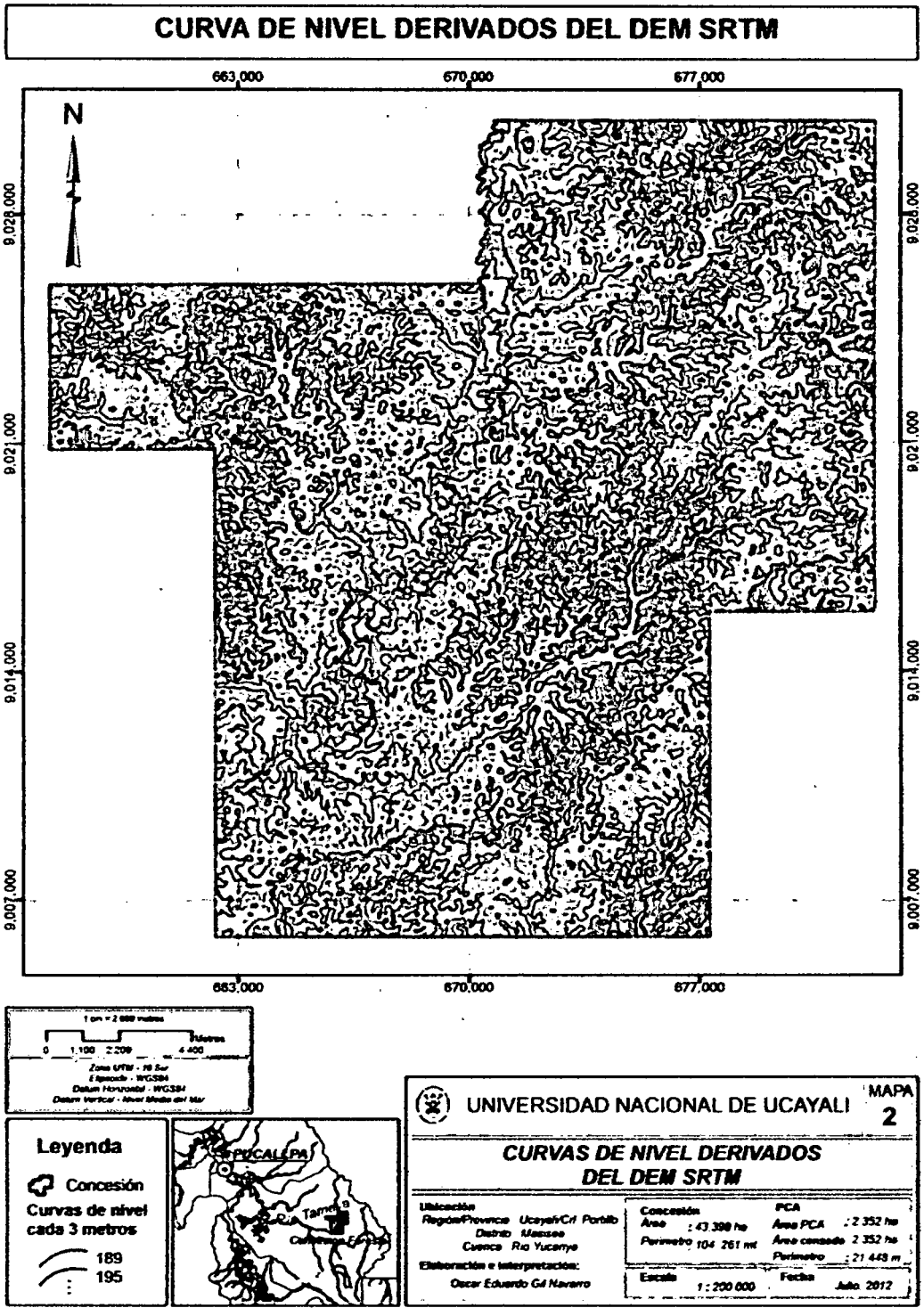


Figura 06: Curva de Nivel derivado del DEM SRTM.

