



**UNAP**

**Facultad de  
Ciencias Forestales**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

**TESIS**

**“CONTROL DE EROSION EN AREAS DE PRODUCCION PETROLERA CON  
PROCESOS DE EVALUACIÓN DE METODOLOGÍAS DE CONTROL EN EL  
LOTE 121 SECTOR SUR EN LA ZONA DEL RIO NAPO LORETO - PERU”,**

**Tesis para optar el titulo de:**

**Ingeniero en Ciencias Forestales**

**Autor:**

**RODRIGO RUIZ RIVADENEYRA**

**IQUITOS – PERU**

**2014**

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida.

Con amor y cariño a mis

Queridos padres:

Pedro Ruíz Góngora/Norma Rivadeneyra de Ruiz, a mis adorados hijos Antony y  
Aramiss Franchesco y a mi amada esposa Lessie del Pilar.

A mis hermanas con

mucho amor:

Melita, Olga, Flor, Celmit y Tahalia

A mis sobrinos con eterno amor: Azul, Maripe, Axel, Moisés y Tracy.

## **AGRADECIMIENTO**

El autor reserva esta página para expresar su sincero agradecimiento a las personas é Instituciones que hicieron posible la realización del proyecto en mención:

- A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP).
- A la Empresa SAE por darme la oportunidad de realizar mi tesis en las zonas donde se realizo el trabajo de control de erosión.

## INDICE

Nº	TÍTULO	Pág.
	Dedicatoria	
	Agradecimiento	
	Índice General	
	Índice de cuadros	
	Índice de figuras	
	Índice de fotos	
	RESUMEN	
I	Introducción	1
II	El problema	3
1.1	descripción del problema	3
1.2	definición del problema	3
III	HIPOTESIS	5
2.1	Hipótesis general	5
2.2	Hipótesis alterna	5
2.3	Hipótesis nula	5
IV	OBJETIVOS	6
3.1	Objetivo general	6
3.2	Objetivo específico	6
V	VARIABLES	7
VI	MARCO TEÓRICO	8
VII	MARCO CONCEPTUAL	14
VIII	MATERIALES Y MÉTODOS	20
IX	RESULTADOS	50
IX	DISCUSIONES	59
X	CONCLUSIONES	60
XI	RECOMENDACIONES	61
XII	BIBLIOGRAFÍA	62
	Anexo	64

## LISTA DE CUADROS

Nº	TITULO	
Pág.		
1	Variables, indicadores é índices	7
2	Clasificación de la Topografía	23
3	Estabilidad de Taludes	24
4	Parámetros para construcción de canales transversales	33
5	Pendientes típicas para taludes de corte	38

## LISTA DE FIGURAS

Nº	TITULO	Pág.
1	Esquema de Talud y su caracterización	23
2	Cárcavas menores	35
3	Trampa de sedimentos para cárcavas menores y de fuertes pendientes	36
4	Suavización de Taludes de Cárcavas con Maquinaria	36
5	Secuencia en la Suavización de Cárcavas	37
6	Esquema de armado de gaviones con sacos de geotextil	42
7	Mapa de la zona de estudio	66
8	Base de Ingano LLacta	68
9	Imagen de satélite de la zona de estudio	69

## LISTA DE FOTOS

Nº	TÍTULO	Pág.
1	Construcción de trincheras de madera, tipo A de 1.50 m de alto x 15 m de ancho.	50
2	Construcción de una trinchera de malla de metal tipo A de 1.50 m de alto x 15 m de ancho.	50
3	Construcción de una trinchera de malla tipo A de metal de 1.50 m de alto x 15 m de ancho. Con doble torsión	51
4	Construcción de una trinchera de madera tipo B de metal de 1.50 m de alto x 15 m de ancho.	51
5	Construcción de una trinchera de madera tipo C de metal de 1.50 m de alto x 150 m de ancho.	52
6	Trinchera de Bulto de ramas en DSD	52
7	Trinchera de Bulto de ramas en DSD	53
8	Muros de gaviones de piedra	53
9	Muros de gaviones de piedra	54
10	Canales revestidos con biomanta	54
11	Estructuras de drenaje tipo saltos	55
12	Estructuras de drenaje tipo saltos	55
13	Estructura de descarga Trinchera canal	55
14	Estructura de descarga	56
15	Caminos temporales	56
16	Cuadrilla en plena labor de reforestación.	56
17	Revegetación en talud con vitáceas	57
18	Revegetación en talud con especies maderables y frutales	57
19	Estado actual del trabajo revegetación después del control de la erosión aplicando las técnicas utilizadas	58
20	Estado actual del trabajo revegetación después del control de la erosión aplicando las técnicas utilizadas	58

## RESUMEN

El estudio se realizó en la comunidad peruana de INGANO LLACTA, ubicada en el distrito del Alto Napo, provincia de Maynas, departamento de Loreto - Perú. El objetivo fue de Controlar los suelos de la erosión en aéreas de producción petrolera con procesos de evaluación de metodologías de control en el lote 121 sector sur en la zona del rio napo.

Se aplico la metodología de control de erosión y las técnicas metodológicas para el tratamiento de escenarios típicos. Se controlo la erosión de la zona intervenida por las actividades de extracción petrolera en una área de 1,5 ha, con relieves de 15 a 20%- Se relizaron trabajos de control de erosión con trincheras del tipo A,B,C y D para la reteccion de suelos que se construyen para contener volúmenes de suelo orgánico e inorgánico que se corta o extrae para la construcción de una vía. Se realizo trabajos de control de erosión de los suelos con trincheras de bulto en DSD, y muros de gaviones de piedras. Se realizaron trabajos de canales revestidos con biomanta y estructuras de drenaje tipos saltos y estructuras de descarga trinchera canal. También se realizaron caminos temporales y finalmente se realizo el trabajo de revegetacion.

Palabras claves: Trincheras, taludes, erosión, suelos, revegetacion y gaviones.

## I. INTRODUCCION.

La erosión en el Lote 121 sector sur del río Napo, tiene sus causas principales en las actividades antrópicas de extracción de petróleo, la cual genera impactos directos al ambiente natural, provocando procesos de deforestación, la misma que origina el arrastre de la superficie del suelo, que se encuentra expuesta a la intemperie, sin ninguna cobertura vegetal que pudiera evitar tal degradación o lixiviación del suelo. Esta pérdida de los horizontes edáficos de los suelos es favorecida por las constantes precipitaciones pluviales que caen en dichas zonas, en la que los suelos intervenidos, degradados o impactados, presentan procesos erosivos tipo laminar, que con el tiempo, produce la formación de cárcavas que es un aspecto ambiental negativo en la que la lixiviación y pérdida total del recurso suelo es un proceso irreversible y continuo.

Además debemos agregar que los suelos de la zona del Lote 121 sector sur del río Napo, operación de la empresa, y como en casi toda la Amazonía peruana, los suelos presentan un alto grado de fragilidad y permeabilidad, pues al no presentar material parental, estos están expuestos a las condiciones bioclimáticas de la zona.

En tal sentido, y teniendo en cuenta las recomendaciones de la oficina reguladora y supervisora en temas ambientales, es que se da los lineamientos básicos principales para complementar los trabajos propios de la extracción petrolera, con los trabajos del orden ambiental, en la que se identifican puntos deforestados y luego se procede a realizar un levantamiento topográfico, con la

finalidad de determinar el área total de revegetación y su posterior intervención como sitios de Control de la Erosión y Revegetación (CER)

El control de erosión en áreas de producción petrolera con procesos de evaluación de metodologías de control en el lote 121 sector sur en la zona del río Napo Loreto - Perú, es una alternativa que se deben aplicar técnicamente a los sitios CER con la finalidad de favorecer a la revegetación en sí, donde se siembran diversas especies vegetales con régimen herbáceo, arbustivo, arbóreo, palmeras y en la que se integran dinámicamente a áreas degradadas para cumplir sus funciones principales de estabilización, de cobertura vegetal y de buen prendimiento revegetativo, donde se mitiguen los impactos ambientales y se aproveche los recursos naturales en forma racional, tratando de alcanzar el desarrollo sostenible y sustentable, que se enmarcan dentro de la política ambiental de la empresa SUBANDEAN. S.A.

Por todo ello y para cumplir con las leyes y reglamentos que exige el estado Peruano, la empresa SUBANDEAN S.A ha elaborado un Plan Ambiental Complementario (PAC) en el Lote 121 – OPERACIÓN SUBANDEAN SECTOR SUR, correspondiente a la locación: INGANO LLACTA – RIO NAPO, para realizar el control de la erosión en áreas de producción petrolera con procesos de evaluación de metodologías de control en el mencionado lote. Así mismo hacer el trabajo de reforestación con especies herbáceas, arbustivas y arbóreas para la recuperación de suelos degradados..

## II. PROBLEMA.

### 2.1. Descripción del problema.

Las actividades petroleras son de modo protagónico, la generación de las dos causas más importantes de impacto ambiental: el cambio climático y el cambio de uso del suelo. La primera, no por el consumo directo energético para la obtención de los hidrocarburos, pero sí, por ser la responsable del suministro a la sociedad de éste recurso energético cuyo consumo es el primer y principal factor de liberación de gases de efecto invernadero al medio ambiente; que traen consigo una serie de impactos adversos al ambiente natural (en menor o mayor proporción) que influyen directamente en los ecosistemas intervenidos. Los recursos con mayor fragilidad son: suelo, agua, flora y fauna.

La segunda mayor causa de impacto ambiental es el cambio de uso del suelo, que también es condicionada y magnificada por la industria petrolera; no solamente por la pérdida y ocupación directa de suelo que conlleva, sino también por la ubicación de yacimientos en áreas vulnerables del planeta; áreas, generalmente, de elevado valor biológico. Por lo tanto es importante realizar este proyecto de control de erosión del suelo con procesos de evaluación de metodologías de control en el lote 121 sector sur – Rio Napo.

### 2..2 Definición del problema.

¿ Sera adecuada la metodología aplicada en el lote 12, para el control de la erosión del suelo.?

### III. HIPÓTESIS.

#### 3.1. Hipótesis general.

Se pueden controlar la erosión de los suelos mediante la aplicación de metodologías de control en el lote 121 sector sur en la zona del rio Napo Loreto - Perú”

#### 3.2. Hipótesis alternativa.

Si se pueden controlar los suelos de la erosión mediante la aplicación de metodologías de control en el lote 121 sector sur en la zona del rio Napo Loreto - Perú”

#### 3.3. Hipótesis nula.

La erosión de los suelos no se pueden controlar mediante la aplicación de metodologías de control en el lote 121 sector sur en la zona del rio Napo Loreto - Perú”

## IV. OBJETIVOS.

### 4.1 Objetivo general.

Controlar la erosión de los suelos aplicando una metodología de control, en el lote 121 sector sur en la zona del rio napo Loreto - Perú”

### 4.2 Objetivos específicos.

- ✓ Evaluar la topografía (relieve) para controlar la erosión.
- ✓ Evaluar la estabilidad de los taludes (pendientes)
- ✓ Aplicar las estructuras típicas de control de erosión.
- ✓ Aplicar las técnicas y metodologías para el tratamiento de escenarios típicos.

## V. VARIABLES

### 5.1. Variables, Indicadores, Índices.

Mediante el control de erosión en áreas de producción petrolera con procesos de evaluación de metodologías de control en el lote 121 sector sur en la zona del río Napo Loreto – Perú, se evaluó los parámetros de erosión y esto se medio dependiendo de la topografía en (%), estabilidad de los taludes su pendiente en (%), se medirá los escenarios típicos como: Caminos de accesos ( $m^2$ ), tratamientos para cárcavas ( $m^2$ ), tratamientos de estabilización de taludes ( $m^2$ ), Determinar las estructuras típicas de control de erosión ( $m^2$ ) y finalmente Aplicar las metodologías de evaluación de sitios trabajados en control de erosión en ( $m^2$ ).

### 5.2. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
"Áreas de producción petrolera en el lote 121 sector sur en la zona del río napo Loreto - Perú".	Evaluar la topografía Evaluar los taludes	<ul style="list-style-type: none"> <li>(relieve %)</li> <li>(pendiente %)</li> </ul>
	Aplicar las técnicas y metodologías para el tratamiento de escenarios típicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caminos de Acceso (<math>m^2</math>)</li> <li>Tratamiento para cárcavas (<math>m^2</math>)</li> <li>Tratamiento de Estabilización de taludes (<math>m^2</math>)</li> </ul>
	Determinar las estructuras típicas de control de erosión.	Estructuras de contención ( $m^2$ )
	Aplicar las técnicas y metodologías para el tratamiento de escenarios típicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trincheras tipo A,B,C,D, (<math>m^2</math>)</li> <li>Trinchera de Bulto de ramas en DSD (<math>m^2</math>)</li> </ul>

Cuadro. 1. Variables, Indicadores, Índices.

## **VI. MARCO TEORICO**

### **6.1. Antecedentes.**

La degradación de suelos forma parte de un problema de orden nacional y se ha reconocido desde hace tiempo, constituye uno de los problemas mayores de carácter económico, social y ambiental DELGADO (2010)

La degradación de los suelos es ante todo un problema de desarrollo sostenible. Es una cuestión de pobreza y bienestar humano, así como de la preservación del medio ambiente. Los problemas sociales y económicos, de seguridad alimenticia, migraciones y la estabilidad política, están estrechamente relacionados con la degradación de suelos y con otras cuestiones ambientales como son, el cambio climático, la diversidad biológica y el abastecimiento de agua potable.

La atención a los problemas de degradación de los suelos y su relación con la pobreza que se presenta principalmente en el medio rural, han sido motivo de atención por parte de diferentes sectores sociales, económicos y políticos, cuya gestión hacia la consolidación de políticas y programas de desarrollo sustentable, ha estado inmersa en los diversos esfuerzos que en muchos casos no han conseguido los objetivos trazados DELGADO (2010)

Dado el carácter multisectorial de la degradación de tierras, sus causas y consecuencias, en un primer reto se ubica la construcción de una adecuada coordinación intersectorial que permita el diseño y aplicación de propuestas integrales, que ayuden a abordar problemáticas como el cuidado en el aprovechamiento de los recursos naturales, el mejoramiento de las actividades productivas, la suficiencia alimentaria y la lucha contra la pobreza, entre otras.

Se hace necesario elaborar un Plan de Acción de rehabilitación de las áreas degradadas. Este plan se debe constituir como una guía que orienta las acciones;

sin embargo, requiere ser actualizado de acuerdo a los avances en diagnóstico, desarrollo tecnológico, marco jurídico e institucional y participación social.

Persiste el reto de incrementar y fortalecer la participación social, no sólo a partir de mecanismos institucionalizados, sino también en el marco del principio del desarrollo participativo, otorgándoles un papel protagónico a las comunidades locales para la identificación, planeación, puesta en marcha y evaluación de sus proyectos relacionados al tema DELGADO (2010)

Para la reforestación en suelos degradados por efecto de la erosión en el bosque tropical, es recomendable el uso de plántones provenientes de semillas seleccionadas de árboles padres, sin embargo se han obtenido resultados muy buenos cuando se ha utilizado regeneración natural, adecuadamente seleccionadas, sobre todo cuando se trata de costos. La experiencia ha demostrado que la utilización para la reforestación con regeneración natural no menores de 0,40m ni mayores a 2,0m, la sobrevivencia ha sido alta y exitosa.( ARANA, 1997; RODRIGUEZ, *et al*, 2003).

En la reforestación, la siembra de la regeneración natural en el terreno definitivo debe realizarse, en el periodo lluvioso de la zona para facilitar las labores del riego; en fajas con orientaciones este-oeste separadas de acuerdo a las características de la especie y en hoyos con la profundidad y espacio suficiente para que las raíces tengan facilidad para su prendimiento (MONTERO, 2003; ARANA, 1997)

CATIE (2002), dice que en proyectos con componentes de investigación, se hace necesario conocer mayores detalles sobre la presencia, distribución y características de la regeneración natural para justificar y fundamentar los lineamientos de un manejo forestal ecológicamente sostenible.

En los dos últimos años (2008-2009), la FCF-UNAP ha realizado investigación similar, obteniéndose resultados técnicamente útiles en las actividades de reforestación y el cuidado de los suelos con respecto a la erosión en la región.

CATINOT(1969), califica a las plantaciones de enriquecimiento como operaciones que tiene por objeto introducir en el bosque natural un porcentaje previamente determinado de especies útiles y que no llevarán consigo nunca la constitución de una masa uniforme y continua de estas especies .

Las plantaciones de enriquecimiento están destinadas a mejorar la composición florística del bosque a partir de especies deseables, pero así, eliminando las especies indeseables, que constituye factor de competencia de luz y suelo para las especies que se plantarán. La mayor parte forestales nativas de alto valor comercial son tolerantes a la a la sombra en la fase inicial de su crecimiento, permitiendo una mejor conformación del fuste, mejor copa, mayor crecimiento en altura y una progresiva poda natural. En mantenimiento de la plantación es generalmente de periodos prolongados; según el grado de desarrollo de las especies, se requiere de 5 a10 años, edad en la cual puede competir en condiciones óptimas con otras especies que constituyen parte del doce, ROMERO (1986).

ANDERSON (1950), manifiesta que una de las decisiones más importantes que se debe tomar en lo escogencia de la regeneración artificial es la selección de las especies a usar en la nueva masa; la especie o las especies escogidas deberán ante todo adaptarse al lugar de desarrollo, es decir al clima, suelo y ambiente biótico. Las especies escogidas entre las prometidas del sitio deberán ser las que presentan mejores beneficios netos, siendo las más seguras las nativas que prosperan en la localidad. También, afirma que entre los aspectos ambientales que más fluyen en el crecimiento arbóreo, el suelo es de mayor importancia, debido a que éste es el resultado de la interacción de los factores de formación tales como: clima, relieve, tiempo material madre y organismos vivos.

### **Industria petrolera**

La industria hidrocarburífera está dividida en dos partes:

- **Upstream:** comprende la exploración y extracción de hidrocarburos, incluyendo la búsqueda, desarrollo y explotación de nuevos yacimientos.
- **Downstream:** comprende la refinación, la distribución y la comercialización de los derivados del crudo. Se encarga de la obtención de los subproductos y derivados del petróleo, desde los combustibles para fuentes fijas o móviles, a lubricantes para usos diversos, asfaltos para la construcción de carretera o petroquímicos para los más variados artículos de la vida cotidiana, mediante procesos sucesivos de destilación, craqueo, reformado o fraccionamiento en función del crudo (**Orta, 2007**).

### **Impactos potenciales**

Los impactos potenciales de las actividades petroleras dependen de las características de operación del bloque (tamaño de yacimiento, años de

explotación, facilidades de acceso, distancia, aislamiento, etc.), de las particularidades ecológicas del área afectada, así como de la realidad e historia de los grupos humanos presentes. Se describe los impactos para aquellos contextos de selva húmeda tropical con presencia de pueblos originarios de la región (Orta, 2007).

### **Remediación de suelos por hidrocarburos.**

#### **Evaluación de la calidad del suelo.**

La calidad del suelo debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo. El estado de las propiedades dinámicas del suelo, como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos o productos microbianos, en un tiempo particular, constituyen la salud del suelo.

Tradicionalmente, las caracterizaciones de las propiedades del suelo y las evaluaciones de (i) su calidad/salud, (ii) el impacto de las perturbaciones introducidas en el sistema (e.g., contaminación) y (iii) la eficacia de los procesos remediadores de suelos contaminados han sido llevadas a cabo en base a parámetros físico-químicos con valor indicador. Actualmente, cada vez más, tanto las caracterizaciones como las evaluaciones arriba mencionadas, están siendo enfocadas hacia los parámetros biológicos responsables del funcionamiento y la sostenibilidad del recurso suelo, así como hacia ensayos biológicos de ecotoxicidad

### **Gestión de suelos contaminados**

Ferrera-Cerrato *et al* (2006), indica que la gestión de emplazamientos contaminados está basada en la evaluación y la *aceptación/no aceptación* del riesgo hacia la salud humana y los ecosistemas causados por la presencia de la contaminación en los distintos medios y su afección en función de los diversos usos del suelo (residencial, industrial, entorno natural, etc.). Se establece en un proceso o etapa de gran sensibilidad ya que las decisiones tomadas a este respecto van a condicionar las ulteriores actuaciones que tendrán importantes repercusiones económicas, sociales y, como no, medioambientales.

Sigue indicando el mismo autor, Ferrera-Cerrato *et al* (2006) que se establece pues la necesidad de desarrollar y aplicar herramientas y metodologías que permitan llevar a cabo con el mayor grado de precisión posible este análisis de riesgos, a fin de poder planificar las subsecuentes actuaciones con el mínimo grado de incertidumbre posible, evitando así, posibles errores o necesidades de replanteamiento. Esta aproximación exige el disponer de herramientas que permitan conocer el comportamiento de las interacciones complejas *contaminación/medio/dispersión/receptor* (herramientas orientadas a la determinación de la *movilización/dispersión*, biodisponibilidad, ecotoxicidad, etc.). Este conocimiento será de aplicación tanto a la metodología de evaluación de la salud humana como a la de los ecosistemas.

### **Técnicas de tratamiento in situ**

Ferrera-Cerrato *et al* (2006), (Aguilar 2007), manifiesta que las técnicas de tratamiento *in situ* son las que se aplican sin necesidad de trasladar el suelo o el agua subterránea afectados por el problema. Suelen ser de utilidad cuando el problema afecta a un volumen muy importante del suelo, que haga inviable su

aislamiento y su tratamiento *ex situ*, o cuando éste supone un coste económico que lo hace inviable, ya que el tratamiento *in situ* suele implicar un menor costo económico. El tratamiento *in situ* puede ser de dos tipos: biológico y físico-químico.

## **VII. MARCO CONCEPTUAL**

### **Actividades Antrópicas**

Hace referencia a las diferentes actividades humanas y su impacto en el medio ambiente que impactan en mayor o menor medida afectando el suelo, el agua y el aire. ODUM. 1986

### **Clima**

El clima de un determinado lugar es el estado medio de la atmósfera a lo largo de un período de tiempo, como la presión atmosférica, temperatura, humedad relativa, precipitación, etc. PLUSPETROL (2008)

### **Ecología**

Es una rama de las ciencias biológicas que se ocupa del estudio de las interacciones existentes entre los organismos y su entorno. DONOSO (1981)

### **Ecosistema**

Es un sistema dinámico formado por los seres vivos (biocenosis o comunidad), el ámbito territorial en el que viven (biotopo) y las relaciones que se establecen entre ellos, tanto bióticas como abióticas. PLUSPETROL (2008)

### **Factores Abióticos**

Agrupar a todos los factores químicos y físicos del ecosistema: la luz, el agua, los compuestos químicos, las sales, los suelos, el calor, el clima, etc.

### **Factores Bióticos (Seres Vivos)**

Constituyen a todos los organismos vivientes del ecosistema. HOCKER. (1984)

### **Biodiversidad**

Hace referencia a la diversidad dentro de cada especie (diversidad genética), entre las especies (diversidad específica) y entre los ecosistemas (diversidad ecológica). HOCKER. (1984)

### **Hábitat**

Constituye el ambiente natural en el que se desarrolla un organismo o una población, teniendo en cuenta las condiciones físicas y biológicas del área. HOCKER. (1984)

### **Medio Ambiente**

Constituye el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales que interactúan sobre los seres vivos y las actividades humanas. BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. (1996)

### **Desarrollo Sostenible**

Es una actividad económica – productiva – social, que consiste en aprovechar eficientemente los recursos naturales, sin comprometer las necesidades propias de las generaciones futuras.

### **Relieve o Topografía**

Se relaciona con las formas que presenta la corteza terrestre en la superficie.

**Afloramientos Geológicos**

Es el lugar en donde se observa en superficie, un filón, masa rocosa, unidad litográfica o capa mineral que fueron consolidados o formados en el subsuelo.

**Suelo**

Es la capa más superficial de la corteza terrestre, resultante de los procesos de meteorización por acción del agua, viento y de los seres vivos. Los suelos se pueden clasificar en inorgánicos, constituidos por diferentes proporciones de arenas, arcillas, limos, agua y aire; y los suelos orgánicos conformados por humus.

**Condiciones Edáficas**

Es la diferenciación de aspectos físicos tales como color, textura, estructura, alcalinidad, acidez, etc. de los diferentes horizontes que conforman el perfil del suelo.

**Suelos Degradados o Impactados**

Son aquellos que han sido continuamente utilizados por el hombre como soporte de sus actividades productivas perdiendo sus cualidades productivas.

**Vegetación**

Es el conjunto de especies vegetales que se encuentran en un lugar determinado y cuyas características, distribución y abundancia, caracterizan zonas de vida.

## **Tipos de Vegetación**

Las asociaciones de plantas en una zona dada se conocen como formaciones vegetales o comunidades vegetales. En la selva amazónica, existen los siguientes:

**Bosque:** comunidad vegetal caracterizada por especies maderables de regular a gran tamaño, además de variadas especies menores.

**Matorral:** comunidad vegetal conformada por árboles bajos y enmarañados, con muchas especies espinosas.

**Sabana o arbustal:** comunidad vegetal conformada por árboles y arbustos esparcidos con mezcla de hierbas.

**Pastizal:** comunidad vegetal conformada por hierbas, especialmente gramíneas

**Semidesierto:** comunidad vegetal de carácter árido con plantas arbustivas y suculentas.

**Desierto:** áreas áridas con nula o muy escasa vegetación, la que se encuentra adaptada a la escasez de agua.

## **Vegetación Arbórea**

Está constituida por especies de tronco leñoso, ramificado a cierta altura del suelo a partir de un único tronco o fuste y que habitualmente superan los 6 m de altura.

## **Vegetación Arbustiva**

Es el conjunto de plantas leñosas que alcanzan portes inferiores a los árboles, en lo que respecta a su altura y ramificación, generalmente cumplen funciones ecológicas.

**Vegetación Herbácea.**

Es una unidad de cobertura vegetal que se caracterizan por la presencia de malezas, hierbas y pastos; favorecen la agregación de los suelos y protegen de la erosión.

**Cobertura Vegetal**

Es la capa de vegetación natural que cubre la superficie de los suelos y que va desde las áreas cubiertas por pastizales, por bosques naturales e incluso por los cultivos.

**Condiciones Fitosanitarias**

Están referidas al estado sanitario y desarrollo de las plantas, pues están expuestas a insectos, plagas, hongos, enfermedades, que alteran su fisiología y normal desarrollo.

**Revegetación.**

La revegetación es una práctica que consiste en devolver el equilibrio o restaurar la cubierta vegetal de una zona donde sus formaciones vegetales originales.

**Reforestación.**

La **reforestación** es una operación en el ámbito de la silvicultura destinada a repoblar zonas que en el pasado histórico reciente (se suelen contabilizar 50 años) estaban cubiertas de bosques que han sido eliminados por diversos motivos como pueden ser:

- Explotación de la madera para fines industriales y/o para consumo como plantas.
- Ampliación de la frontera agrícola o ganadera.

- Ampliación de áreas rurales.
- Incendios forestales (intencionales, accidentales o naturales).
- Exploración y Explotación petrolera.

Por extensión se llama también reforestación, aunque sería más correcto el término forestación, a la plantación más o menos masiva de árboles, en áreas donde estos no existieron, por lo menos en tiempos históricos recientes (igualmente, unos 50 años). Conjunto de técnicas que se necesitan aplicar para crear una masa forestal, formada por especies leñosas.

## **VIII. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **8.1. Lugar de Ejecución.**

El presente estudio se realizó en la comunidad peruano de INGANO LLACTA, es una localidad ubicada en el distrito del alto napo, provincia de Maynas, departamento de Loreto, en el Perú. La descripción del área de estudio del lote 121 – SECTOR SUR tienen un área aproximada de 25 000 ha. Así, el centro base de operaciones de la compañía está ubicado en la localidad de INGANO LLACTA, que se encuentra ubicado a la margen izquierda del río Napo, a 200 km aproximadamente al noroeste de la ciudad de Iquitos y a 20 km. de la frontera con Ecuador. Se ubican 05 comunidades nativas con convenio y otras adicionales cercanas al área de influencia y 01 campamento militar del Ejército Peruano.

El área específica del estudio es el tramo del campamento INGANO LLACTA con 1,5 ha aproximadamente.

### **Accesibilidad.**

Las vías de acceso entre campamentos y comunidades, se dan por carreteras, que están en constante mantenimiento por los comuneros de las comunidades de Ingano LLacta y Aushiri . Eventualmente se tienen desplazamientos por vía fluvial, a través de los ríos que hacen posible la comunicación y transporte entre algunos campamentos a comunidades nativas y la ciudad de Iquitos. Vía aérea, a través de helicópteros. Con este fin, cada campamento del Lote cuenta con un helipuerto.

**Clima.**

Presenta temperatura bastante constantes, con promedio mensuales entre 24 y 26°C, con valores mínimos entre 18 °c y 20°C y los máximos entre 33 °c y 36°C. la humedad relativa es generalmente superior al 75%. las precipitaciones mínimas para mantener el bosque húmedo son de 1 800 mm anuales, siendo el óptimo de 2 000 mm, distribuidos regularmente durante todo el año SENAMHI (1998).

**Suelo.**

Los suelos son muy heterogéneos, pero casi todos son de origen fluvial, es decir, provienen de los sedimentos arrastrados desde los andes a través de millones de años y que han sufrido procesos de transformación, dando origen a diferentes tipos de suelo, en la que los suelos del área evaluada presentan características marcadas en cuanto a su conformación estructural en la que son típicos los suelos rojos y amarillos, asimismo son ácidos por la presencia de al y fe en altas proporciones, lo que dificulta la capacidad de intercambio cationico (cic) entre el suelo y las plantas; asimismo, presentan baja fertilidad natural (ultisoles), son profundos, medianamente drenados y con contenido de arcilla. se encuentran en los terrenos no inundables y en las terrazas antiguas. conforman el 49% de la selva baja peruana WILLIAM. L. PRITCHTT (1980)

**Ecología.**

Según la clasificación ecoregional, el área a estudiar corresponde a la selva baja, y según la clasificación por tipo de vegetación, pertenece a un bosque de colina;

asimismo, la clasificación bioclimática de la zona en mención, es conocida como bosque húmedo tropical (bht). FRANCO, (1995).

## **8.2. Materiales.**

Casco, lentes, guantes de hilo (trabajos con machete), botas con punta de acero, bolsas plásticas, carretillas, palas, machetes, martillo, tractores, etc.

## **8.3. Método.**

### **8.3.1. Tipo y Nivel de la Investigación**

El tipo es descriptivo y el nivel de la investigación es básico.

### **8.3.2. Población y Muestra**

La población fue de 25 000 ha aproximadamente el área del lote 121 – sector sur y la muestra será de 1,5 ha que corresponde en varios tramos del campamento INGANO LLACTA.

### **8.3.3. Diseño estadístico**

No se utilizó diseño estadístico.

### **8.3.4. Análisis estadístico**

Los datos registrados en la investigación de control de erosión en aéreas de producción petrolera se procesaron utilizando la estadística básica,

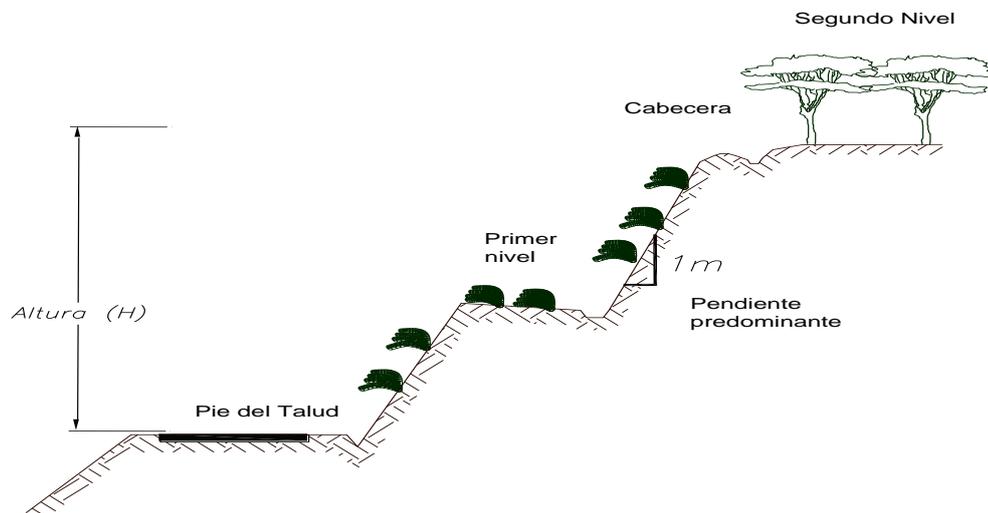
### 8.3.5. Procedimiento.

- **Evaluar la topografía (Relieve):** Donde nos muestra el grado de desarrollo que ha alcanzado durante su evolución, permitiendo medir el grado de estabilidad o inestabilidad de los suelos.

**Cuadro 2 Clasificación de Topografía**

Tipos de Superficie	Terreno o Plano	Con Ligera Pendiente	Pendiente Moderada	Pendiente Pronunciada	Pendiente Muy Pronunciada
Porcentaje de Inclinación	0%	Entre 0 – 15%	Entre 15% - 30%	Entre 30%- 45%	Mayor de 45%

- **Evaluar estabilidad de Taludes (Pendientes):** Como resultado de los procesos de construcción propios de la operación, los taludes son áreas altamente vulnerables a la erosión hídrica y sobre todo a súbitos movimientos en masa. A continuación se muestra un gráfico que contiene la nomenclatura establecida para caracterizar taludes.



**Figura 1 Esquema de Talud y su caracterización**

Donde:

- **Altura:** distancia vertical desde el pie del talud, hasta la parte superior.
- **Pie:** sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior del talud.
- **Cabeza o escarpe:** sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior del talud.
- **Pendiente:** grado de inclinación del talud; puede medirse en grados, porcentaje o en relación m/1, en donde m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

**Cuadro 3 Estabilidad de Taludes**

CARACTERISTICA	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4
Pendiente (°)	Menos de 15°	Entre 15° y 30°	Entre 30° y 60°	Mayor a 60°
Características de Erosionabilidad	Poca erosión	No desestabilizado, ni erosión severa	Desestabilizado o erosión severa	Inestable y erosión severa
Limitaciones geotécnicas	Baja	Moderada	Alta	Extrema

### 1. Estructuras de Contención y Estabilización

#### • Berma de Coronación – Barrera de Coronación

##### **Bermas De Primera Categoría B1**

Son aquellas que generan un canal de drenaje según una línea de nivel; su construcción resuelve el problema en los trabajos de movimiento de suelos, que es el drenaje.

##### **Bermas de Segunda Categoría B2**

Es necesario realizarlas para mejorar la estabilidad del talud y reducir el área de aporte del corte hecho en el terreno. Se ubican en general sobre niveles superiores al de la pista.

## **2. Trincheras**

Son elementos de retención de suelos que se construyen para contener volúmenes de suelo orgánico o inorgánico que se corta o extrae para la construcción de una vía.

### **Trincheras tipo A**

Tiene una altura mínima de paramento vertical de 1.50 m y una altura máxima de 1,80 m. Está conformada por postes de diámetro mínimo de 12 cm. La altura de los postes debe ser de 2,3 m. Los postes se clavan al menos 0,8 m en el suelo; la separación entre los postes es de 2 m. El paramento vertical se construye con tablas de 20 a 40cm de ancho por 1 a 2" de espesor. Para evitar el derramamiento de suelo por la separación entre tablas se coloca geotextil.

### **Trincheras tipo A con malla de Doble Torsión**

Se emplea malla de doble torsión de abertura 6x8 y diámetro de alambre 2,2 mm. Se completa con geotextil debidamente anclado en su parte inferior. Luego se procede al llenado de la misma con excavadoras en la etapa inicial, completándolo con material de corte realizado con el tractor.

### **Trincheras tipo B**

Es similar a las Trincheras Tipo A, con la diferencia que éstas tienen una altura mínima de paramento vertical de 1.20 m y una altura máxima de 1.50 m.

#### **Trinchera tipo B con mallas de Doble Torsión**

Similar a las Trincheras Tipo A con malla de doble torsión, con la diferencia en que la altura mínima del paramento vertical es como máximo 1.50 m.

#### **Trinchera Tipo C**

Similar a las trincheras Tipo A y B, con la diferencia de que el paramento vertical tiene como máximo 1.00 m de alto.

#### **Trinchera Tipo D**

Sirven para conformar los Depósitos de Suelo Disponible (DSD) que pueden ser de suelo orgánico o inorgánico. Se ejecuta un acordonamiento del material sobrante del desmonte y se coloca geotextil para evitar la migración de las porciones más finas del top soil.

### **3. Barreras Vivas**

Son estructuras de contención y estabilización, cuya materia prima se basa únicamente en material vegetal. Puede ser un Bulto de ramas o Palo a pique.

### **4. Muros de Contención**

- **Muros de Gravedad**

Su peso contrarresta el empuje del terreno. Los muros de gravedad pueden clasificarse en muros de hormigón en masa, muros de mampostería seca y muros de escollera.

- **Muros de Gaviones**

Substituyen a los de escollera cuando no hay disponibilidad de grandes rocas. Se pueden realizar mediante bloques de hormigón previamente fabricados.

- **Muros Estructurales**

Presentan ligeros movimientos de flexión, dado que el cuerpo trabaja como un voladizo vertical y su espesor aumenta rápidamente con el incremento de la altura del muro.

- **Muro Reforzado con Malla Metálica de Doble Torsión**

Se usa para la estabilización de laderas. Se compacta el suelo, luego se despliegan las mallas de alambre galvanizado protegido con geotextil.

- **Suelo (Estructura y Textura):**

### **La Textura del Suelo**

Es la relación existente entre los contenidos de las diferentes fracciones granulométricas que constituyen el suelo. Los suelos se agrupan en tres clases texturales que son: las arenas, los limos y las arcillas, y se utiliza una combinación de estos nombres para indicar los grados intermedios.

- **Uso anterior del suelo:** Es el proceso por medio del cual se producen modificaciones en el paisaje natural o la geomorfología existente del sitio por actividades antrópicas.
- **Drenaje Superficial:** El objetivo es reconstituir los planos de drenaje original, evitar en lo posible la concentración de caudales y minimizar el recorrido del agua en la vía.

**a) Drenaje Lineal**

Constituido por un único canal de drenaje o colector principal, que se desarrolla y extiende en toda la superficie del sitio. Este sistema está acompañado por canales transversales (cortacorrientes) para recolectar los flujos de agua superficial.

**b) Drenaje en Red**

Se materializa con la existencia de dos a más colectores principales ubicados de tal forma que permitan colectar los flujos hídricos en toda la extensión del sitio y en ambos recorridos (longitudinal y transversal).

**Estructuras de Drenaje**

- **Canales de Drenaje**

Son estructuras de captación, drenaje y conducción de los flujos de aguas de escorrentía.

- **Estructuras de Amortiguamiento y Estructuras de Corte de Flujo Superficial - Tipos**

Son aquellas estructuras con la finalidad de cumplir funciones de reducción de velocidad del flujo superficial a través de cambios en la pendiente permitan la reducción del salto hidráulico:

- Canales Transversales
- Estructuras de Corte de Flujo Superficial (Cortacorrientes de Madera)
- Saltos en Talud
- **Estructuras de Descarga Final - Tipo**
  - **Bulto de Ramas**

Debe encontrarse siempre presente en el pie del talud o en las descargas, ya que retiene los sedimentos y disminuye el impacto del agua sobre el terreno natural.
- **Estructuras de Reducción de Salto Hidráulico**
  - **Salto Topográfico con Continuidad**

Se trata de pequeños saltos materializados en suelo, que se realizan si en las salidas existiera una diferencia de nivel y ha sido necesario concentrar el desagüe.
  - **Salto Topográfico sin Continuidad**

Pueden existir estructuras para saltos mayores, que se presentan cuando no existe lugar para una sucesión de saltos. Puede realizarse con madera del lugar.
- **Trinchera Canal**

Sirve como elemento de desagüe de los sectores donde existe un desnivel menor a 1 m y una estructura que dirija sus aguas hacia la misma.

- **Acueducto**

Evacuan escorrentías producidas por las lluvias, hasta lograr revegetar y recuperar la configuración natural alterada por las construcciones, evitándose la formación de cárcavas. Las cajas de paso o cambio de dirección sirven para acumular sedimentos y dar peso de anclaje y transmisión de esfuerzos al terreno. Se deben cavar, para fundarlas en lo posible en el terreno o colocarlas antes de hacer movimientos de suelo que puedan dejar material suelto sobre el talud.

## **Metodologías de Control en Escenarios Típicos**

### **1. Caminos de Acceso**

#### **1.1. Caminos de Acceso Definitivo - Drenaje**

Son aquellos que dan acceso permanente a instalaciones como son: campamentos, refinерías, complejos petroquímicos, plantas de almacenamiento y distribución, baterías, entre otros.

### **Causas de Erosión**

Los taludes de corte natural, han sido transformados a taludes inestables de pendientes escarpadas con procesos de deslizamientos y pérdidas de suelo.

### **Criterios de Diseño**

- **Tratamiento de Aguas Superficiales**

La red de drenajes debe estar diseñada para evitar, en lo posible, la concentración de caudales y minimizar el recorrido del agua en la vía.

### **Diseño de los Canales Longitudinales desde el Punto de Vista del Control de Erosión**

Los desagües de la traza se materializan mediante canales longitudinales (C.L), que acompañan el sentido de avance de la vía, y canales transversales (CT) que atraviesan a la misma. Los canales longitudinales acompañan en general el perfil de la vía.

### **Diseño de los Canales Transversales**

Son las estructuras encargadas de captar las aguas que provienen de los canales longitudinales (cunetas) y toda la cantidad de descarga que cruce el acceso. Entre ellos tenemos:

- **Alcantarillas**

Son ductos que permiten el paso del agua de un lado a otro de la vía.

Las recomendaciones técnicas son las siguientes:

- Para determinar el diámetro y forma de alcantarillas, se calcula el área hidráulica.

- El agua que entra por el tubo debe salir en forma fluida.
- La pendiente de la tubería deberá ser del 2 a 3 %.
- La selección del tipo de alcantarillado es directamente proporcional a la magnitud e importancia de la obra.
- La colocación de las alcantarillas corrugadas se inicia con la compactación de los lados.
- Cuando la forma del cauce se ajusta a la dirección de la alcantarilla, es suficiente con la construcción de aleros o muros de cabeza para encauzar el agua.

- **Badenes**

Estas son obras de drenaje transversal. Estas obras dependen de las características de la carretera, de la morfología de los cauces y de la evaluación de los daños que puede ocasionar la concentración del flujo.

## **1.2. Caminos de Acceso Temporal – Cierre**

Son los que dan acceso a instalaciones especiales y cuyo uso estará limitado a un período de tiempo definido.

### **Causas de Erosión**

El principal problema observado es el sobredimensionamiento del ancho de la calzada o vía y el talado tradicional, con volteo de árboles fuera del Derecho de Vía. En aperturas tradicionales a su vez, no se recupera el suelo orgánico (top soil) o inorgánico, lo que produce deslizamientos de suelos.

### **Pautas de Diseño**

- **Reconstrucción de la Red de Drenajes**

El objetivo de la red de drenajes es reconstituir los planos de drenaje originales, evitar en lo posible la concentración de caudales y minimizar el recorrido del agua en el camino abierto. El agua recolectada deberá ser evacuada siempre a sectores estables. El tipo de canal transversal a aplicar y la separación entre los mismos dependerá de la pendiente longitudinal del terreno.

**Cuadro 4 Parámetros para construcción de canales transversales**

Suelo Medición %	Pendiente del camino						
	2%	4%	10%	15%	20%	25%	30%
Distancia entre badenes (m)	30	25	20	18	15	8	6
F (m)	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
H (m)	0,30	0,40	0,50	0,60	0,75	0,85	0,95
L (m)	2,50	2,50	3,00	3,00	3,50	4,50	5,00

- **Recubrimiento con Suelo Orgánico (Top soil)**

Terminada la reconstrucción parcial o total de la topografía preexistente, se recurre al recubrimiento de la superficie con top soil o suelo orgánico en forma proporcional al área.

- **Recubrimiento con Material Vegetal**

Posteriormente, se procede a recubrir el mismo con la totalidad del material sobrante del desbroce, tocones y troncos sobrantes que se encuentran en el perímetro de los DSD.

- **Acueductos**

En sectores inestables o de fuertes pendientes donde se requiera ejecutar desagües, se debe recurrir al uso de rápidas revestidas o acueductos de madera.

- **Obras de Protección en Drenajes y Quebradas**

- Se debe minimizar el aporte de sedimentos.
- Se debe minimizar la ocurrencia de procesos erosivos sobre las quebradas.
- El constructor debe diseñar y construir para cada tipo de quebradas, obras de acondicionamiento para dar estabilidad durante la construcción y a posteriori.
- Los pies de los taludes de encuentro de la vía con el curso de agua irán siempre protegidos mediante estructuras de contención que garanticen la estabilidad de la orilla intervenida.
- Se considerarán tres tipos de quebradas: menores, medias y mayores.
- En las quebradas menores, se realizan construcciones tipo badén, pudiendo reemplazar las construcciones tradicionales de gaviones por madera u otras estructuras equivalentes.
- Las quebradas medias, corresponden al cruce mediante alcantarillas metálicas de diámetros mayores a 1.20 m, no se admiten diámetros menores.

- Las quebradas mayores, son aquellas que por sus dimensiones corresponde dimensionar un puente o solución acorde, cuya estructura de descarga será un reticulado metálico y su tablero puede ser hecho de madera recuperada del desbosque.

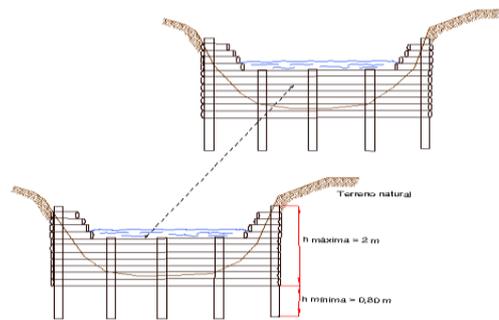
## **2. Tratamiento de Cárcavas**

Se trata de una erosión muy intensa, que disecta profundamente al suelo. La erosión en surcos, no corregida, suele ser el inicio de una cárcava. Las causas principales son:

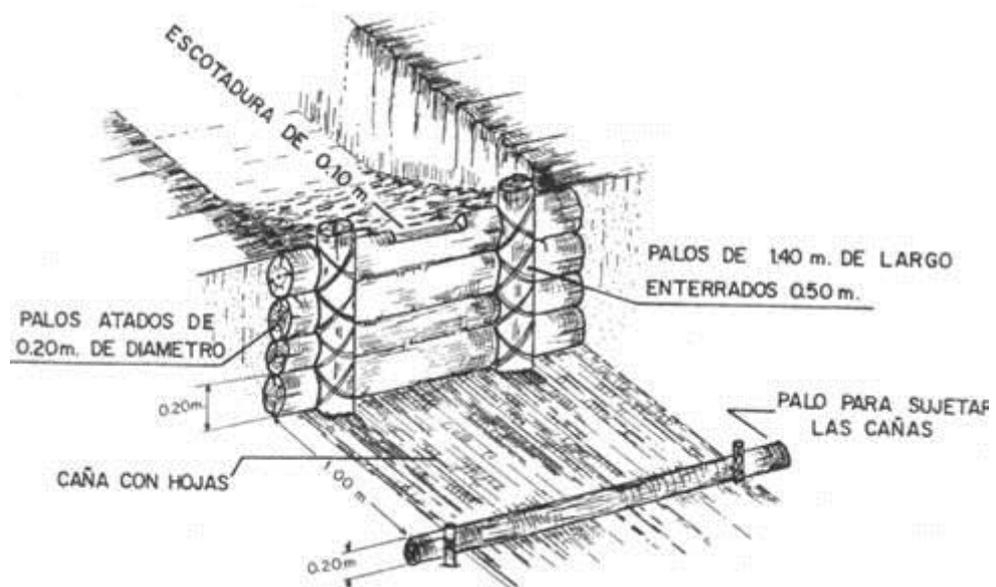
- Cambios en el uso del suelo: la deforestación, la tala de una cuenca forestal densa.
- Unión de dos o más cauces.
- Carreteras trazadas por lugares no recomendables geológicamente.
- La desprotección de desagües naturales.
- Construcción de carreteras sin cunetas ni cajas colectoras de aguas de escorrentía.
- Ausencia de mantenimiento periódico de cunetas y cajas colectoras de aguas de escorrentía.
- Socavamientos y saturación de las laderas.
- Saturación del terreno debida a la presencia de aguas sub superficiales naturales.
- Siembras de especies vegetales en dirección de la pendiente.

### **Criterios de diseño para control de cárcavas menores**

Las cárcavas se rehabilitan y estabilizan mediante presas construidas con piedras, ramas y postes del lugar. La distancia entre presas variará con la pendiente y se usan generalmente en pendiente suaves; la primera presa se emplaza de manera tal que el coronamiento o extremo superior de la valla o empalizada coincida con la cabecera de la cárcava.



**Figura 2 Cárcavas menores**



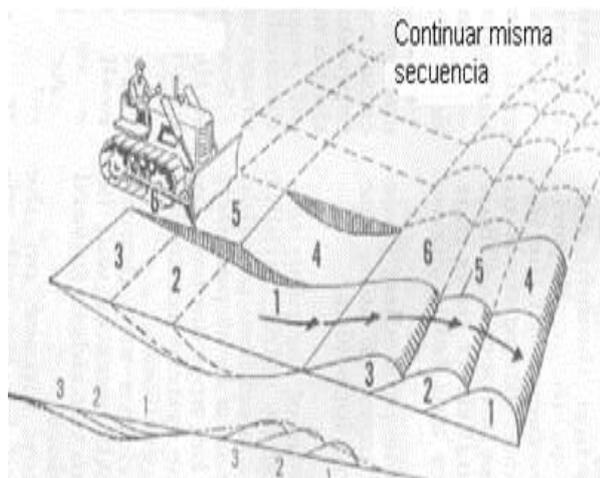
**Figura 3 Trampa de sedimentos para cárcavas menores y de fuertes pendientes**

### **Criterios de Diseño Para Control de Cárcavas Menores**

Se recomienda la suavización de los taludes; se marcan los límites del canal y luego se ara desde la orilla de la cárcava hacia el centro, transportando la tierra hasta obtener la forma parabólica deseada, que permita atravesarla con las maquinarias (observar las Figuras 4 y 5).



**Figura 4 Suavización de Taludes de Cárcavas con Maquinaria**



## Figura 5 Secuencia en la Suavización de Cárcavas

### 3. Tratamiento de Estabilización en Taludes

#### Causas de Erosión

- ⊕ Talud muy empinado por corte o relleno,
- ⊕ Exceso de presión de poros por niveles freáticos altos o interrupción de la trayectoria de drenaje,
- ⊕ Socavación debido a la erosión de agua superficial y pérdida de resistencia con el tiempo,
- ⊕ La concentración de aguas de escorrentía que fluyen por un mismo sitio,
- ⊕ Trazos de caminos por sitios no recomendables geológicamente,
- ⊕ Presencia de aguas sub superficiales que saturan el terreno y propician movimientos de flujos,
- ⊕ Ausencia de cunetas en las carreteras o a la construcción de cunetas sin revestimiento,
- ⊕ Falta de mantenimiento de cunetas y cajas colectoras de aguas de escorrentía,
- ⊕ El grado y longitud de la pendiente desde planas hasta muy escarpadas (mayores del 75%).

#### Pautas de Diseño

- a. Diseño de la forma del talud, pendientes, bermas, etc.
- b. Diseño de las obras de manejo de aguas de escorrentía.
- c. Diseño de las obras de protección de la superficie del terreno (Bioingeniería o recubrimientos).

d. Diseño de las obras de control geotécnico (Sub drenajes, muros y otros sistemas de estabilización).

**Cuadro 5 Pendientes típicas para taludes de corte**

<b>Suelo</b>	<b>Altura - Talud</b>	<b>Pendiente</b>
Roca dura		1:0,3 a 1:0,8
Roca blanda		1:0,5 a 1:1,2
Arena mal gradada		1:1,5
Suelo arenoso denso	inf. a 5 m	1:0,8 a 1:1,0
	5-10 m	1:1,0 a 1:1,2
*Suelo arenoso poco denso	inf. a 5 m	1:1,0 a 1:1,2
	5-10 m	1:1,2 a 1:1,5
Arena con grava y cantos densa	inf. a 10 m	1:0,8 a 1:1,0
	10-15 m	1:1,0 a 1:1,2
Arena con grava y cantos no densa	inf. a 10 m	1:1,0 a 1:1,2
	10-15 m	1:1,2 a 1:1,5
*Suelo cohesivo	0-10	1:0,8 a 1:1,2
*Suelo cohesivo con cantos	inf. a 5 m	1:1,0 a 1:1,2
	5-10 m	1:1,2 a 1:1,5

\* *Suelos típicos de las zonas evaluadas.*

#### Bermas Intermedias

Se debe construir bermas intermedias en los sitios de cambio de pendiente y en los sitios donde se requiera para garantizar un factor de seguridad adecuado contra deslizamiento.

### Bermas para el Manejo de Aguas de Escorrentía y Control de Erosión

Estas bermas generalmente tienen un ancho de 1 a 2 metros y se colocan a diferencias de altura entre 5 y 10 metros, dependiendo de la calidad de los suelos y coincidiendo con sitios de cambio de pendiente del talud.

### Canales Desviadores del Flujo Arriba del Talud

Se construyen arriba del corte de la vía o estructura, con el objeto de desviar completamente la escorrentía y alejarla lo más posible de la estructura o talud.

### Diques en la Corona del talud

Estas obras consisten en montículos de tierra o pantallas que se colocaron en la parte superior del talud con el objeto impedir el paso de la escorrentía hacia la superficie del talud.

### ○ **Métodos de Estabilización de Taludes y Deslizamientos**

Es un conjunto de técnicas estructurales y vegetativas, utilizadas con la finalidad de generar condiciones óptimas para la rehabilitación ambiental.

#### ▪ **Técnicas Vegetativas - Bioingeniería**

##### Siembra Manual

Consiste en la siembra de cultivos de manera manual, no mecánica, que permite la mínima intervención en el sitio y a su vez se utiliza mano de obra local.

### Hidrosiembra

El proceso consiste en esparcir bajo presión una mezcla de agua, semillas, fertilizante, pegamento y abono de pulpa de madera (mulch), que queda adherida a la superficie.

- **Mantas Para el Control de Erosión – Biomantas y Geomantas**

Son diseñadas para una serie específica de aplicaciones de control de erosión y revegetación, desde taludes severos que requieren protección contra la erosión hasta canales de alta velocidad. Los trabajos que se pueden realizar con estas mantas son:

- ⊕ Revestimiento de taludes erosionados
- ⊕ Revestimiento de canales
- ⊕ Control de erosión en quebradas
- ⊕ Revegetación

- **Biomantas o Mantas Biodegradables**

Son esterillas fabricadas de fibra de coco y otros elementos orgánicos, capaces de formar una excelente protección contra la erosión en taludes suaves y base vegetal existente.

- **Geomantas o Geosintéticos**

Son productos fabricados con polipropileno, nylon, poliéster y polietileno. Los geosintéticos se fabrican en rollos, que se desenrollan para extenderlos en la superficie.

- **Geomallas o Geogrillas**

Son mallas plásticas con orificios de gran tamaño, los cuales se utilizan comúnmente como refuerzo de suelo y como separadores entre capas de materiales gruesos. Las aplicaciones más importantes de las geomallas son las siguientes:

- Para constituir una plataforma de zonas de acceso.
- Para la estabilidad de terraplenes construidos sobre suelos blandos.
- Para la estabilidad de taludes altos y empinados.
- Para el refuerzo de bases granulares de vías pavimentadas y no pavimentadas.
- Para la construcción de muros de suelo reforzado.

- **Geoceldas**

Son estructuras en forma de panal que se abre como acordeón, creando una serie de celdas interconectadas. Una vez expandidos a su máxima extensión y rellenos con suelo (o grava), la estructura se vuelve inextensible y de comportamiento compacto.

- **Red de Malla Hexagonal de Doble Torsión**

Son sistemas dinámicos de protección, compuesto por rollos de malla hexagonal de doble torsión.

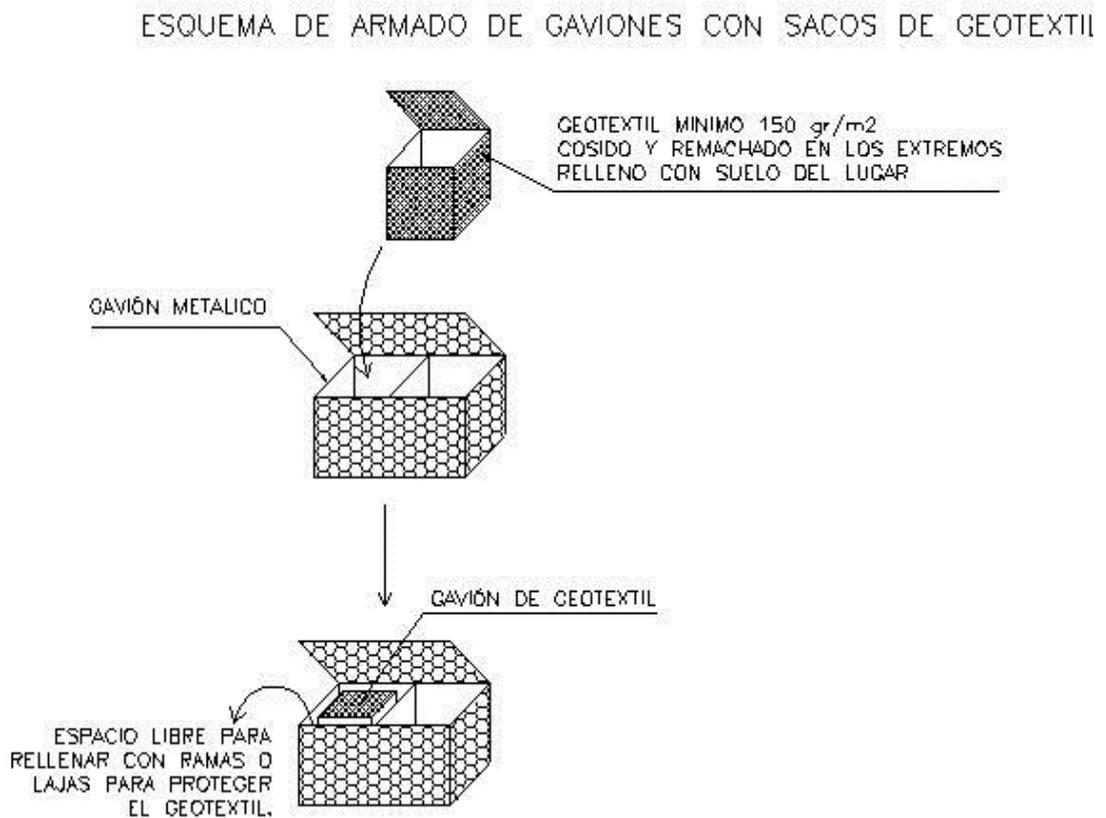
- **Barreras Dinámicas de Protección**

Absorbe la energía de un objeto en movimiento trasnacional y/o rotacional.

- **Sistema de Estabilización de Taludes**

Fijan los taludes de roca inestable. Su estructura tridimensional ofrece una buena capacidad de adherencia con el suelo.

○ **Técnicas Estructurales**



**Figura 6 Esquema de armado de gaviones con sacos de geotextil**

Aplicaciones: Obras de control de erosión, Conservación de suelos, Defensas ribereñas, Muros de encauzamiento, Muros de contención, Diques transversales, Badenes, Revestimiento de Canales, Revestimiento de taludes, Protección de tomas, Protección de estribos de puentes.

#### 4. Zonas Afectadas a Instalaciones Definitivas

##### ○ **Locaciones, Plataformas**

La totalidad de los canales que se construyen de manera temporal o definitiva deberán tener un talud 1V:2H.

##### ● **Desmante Para Locaciones Nuevas**

##### ▪ ***Acopio de materiales en préstamo disponible (DSD)***

Previo al desmante para la ejecución de trabajos, se eligieron adecuadamente los lugares para depositar el material del corte. Parte de ese suelo orgánico se utilizó de inmediato en revestir los taludes para revegetar.

##### ▪ ***Colocación del desmante de manera distribuida alrededor de la locación***

Existió un cierre perimetral con la finalidad de aprovechar en lo posible la mayor cantidad de recursos naturales disponibles en un área intervenida.

##### ▪ ***Estabilización de materiales sueltos sobre taludes***

Es fundamental que los taludes sean expuestos a la erosión el mínimo tiempo necesario, por lo que se proponen a continuación técnicas para la protección de taludes:

- Bulto De Ramas

En locaciones existentes con taludes sueltos que no presentan cárcavas muy marcadas.

- Palo a Pique

El palo a pique permite trabajar en taludes casi verticales.

- Biomantas

Cubre el suelo de tal manera que los elementos estabilizadores se encuentran entre el suelo y la manta.

- Trincheras De Gran Porte/ Trinchera De Sacrificio

Son estructuras para realizar contenciones en líneas de nivel a los efectos de lograr estabilizar taludes sueltos.

- Tubos de Geotextil

Se construyen en el lugar usando top soil. Logran reverdecer la superficie y ante un deslizamiento se mantiene la vegetación y el suelo encerrado por el geotextil.

## **5. Zonas afectadas a extracción de material**

Los materiales de préstamo no deben extraerse de zonas que no estén habilitadas para tal fin. Cuando se trate de una Cantera, se deben realizar estudios de potencia de la cantera (apertura de calicatas).

### **○ Áreas de Préstamo**

En las áreas disturbadas, conforme avanza la extracción de materiales, se fue aplicando la restauración en las áreas ya explotadas.

### **○ Canteras propiamente dichas**

El método de explotación de canteras comúnmente utilizado es a “tajo abierto”, mediante el empleo de maquinarias como tractor, cargador frontal o excavador y volquetes; se consideran:

- **Retiro de vegetación y manejo del suelo**

- La deforestación se realizó en los sectores habilitados para la explotación y en forma progresiva.
- La vegetación existente en el interior de la cantera, se retiró para la explotación de las canteras y dispuesta en Depósitos de Suelos Disponible autorizados.
- Previo a la extracción, se marcó y se trazó los caminos de acceso.
- La capa superficial, de espesor variable (entre 20 y 40 cm), se acopió en forma separada y dispuestos en lugares adecuados (DSD).

- **Explotación**

- La explotación de la cantera se realizó hasta una profundidad máxima de 01 m por debajo del material no explotable (suelo orgánico).
- Se construyeron estructuras de contención que impidan su lavado y arrastre hacia zonas no intervenidas.
- Cuando las canteras presenten cortes de gran altura, se aplicó el sistema de terrazas.
- Se colocaron bermas perimetrales para evitar la pérdida del material explotable.
- La extracción del material se realizó de arriba hacia abajo, evitando deslizamientos.

- **Sistema de Drenaje**

- Se estableció un sistema de drenaje que permitió reducir las presiones del agua superficial y agua subterránea.

- **Plan de Cierre o Abandono**

- Se realizó la evaluación parcial de “cierres parciales de áreas”, que implicaría avanzar con el proceso de reacondicionamiento del área, de forma paulatina, progresiva y preventiva.
- Se consideró un plan de cierre con las metodologías de recomposición tanto a nivel como de cobertura vegetal.
- Para el tratamiento de erosión en surcos se tomó en cuenta estructuras de contención como trincheras, barreras y otros métodos que permitan minimizar al máximo el impacto.
- Todo movimiento de tierra de los taludes, fue necesario perfilado con la finalidad de adecuar la morfología del entorno circundante y evitar posteriores deslizamientos y erosiones.
- Si el suelo orgánico y materiales de desbroce son insuficientes para cubrir toda el área, se consideró la incorporación de enmiendas orgánicas en la etapa de cierre.
- La revegetación se dará inicio con especies herbáceas que cubrirán el terreno en un corto plazo, luego se implantarán especies arbustivas y forestales adaptables al entorno.

- **Manejo de suelos**

- **Depósitos de suelo disponible (DSD)**

Durante la etapa de explotación, se produce material de desecho a consecuencia del movimiento de suelos; parte de este material se uso como material de relleno durante la etapa de restauración ambiental. Este material se almaceno en los DSD y luego se traslado a las zonas que se consideren convenientes para su uso como material de relleno.

- **Selección y aprobación del DSD**

Los depósitos de suelo disponibles (DSD) se ubico sobre suelos pobres, con poca o escasa cobertura vegetal, evitando zonas inestables o áreas de alta importancia ambiental.

- **Desbosque del área designada para la construcción del DSD**

- **Conformación del DSD**

- El top soil de destape del depósito se acordona junto con las ramas y troncos menores en el perímetro del mismo que fue usado como recubrimiento.
- Deben instalarse en las márgenes del DSD, barreras de protección/contención para el control de sedimentos.
- El suelo excedente debe ser dispuesto en el centro del depósito.
- La evacuación del material se realizo en un extremo a otro del sitio.
- Una vez colocado el material de excavación en el depósito, este fue compactado.

- Con el fin de disminuir las infiltraciones de agua en el DSD, se debe compactar las dos últimas capas anteriores a la superficie definitiva.
- Los materiales de corte (top soil y materiales residuales del desbroce y desbosque), se dispuso por separado en las márgenes del camino para su posterior uso.
  
- **Conformación del Talud**
  - Los taludes de los Depósitos se formo desde las zonas de cotas menores con pendientes en función al tipo de suelo.
  - Los taludes que tienen una altura mayor de 2 m, deben ser perfilados para suavizar la topografía y evitar deslizamientos.
  - Para la estabilidad del talud, se coloco al pie una franja de sostenimiento de madera.
  
- **Control de Erosión y Drenaje.**
  - Los DSD se conto con un sistema de drenaje a fin de estabilizar dichos materiales.
  - Se tuvo un sistema de drenaje (en el perímetro del depósito) que evacuará las aguas de lluvia hacia los drenajes naturales existentes.
  
- **Revegetación en aéreas de préstamo y canteras**
  - Para el nivelado y peinado de la superficie a revegetar, se deberán construir banquetas escalonadas o suavizar la pendiente, con una inclinación estable no mayor de 45%.

- Las áreas de disposición de materiales excedentes, previo a los trabajos de revegetación, las superficies serán niveladas y los taludes de relleno estabilizados.
- Los hoyos tienen las siguientes dimensiones: En topografía plana: profundidad 60 cm y ancho 40 cm en Topografía inclinada: profundidad: 80 cm., ancho: 40 cm en las zonas planas de depósitos de materiales excedentes, 80 cm de profundidad. En pendientes de los depósitos de materiales excedentes son recomendables 100 cm de profundidad.

## IX. RESULTADOS

### Determinación del control de erosión.

Se controla la erosión en el área del lote 121 – sector sur del río Napo con 1.5 ha aproximadamente que corresponde en varios tramos del campamento INGANO LLACTA.

### Técnicas y metodologías para el tratamiento de escenarios típicos.



Foto 1. Construcción de trincheras de madera, tipo A de 1,50 m de alto x 15 m de ancho. (22,5 m<sup>2</sup>)



Foto 2. Construcción de una trinchera de malla de metal tipo A de 1,50 m de alto x 15 m de ancho. (22,5 m<sup>2</sup>)



Foto 3. Construcción de una trinchera de malla tipo A de metal de 1,50 m de alto x 15 m de ancho. Con doble torsión. (22,5 m<sup>2</sup>)



Foto 4. Construcción de una trinchera de madera tipo B de metal de 1,50 m de alto x 15 m de ancho. (22,5 m<sup>2</sup>)

### Trinchera Tipo C



Foto 5. Construcción de una trinchera de madera tipo C de metal de 1,50 m de alto x 150 m de ancho. (22,5 m<sup>2</sup>)

### Trinchera Tipo D



Foto 6. Trinchera de Bulto de ramas en DSD. 1,50 m de alto x 150 m de ancho. (22,5 m<sup>2</sup>)



Foto 7. Trinchera de Bulto de ramas en DSD. 1,50 m de alto x 150 m de ancho. (22,5 m<sup>2</sup>)



Foto 8 Muros de gaviones de piedra. 4,5 m x 50 m (225 m<sup>2</sup>)



Foto 9. Muro de gaviones de suelo 5 m x 80 m (400 m<sup>2</sup>)



Foto 10. Canales revestidos con biomanta. 0,25 m x 50 m (1,25 m<sup>2</sup>)



Foto 11. Estructuras de drenaje tipo saltos. 4,5 x 20 m (90 m<sup>2</sup>)



Foto 12. Estructuras de drenaje tipo saltos



Foto 13. Estructura de descarga Trinchera canal. 10 m x 1,5 (15 m<sup>2</sup>)



Foto 14. Estructura de descarga 0,5 m x 20 m (10 m<sup>2</sup>)



Foto15. Caminos temporales. 5 m x 50 m (250 m<sup>2</sup>)



Foto 16. Cuadrilla en plena labor de reforestación.



Foto 17. Revegetación en talud con vitáceas



Foto 18. Revegetación en talud con especies maderables y frutales



Foto 19. Estado actual del trabajo revegetación después del control de la erosión aplicando las técnicas utilizadas.



Foto 20. Estado actual del trabajo revegetación después del control de la erosión aplicando las técnicas utilizadas, utilizando especies de fabáceas para fertilizar el suelo

## **X, DISCUSIONES**

El control de erosión en áreas de producción petrolera con procesos de evaluación de metodologías de control en el lote 121 sector sur en la zona del río Napo Loreto - Perú,

Después del trabajo realizado en controlar la erosión con las técnicas utilizadas, se recuperó el suelo degradado dejando una vegetación análoga, este trabajo tiene mucha importancia por cuanto se aplicó las recomendaciones de la oficina reguladora y supervisora en temas ambientales, donde se dan los lineamientos básicos principales para complementar los trabajos propios de la extracción petrolera, con los trabajos del orden ambiental, en la que se identifican puntos deforestados y luego se procede a realizar un levantamiento topográfico, con la finalidad de determinar el área total de a trabajar en el control de la erosión y la revegetación y su posterior intervención como sitios (CER) o Control de la Erosión y Revegetación.

El control de erosión en áreas de producción petrolera con procesos de evaluación de metodologías de control en el lote 121 sector sur en la zona del río Napo Loreto - Perú, fue una alternativa donde se aplicó técnicamente a los sitios CER con la finalidad de favorecer la recuperación de la zona.

Luego se hizo el trabajo de revegetación en sí, donde se sembró diversas especies vegetales con régimen herbáceo, arbustivo, arbóreo, palmeras y en la que se integraron dinámicamente a áreas degradadas para cumplir sus funciones principales de estabilización, de cobertura vegetal.

## XI. CONCLUSIONES.

1. Se controló la erosión de la zona intervenida por las actividades de extracción petrolera aproximadamente 1,5 ha, en el lote 121 sector sur en la zona del río Napo Loreto - Perú. Con relieves de 15 a 20% y se hizo las estabilizaciones de los taludes con pendientes moderadas entre 15 a 30%
2. Se utilizó en cuanto a las estructuras de contención y estabilización las barreras de coronación para los taludes
3. Se realizaron trabajos de control de erosión con trincheras del tipo A, B, C y D para la retención de suelos que se construyen para contener volúmenes de suelo orgánico e inorgánico que se corta o extrae para la construcción de una vía.
4. Se realizaron trabajos de control de erosión de los suelos con trincheras de bulto en DSD, y muros de gaviones de piedras.
5. Se realizaron trabajos de canales revestidos con biomanta y estructuras de drenaje tipos saltos y estructuras de descarga trinchera canal.
6. Se realizaron caminos temporales.
7. Finalmente para completar el trabajo de control de erosión se realizó el trabajo de revegetación.
8. Se controló el suelo de la erosión en trece zonas diferentes haciendo un total de 1 148,75 m<sup>2</sup> (1,49 ha ) aproximadamente con la metodología aplicada.

## **XII. RECOMENDACIONES.**

1. Seguir haciendo este tipo de trabajos de control de erosión utilizando este método y asegurar que la zona intervenida quede como ha sido antes.
2. Seguir realizando enriquecimiento de suelos respetando las normas ambientales,
3. Realizar monitoreo permanente de las zonas trabajadas con este método de recuperación de aéreas degradadas por la actividad petrolera.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, D. T. 2007. Descontaminación de suelos con petróleo crudo mediante microorganismos autóctonos y pasto alemán. 145 p.
- ANDERSON, L. (1950). Basis of site clasification for conditions Foundain Graat Britisen and treland. The selection of Trees Species. Edinburg, 105 p.
- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. 1996. Ecology. Individuals, populations and comunities. 3rd Edition. Blackwell Scientific Publications.
- CATINOT, R. (1969). Le échaires dans les peuplements artificiels de foret dense Africaine, Principes de bas et app'lication aux peuplements artificiels d'okoume. BET .126 p.
- DONOSO, C. 1981. Ecología Forestal: el bosque y su medio Ambiente. Ediciones Universitaria S.A. Universidad Austral de Chile.369 p.
- Ferrera-Cerrato R, Rojas-Avelizapa NG, Poggi-Varaldo HM, Alarcón A, Cañizares-Villanueva R.O. 2006. Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. 95 p.
- FRANCO, J. 1995. Manual de ecología. Editorial Trillas. Tercera reimpresión 266 p.
- Orta, M; M. 2007. Etnocartografia de impactos de la actividad petrolera en el río Corrientes.Conflictos petroleros en la Amazonía Peruana el territorio Achuar Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals Universitat Autònoma de Barcelona. Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales. Trabajo de investigación de 12 créditos del Diploma de Estudios Avanzados en Economía Ecológica y Gestión Ambiental. Barcelona. España. 137 p.

PLUSPETROL NORTE S.A. LOTE 8. 2008. Plan Ambiental Complementario  
Remediación de suelos contaminados por Hidrocarburos. Informe Técnico  
Final. Pavayacu. Plataforma 130 Sitio 1. 347 p.

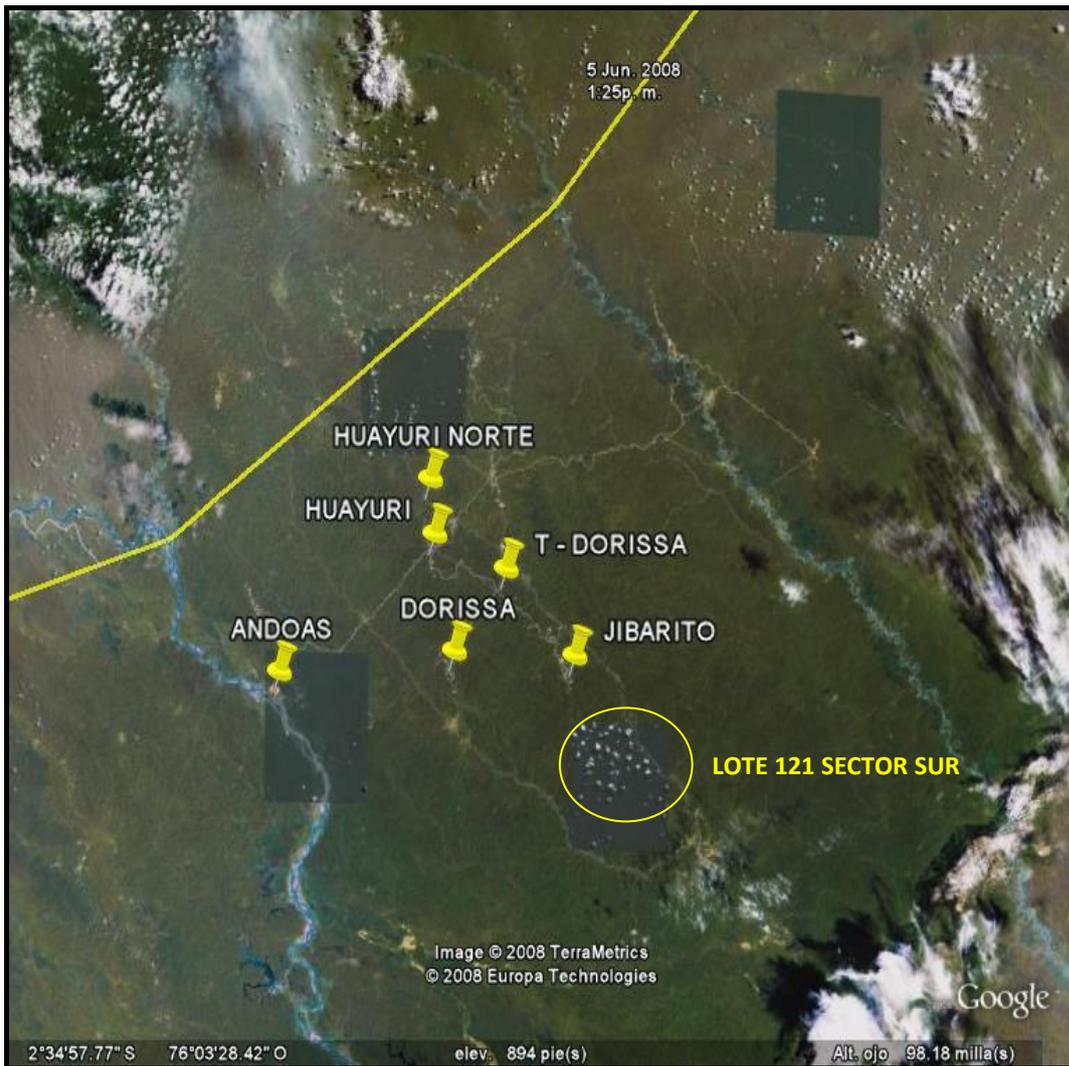
WILLIAM. L. PRITCHTT. (1980) Suelos Forestales. Propiedades, Conservación y  
Mejoramiento. Editorial Limusa. México. 634.p.

**ANEXO**





**Figura 8 Base de Ingano LLacta**



**Figura 9 Imagen de satélite de la zona de estudio**