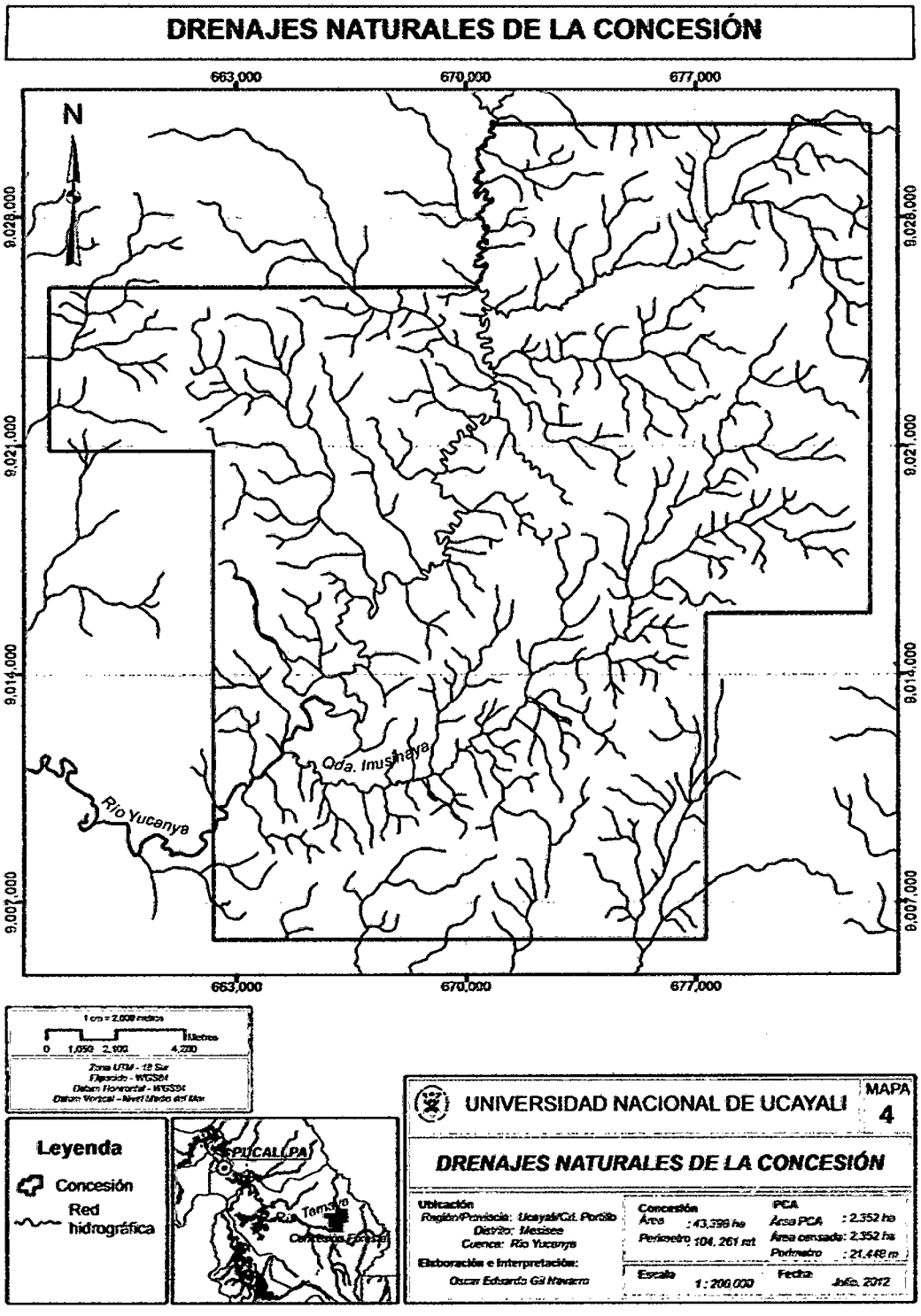


Figura 07: Drenajes Naturales de la Concesión.

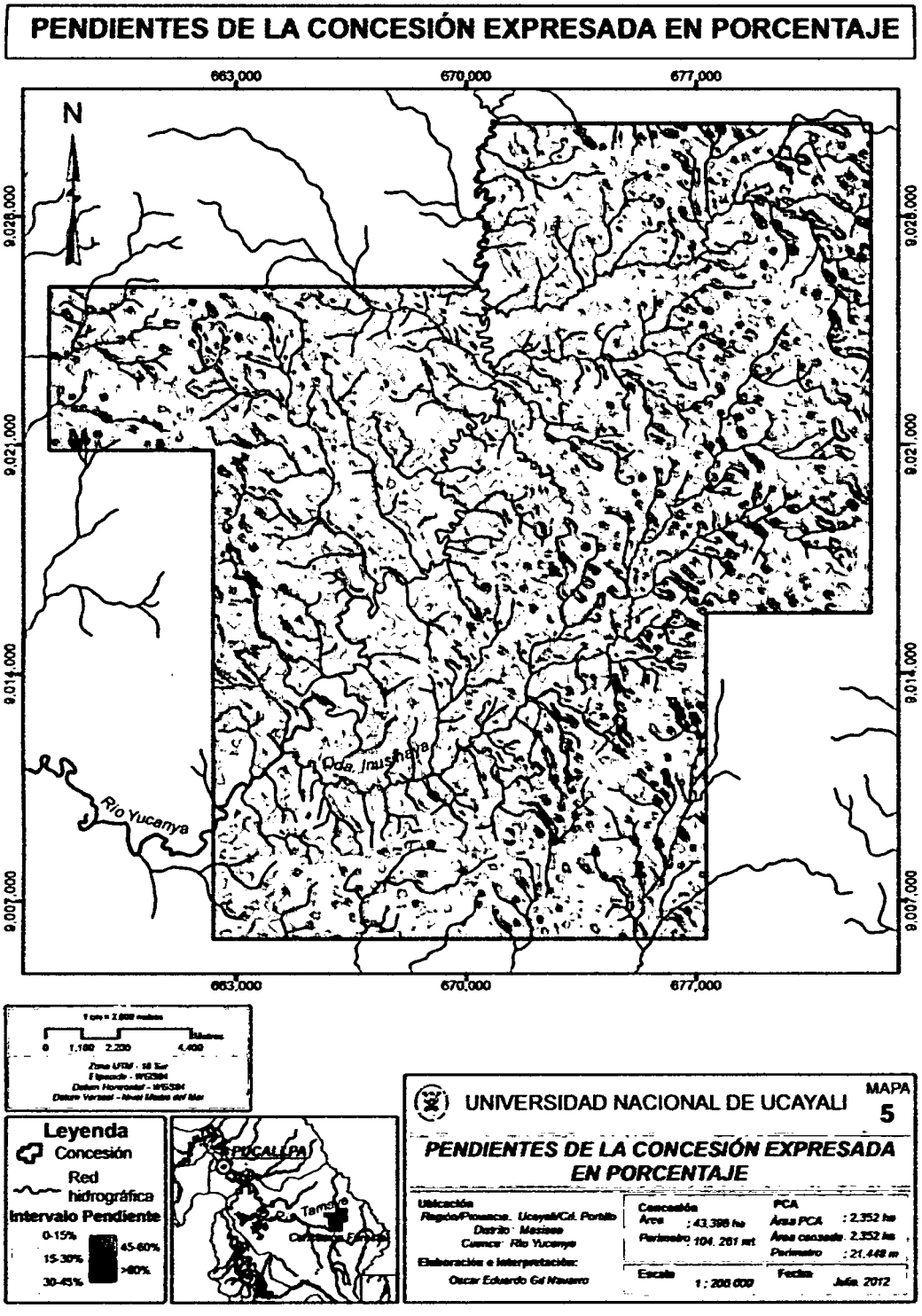


Figura 08: Mapa de pendientes de la Concesión Expresadas en Porcentaje

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Meses (Inicia Abril 2012, finaliza Febrero 2013)																																							
	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Obtención de datos SRTM, Generación de Mapas derivados, la GEODATABAS y Diseño del camino Forestal																																											
2. Logística para el transporte del Personal y Equipo																																											
3. Construcción y acondicionamiento de campamento Principal																																											
4. Trazo del Camino																																											
5. Operación de Maquinaria y Equipos.																																											
6. Desmonte y Estacado																																											
7. Recorrido total del Camino A y Camino B.																																											
8. Viaje de Retorno																																											
9. Etapa de Evaluación datos																																											
10. Redacción de la Tesis con los Resultados																																											

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

COSTO TOTAL DEL PROYECTO*			S/. 62,070.00
I. ETAPA DE DISEÑO			**S/. 3,730.00**
Cantidad	**Descripción**	**Precio Unit.**	**Total**
1 Unidad	GPS, Garmin Map 62S	S/. 1,600.00	S/. 1,600.00
1 Unidad	Brújula	S/. 250.00	S/. 250.00
1 *Meses*	*Pago de Tesista*	S/. 800.00	S/. 800.00
1 Unidad	Camará Digital	S/. 800.00	S/. 800.00
1 Unidad	Utiles de Escritorio	S/. 100.00	S/. 100.00
1 Unidad	Memoria USB, Kingston de 8 GB	S/. 60.00	S/. 60.00
1 Varios	Software y capacitaciones	S/. 120.00	S/. 120.00
II. ETAPA DE CAMPO			**S/. 57,040.00**
4 Meses	Pago de Tesista	S/. 800.00	S/. 3,200.00
4 Meses	Personal de Apoyo (6 personas)	S/. 4,800.00	S/. 19,200.00
4 Meses	Alimentación (S/. 600 x personas al mes)	S/. 4,200.00	S/. 16,800.00
7 Unidad	Carpas y equipo de campamento	S/. 200.00	S/. 1,400.00
7 Pasajes	Transporte desde Pucallpa a Campamento y de retorno	S/. 220.00	S/. 1,540.00
1 Unidad	Logistica - Alimentación	S/. 600.00	S/. 600.00
1 Varios	Equipos Para el trazo del Camino (Cintas, pinturas, jalones, etc)	S/. 300.00	S/. 300.00
1 Unidad	Logistica - Translado de Equipos y Insumos	S/. 14,000.00	S/. 14,000.00
II. ETAPA DE EVALUACIÓN			**S/. 1,300.00**
1 Meses	Pago de Tesista	S/. 800.00	S/. 800.00
1 Varios	Equipo uso, Laptop, Internet, *Impresora y utiles de Escritorio*	S/. 500.00	S/. 500.00

* El costo total del Proyecto de la tesis solo Abarca hasta la etapa de desmonte, y no considera las otras etapas de construcción de carretera, como movimiento de *tierra, construcción de alcantarillas y puentes. Hasta esta Etapa constructiva se* tiene un costo total por Kilómetro de S/. 3,729.00

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Imagen 01: Navegación por el Río Yucanya Ingreso a la Concesión Forestal Pucallpa Export

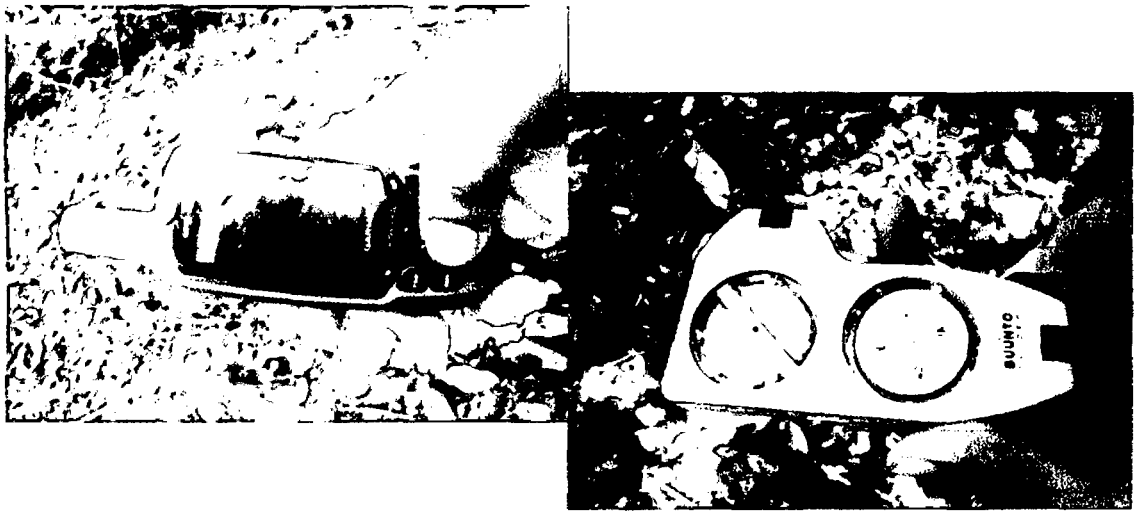


Imagen 02: Ubicación de Puntos en el trazo digital con Ayuda del GPS Garmin Map 62S, y con Brújula.



Imagen 03: Trazo del Camino Forestal, Cruce de caños Naturales



Imagen 04: Recorrido del trazo del Camino para rectificación.



Imagen 05: Alcantarillado para caños Naturales con Troncos con Hueco.



Imagen 06: Primer Paso del tractor forestal por el Camino diseñado Mediante SIG.



Imagen 07: Personal que colaboró en la ejecución de la Tesis y la construcción del Camino.



Imagen 08: Transito de Personal por la Carretera que sigue divisoria de cuenca.



Figura 09: Puente construido con troncos para el cruce de la quebrada Inusinaya.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL