

V. CONCEPTOS BASICOS SOBRE APROVECHAMIENTO Y TRANSPORTE FORESTAL.

5.1 Definiciones .

Líneas de arrastre : Trocha seguida para mover las trozas desde el tocón hasta un punto terminal, para continuar el transporte por otro sistema.

Línea de transporte :Vías para transportar madera desde el punto terminal de arrastre hasta las plantas procesadoras. En el trópico estas líneas se refieren fundamentalmente a caminos, ríos o canales.

Operación terminal : Es aquella actividad dentro de la cadena del transporte forestal cuyos costos por unidad de volumen son independiente de la distancia de transporte, p.e, apeo, desrame, troceo, descortésado, carga y descarga.

Bloque : Area unitaria de aprovechamiento cuya madera se concentra en un solo patio terminal. Los bloques pueden tener forma cuadrada, rectangular, o semicircular, Fig. 1.

Transporte menor o arrastre : Traslado de las trozas desde el tocón hasta una línea de transporte (camino, río, o canal). El arrastre se hace a distancias cortas y puede ser manual, con animales o mecanizado.

Transporte mayor : Traslado de las trozas desde el sitio donde termina el transporte menor hasta las plantas procesadora. El transporte mayor se hace a distancias largas y es mecanizado

Distancia promedio de arrastre : Es el trayecto medio de arrastre entre el límite del bloque y el patio terminal, cuya posible ubicación se presenta en la Fig. 1

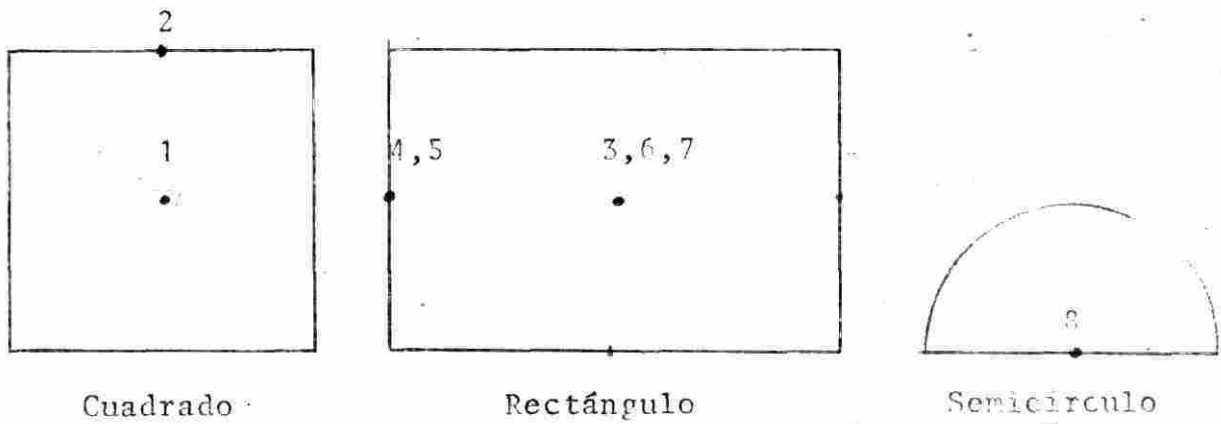
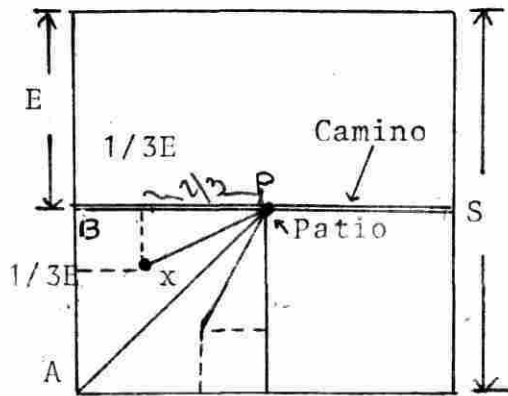


Fig. 1 Formas de bloques y diferentes ubicaciones de patios en los bloques.

Para precisar el concepto de distancia promedio de arrastre se analizarán a continuación los siguientes ejemplos :

- a) Cuando el patio está ubicado en el centro de un bloque cuadrado Fig. 2



$E=S/2$ =Distancia externa de arrastre o sea la línea perpendicular entre el patio y el límite del bloque.

S =Distancia entre caminos paralelos.

x =Centro de gravedad del triángulo ABP.

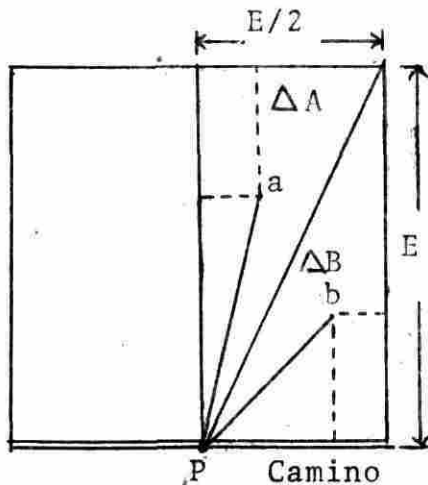
Fig. 2 Patio en centro de cuadrado.

xP =Distancia promedia de arrastre.

La distancia promedia de arrastre es la recta entre el centro del cuadrado y el centro de gravedad de cualquiera de los triángulos en que se ha dividido el bloque.

$$xP = \sqrt{(2/3 E)^2 + (1/3 E)^2} ; \quad \boxed{xP = 0,746 E}$$

b) Cuando el patio está ubicado en el punto medio del lado de un bloque cuadrado. Fig. 3.



P=Patio

E =Distancia externa de arrastre, o sea la línea perpendicular entre el patio y el límite más lejano del bloque.

a =Centro de gravedad del $\triangle A$

b =Centro de gravedad del $\triangle B$

Fig. 3 Patio en lado de cuadrado.

aP =Distancia promedia de arrastre del \triangle

A.

bP = Distancia promedio de arrastre del $\triangle B$.

$$\text{Distancia promedio para el bloque} = \frac{aP + bP}{2}$$

$$\text{Distancia promedio} = \frac{\sqrt{(2/3E)^2 + (1/6E)^2} + \sqrt{(1/3E)^2 + (1/3E)^2}}{2}$$

$$\text{Distancia promedio} = 0,578 E$$

c) Cuando el patio está ubicado en el punto medio del diámetro de un semicírculo. Fig. 4

La distancia promedio de arrastre es una función del volúmen total aprovechable y si se asume que el volúmen es homogéneo sobre el área tendremos que :

$$\frac{\pi R^2}{2} = \pi x^2 \cdot \dots \cdot x = R \sqrt{0,5} = 0,7 R$$

$$\text{Distancia promedio de arrastre} = x = 0,7 R$$

Donde :

R = Radio del semicírculo

P = Patio

x = Distancia promedio de arrastre

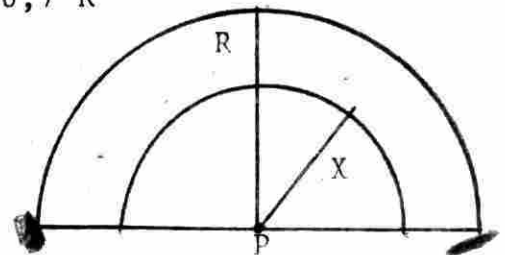


Fig. 4 Patio en diámetro semicírculo.

Cuadro de factores de conversión para determinar la distancia promedio de arrastre según la ubicación de los patios mostrada en la Fig. 1 :

Patio No.	Forma del bloque	Ubicación del patio	Lado mayor	Lado menor	Distancia externa (E)	Distancia prom. de arrastre	
						En fun. de E.	En fun. de S.
1	Cuadrado	Centro	S	S	$E=S/2$	0,746E	0,373S
2	Cuadrado	1/2 lado	S	S	$E=S$	0,578E	0,578S
3	Rectangular	Centro	S	S/2	$E=S/2$	0,578E	0,289S
4	Rectangular	1/2lad. men.	S	S/2	$E=S$	0,523E	0,523S
5	Rectangular	1/2lad. men.	S	S/4	$E=S$	0,506E	0,506S
6	Rectangular	Centro	S	S/4	$E=S/2$	0,523E	0,261S
7	Rectangular	Centro	S	S/8	$E=S/2$	0,506E	0,253S
8	Semicircular	Extremo R.	-	-	Radio=R	0,7 R	-

Cable permanente : Es aquella instalación para transportar madera de un patio a otro, puede permanecer hasta un año o más en el mismo sitio.

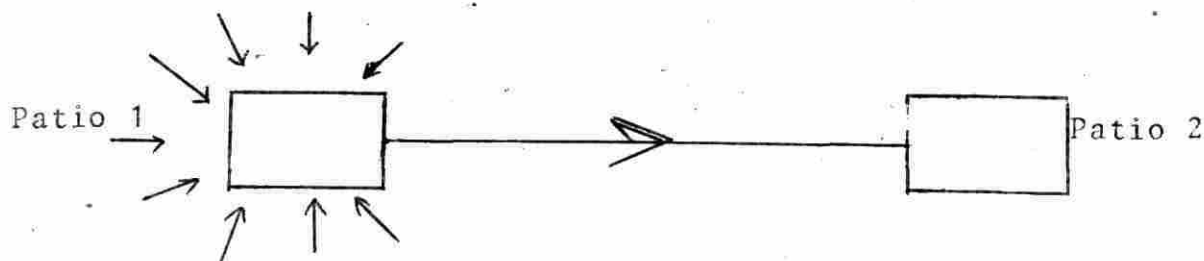


Fig. 5 Instalación cable permanente.

Cables que barren ángulos: Es aquella instalación en la cual las líneas de cables cambian de rumbo para transportar madera de un área (bloque) a un patio donde está la máquina principal. Este es el sistema de cables más utilizado.

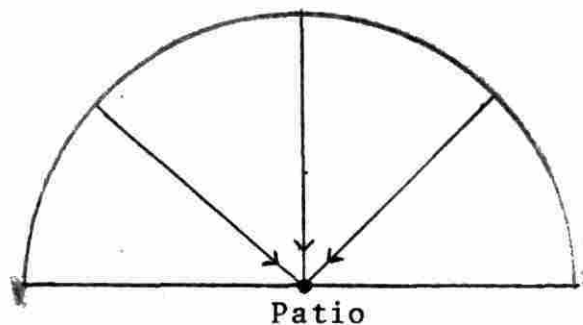


Fig. 6. Instalación cables que barren ángulos.

Densidad de líneas de transporte forestal: Longitud de línea de transporte (caminos ó canales) por unidad de área. Generalmente se expresa en mt/ha.

Red de líneas de transporte forestal: Es la estructura o configuración que determina la unión de las diferentes líneas de transporte. Por ejemplo redes de caminos que forman cuadrados, rectángulos, exágonos, ó caminos paralelos. En una red de líneas de transporte la distancia media de arrastre más corta posible desde un área hasta una línea, permaneciendo constante la densidad, se obtiene cuando las líneas de transporte son paralelas.

Distancia óptima entre las líneas de transporte forestal:

Espaciamiento que debe haber entre líneas paralelas con el fin de minimizar los costos de transporte.

5.2 Tecnología moderna en operaciones Forestales.

Para asegurar una producción mínima bajo costos aceptables dentro de las complejas condiciones físico-económico y sociales de los bosques tropicales, hay necesidad de pensar, en un cierto grado de mecanización cuyo nivel óptimo es posible determinar mediante los análisis de los próximos capítulos. En este numeral se presenta una síntesis sobre la tecnología moderna que ofrece alguna factibilidad para el aprovechamiento de bosques tropicales.

5.2.1 Transporte Forestal con tractores.

5.2.1.1 Tractores Forestales articulados de ruedas.

Los tractores forestales de ruedas pueden ser de dos tipos :

- i. Tractores arrastradores
- ii. Tractores con remolque.

Ambos tipos son empleados para transportar trozas, pero operan en diferentes condiciones.

- i. Tractores arrastradores.

Estas máquinas transportan la madera arrastrándola sobre el suelo por lo tanto solamente son económicos a distancias cortas.

Las marcas más conocidas son : el Timber Jack, Garret Tree

Farmer, Clark, Ranger, Caterpillar, Volvo, etc.

Todas estas máquinas están provistas de un arco integral que hace que el extremo delantero de la troza vaya levantado para facilitar la operación de arrastre, (ver fig, 7). La capacidad de arrastre de estas máquinas varía con la potencia del motor, pero en ningún caso es inferior a una tonelada.

Diferencias de tractores forestales arrastradores de ruedas con tractores agrícolas :

a) Bastidor : El bastidor debe ser más resistente en los tractores forestales para soportar el peso de las trozas.

b) Chasis : El chasis de un tractor agrícola es rígido y rectangular, el de los forestales es articulado, que consiste en la unión de dos chasis, uno anterior que soporta el motor y la cabina del conductor, y otro posterior que soporta un malacate y un arco integral, necesitando por lo tanto dos bastidores uno para cada chasis.

Los dos chasis están unidos por una articulación en el centro o cerca del centro del vehículo que permite el giro en el plano horizontal (algunos diseños permiten cierta rotación en el plano vertical). Este tipo de chasis permite una mayor adaptación de la máquina a las condiciones irregulares del terreno.

c) Ruedas : En los tractores forestales las cuatro ruedas siempre son iguales.

- d) Dirección : En los tractores agrícolas pueden ser mecánica o servo-dirección. En los forestales la dirección es hidráulica articulada.
- e) Transmisión : Los órganos de transmisión aunque en los dos tipos de tractores tienen el mismo principio, en los forestales son más complicados debido al sistema de dirección articulada que exige el empleo de árboles deslizantes.
- f) Cabina del conductor : A diferencia de los tractores agrícolas la totalidad de los tractores forestales de ruedas van provistos de cabina para el conductor para efectos de protección y comodidad.
- g) Arco integral : Este equipo auxiliar solamente lo llevan los tractores forestales para facilitar el arrastre de las trozas.
- h) Pala frontal : A diferencia de los tractores agrícolas, los tractores forestales de ruedas van equipados con una cuchilla frontal para apoyar la máquina durante la operación de winche y para apilar las trozas en los patios.
- i) Escudo protector : Los tractores forestales van equipados con un escudo protector para proteger las llantas traseras de los posibles daños que puedan causar la carga o los cables de arrastre.
- j) Winche : Es un implemento que forma parte del tractor forestal para las operaciones de arrastre de las trozas.

k) Repartición de los pesos: La repartición de pesos en los tractores forestales de ruedas y en los agrícolas es completamente opuesta: en los agrícolas $1/3$ de su peso se distribuye en el eje delantero y $2/3$ en el posterior. En el tractor forestal de arrastre el eje delantero soporta $2/3$ de su peso y el posterior $1/3$.

Debido a estas diferencias los tractores agrícolas no presentan adaptabilidad aceptable para el transporte de madera en los bosques tropicales montañosos.

ii. Tractores con remolque.

Con estos tractores la carga no se transporta arrastrándola sobre el suelo, sino que la carga es totalmente soportada por el remolque. Estos tractores desarrollan más velocidad, pero exigen mejores caminos; debido a su mayor velocidad pueden operar económicamente a distancias superiores a las que operan los tractores arrastradores.

La mayoría de los tractores con remolque vienen dotados de una grúa hidráulica para las operaciones de carga y descarga (Fig. 8) Hasta el momento no hay en latinoamérica tractores con remolque ni en bosques tropicales ni en bosque de coníferas. Sin embargo en un futuro cercano estos tractores pueden ser una posible solución para bosques donde económicamente no se justifique una densidad alta de caminos para camiones.

5.2.1.2. Tractores de Orugas

Para el transporte de madera liviana no es económico emplear tractores de oruga convencionales, pero para arras-

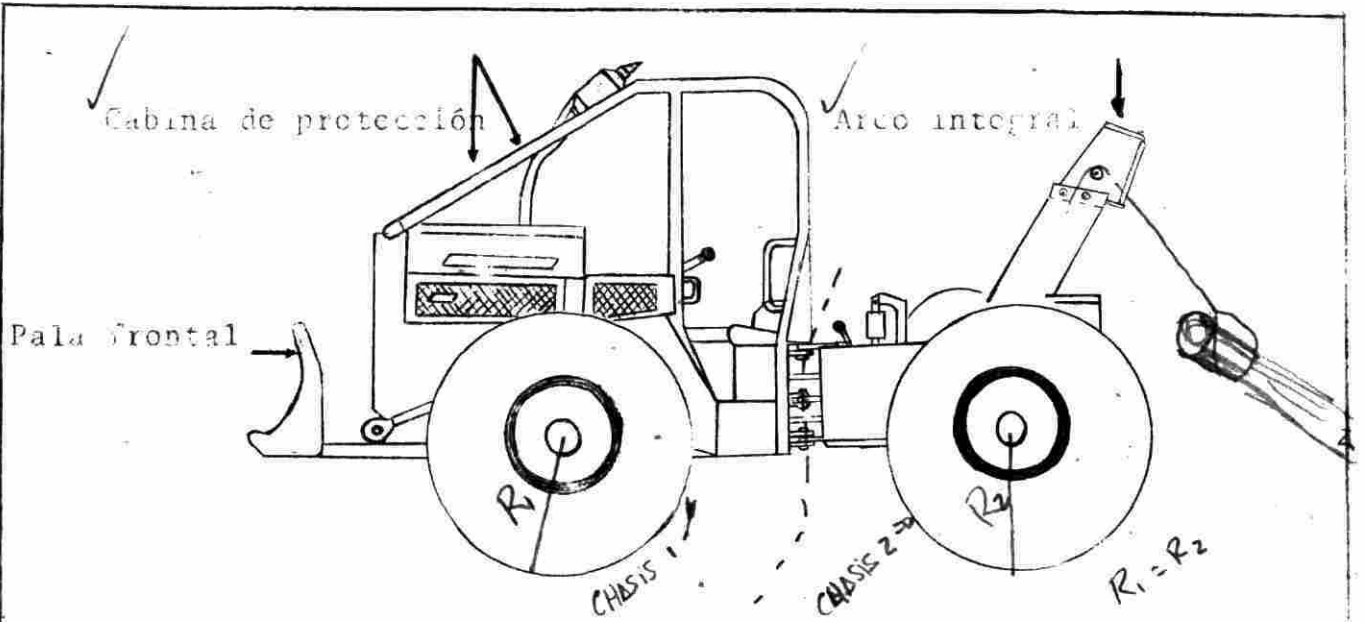


FIGURA 7 TRACTOR FORESTAL ARTICULADO DE RUEDAS

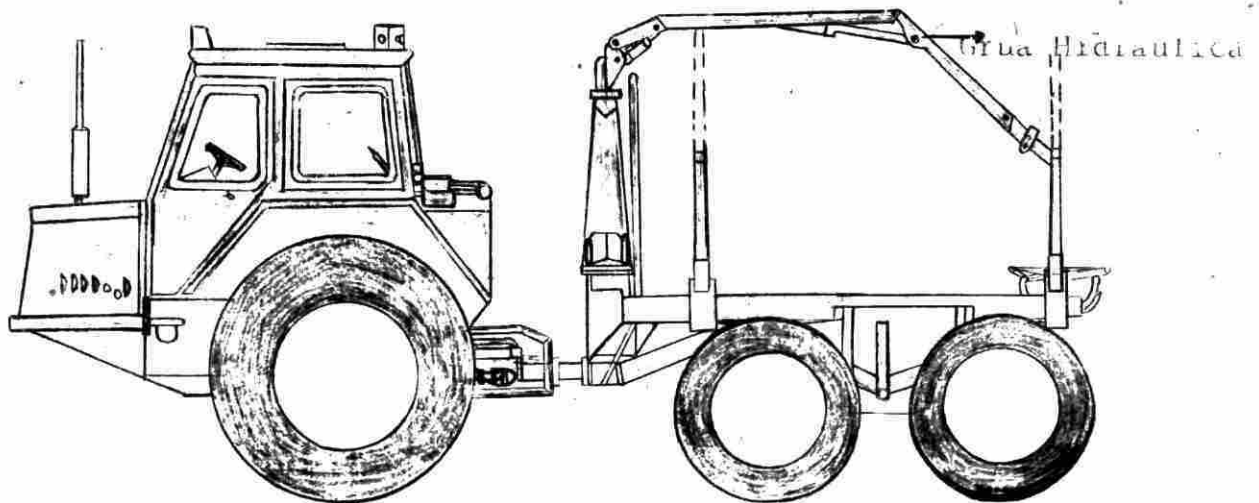


FIGURA 8 TRACTOR FORESTAL ARTICULADO DE RUEDAS CON REMOLQUE

trar trozas pesadas en bosques tropicales estos tractores parecen ser la única solución debido a las limitaciones tecnológicas de los tractores de ruedas para llegar hasta cada tocón. ✓

En los bosques tropicales de montañas, debido al peso de las trozas y a las condiciones topográficas los tractores convencionales de oruga (caterpillar, Allis Chalmers International, etc) han sido la única solución para arrastrar madera. Sin embargo, el mejor uso de estos tractores se hace a cortas distancias, máximo 1000 mts,. Existen tractores forestales de oruga de alta potencia tales como TDT-55, TDT-60 y TDT-75, Bombardier, FMC 200 CA, FMC 200 BG, etc. Debido a la baja velocidad el costo de producción con estos tractores es muy alto, limitándose su uso a distancias cortas.

5.2.2 Transporte Forestal con cables.

5.2.2.1 El cable como medio de transporte.

La elección del método más económico y favorable de transporte de madera es uno de los problemas más difíciles en el campo del aprovechamiento forestal.

Existen pocos datos precisos sobre los principios que deben regir el perfeccionamiento sistemático de la explotación forestal y en particular la elección de métodos cuya eficiencia ha quedado demostrada en otros países. Pero a pesar de que unos sistemas son más eficaces que otros, cabe la posibilidad de que lo que resulte eficaz en determinadas condiciones puede resultar impracticable en otros lugares. De ahí el cuidado que debe tenerse al tratar de adaptar un sistema de otro país a un medio

de condiciones diferentes.

Las condiciones bajo las cuales los cables pueden emplearse con gran eficiencia son :

- a) Donde la construcción de una red de carreteras de explotación se haga muy difícil, bien sea por inconvenientes de orden técnico o económico.
- b) En bosques sobre terrenos muy abruptos y rocosos.
- c) En el centro de zonas pantanosas.
- d) En zonas de terrenos susceptibles a la erosión
- e) En bosques rodeados de terrenos de poco interés económico, donde no sea posible la amortización de un camino.
- f) Donde haya necesidad de extraer rápidamente los productos en casos de incendios, plagas, etc.
- g) En las hoyas hidrográficas, donde se debe evitar la contaminación y acumulación de desechos.

5.2.2.2 Cables transportadores de uso forestal.

Aquí solamente se pretende hacer una breve descripción del transporte forestal con cables sin entrar en los aspectos de ingeniería de las diferentes instalaciones.

Los cables empleados para el transporte de trozas en las explotaciones forestales se pueden clasificar de acuerdo a sus características y modo de operar en dos clases :

- i. Cables Terrestres
- ii. Cables aéreos

A continuación se darán algunos detalles generales sobre instalación y operación de varios sistemas de cables transportadores.

- i. Cables Terrestres.

Se denomina así porque durante el proceso de transporte las trozas van arrastrándose sobre el suelo.

En los cables terrestres se pueden distinguir dos sistemas :

- a) "Va y Viene Bajo" Fig. 9
- b) "Va y Viene Alto" (High Lead) Fig. 10

- ii. Cables Aéreos

Un cable aéreo es una línea suspendida a determinada altura del suelo. En los cables aéreos las cargas se deslizan a lo largo del cable por acción de la gravedad si es cuesta abajo o por medio de la potencia mecánica si el transporte se efectúa cuesta arriba.

Básicamente hay tres sistemas de cables aéreos :

- a) Cables aéreos fijos (Simples o multiples) fig. 11 y 12. Tienen ambos extremos anclados y pueden operar con winche de un

solo tambor. En Europa este sistema opera fundamentalmente con cables sin fn.

Dentro de este sistema las instalaciones más conocidas son :

Sistema "Simple de gravedad "

Sistema "North Bend "

Sistema "Wyssen "

b) Cables aéreos flojos, Fig. 13. Tienen solamente anclado el extremo posterior; el extremo anterior de la línea aérea enrolla en un tambor del winche el cual consta mínimo de dos tambores.

c) Cables aéreos móviles : Fig. 14. En este sistema todas las líneas aéreas se mueven durante el proceso de transporte o regreso del carro portacargas.

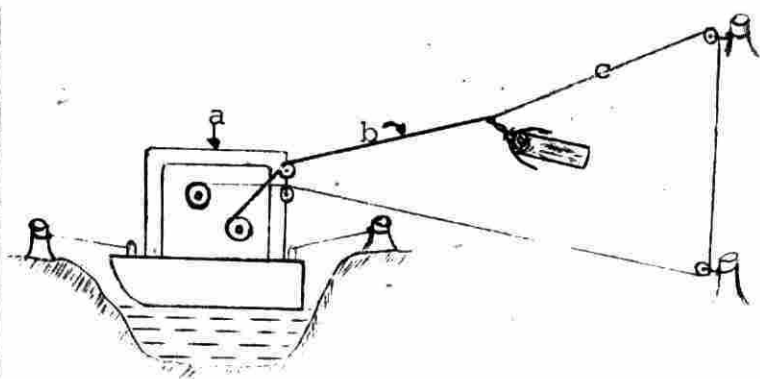
5.2.3 Transporte Forestal con globos y Helicopteros.

5.2.3.1 Transporte Forestal con Globos.

El sistema de transporte forestal con globos puede considerarse como un desarrollo de los sistemas de cables transportadores. Hasta hoy se conocen los siguientes tres sistemas de transporte forestal con globos :

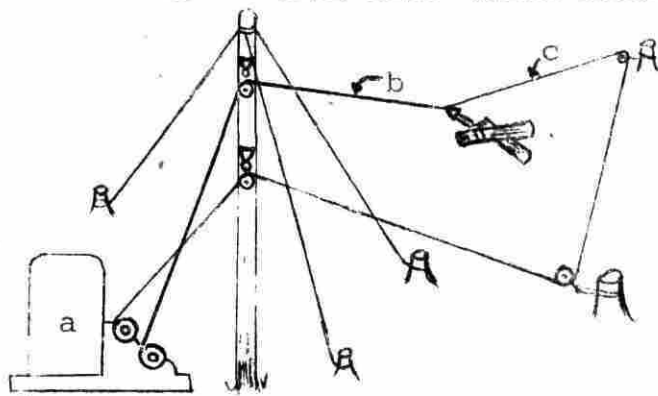
a) Globo instalado en sistema de cables "Va y Viene alto "
Fig. 15.

FIG. 9 SISTEMA DE CABLES TERRESTRES "VA Y VIENE BAJO"



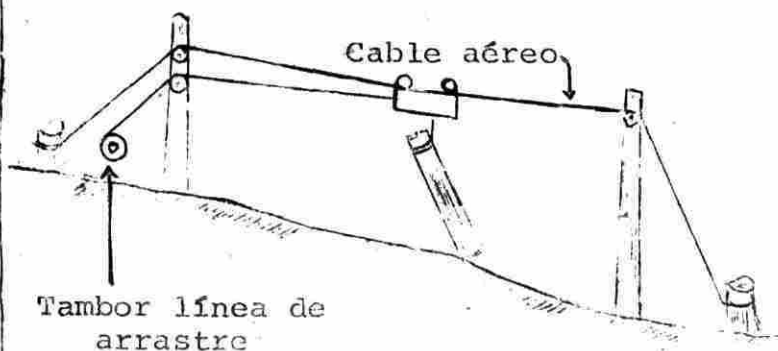
- a. Winche
- b. Línea principal
- c. Línea de regreso

FIG. 10 SISTEMA DE CABLES TERRESTRES "VA Y VIENE ALTO" (HIGH-LEAD)



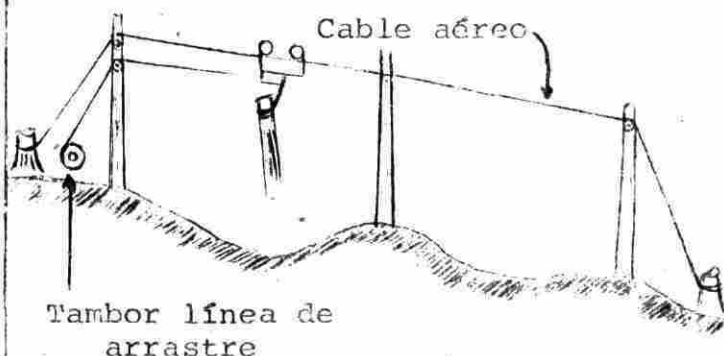
- a. Winche
- b. Línea principal
- c. Línea de regreso

FIG. 11 CABLE AEREO FIJO SIMPLE



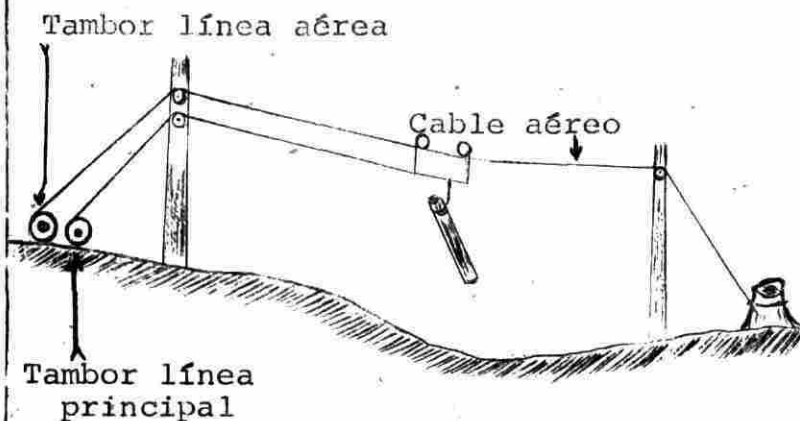
Tambor línea de arrastre

FIG. 12 CABLE AEREO FIJO MULTIPLE



Tambor línea de arrastre

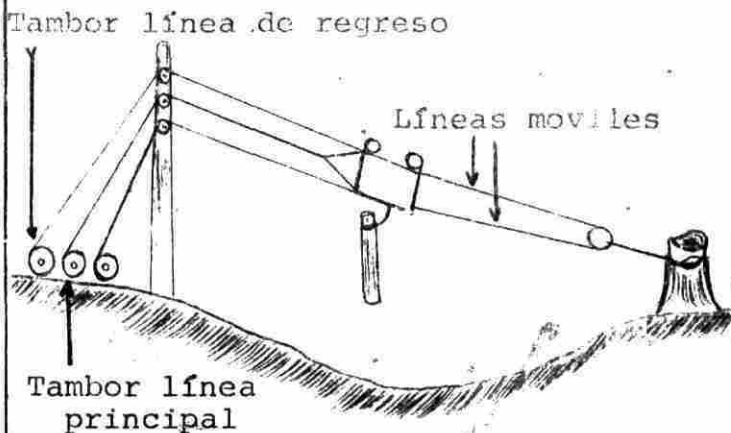
FIG. 13 CABLE AEREO FLOJO



Tambor línea aérea

Tambor línea principal

FIG. 14 CABLE AEREO MOVIL



Tambor línea de regreso

Tambor línea principal

Líneas móviles

b) Globo instalado en cable aéreo invertido, Fig. 16

c) Globo instalado en cable aéreo móvil, Fig. 17.

Algunas ventajas del transporte con globos :

-La eficiencia del sistema para transportar trozas en fuertes pendientes y terrenos rugosos, reduce la densidad de caminos.

-Se reduce a un mínimo la erosión y daños a la regeneración.

-El transporte se puede efectuar a lo largo de perfiles cóncavos o convexos.

-El riesgo para las operaciones se reduce porque las líneas tienden siempre a subir.

Algunas desventajas del transporte con globos :

-La inversión inicial es muy alta.

-Difícil predecir el peso de la carga.

-Peligro de incendio

-Los globos son susceptibles a factores atmosféricos particularmente a vientos fuertes.

-Se conoce poco de su uso potencial por parte de muchas orga-

nizaciones.

5.2.3.2 Transporte Forestal con Helicoptero. Fig. 18

Se han ensayado diferentes marcas y tipos de helicópteros para el transporte forestal en varios países desde 1950. La siguiente tabla muestra los diferentes helicópteros empleados en Noruega para el transporte de madera :

Marca y tipo de Helicoptero	Caballos de fuerza (H.P)	Capacidad de levant. en ton.	Peso Helicoptero				Total
			Vacio		Carga		
			ton	%	ton	%	
Bell 204-B (USA)	1050	1.6	1.96	51	1.90	49	3.86
Sikorsky 561N (USA)	1500	2.5	5.53	65	3.06q	35	8.62
MI-6 (URSS)	11000	9.0	28.50	70	12.00	30	40.50

Los helicópteros se han usado en cortas selectivas y totales para fustes enteros y árboles completos.

Hasta hoy no se conoce ninguna experiencia sobre transporte con helicóptero en bosques tropicales. Sin embargo en bosques montañosos donde ningún sistema tradicional sea posible técnica o económicamente, el transporte forestal con helicóptero puede ser una posible solución.

De acuerdo a las experiencias soviéticas el transporte de fus-

tes enteros en cortas totales dió el mejor resultado económico. Sin embargo por razones de estabilidad del helicóptero será mejor transportar fustes enteros con la mitad de la copa. La distancia de transporte aceptable varía entre 3 y 8 kms.

Marca	Carga M ³ /viaj	Velocidad promedio kms/hora		Distancia de transp.			
		Viaje con carga	retorno sin carga	2 kms.		4 kms.	
				viaje hora	M ³ /h	viaje hora	M ³ /h
Bell 204B	2.3	6.7	89	12	28	9	21
Sikorsky S61N	3.5	67	102	16	56	8	28
MI - 6	12.8	80	133	17	218	10	128

Del transporte forestal con helicóptero se puede concluir :

- a) Demanda alta seguridad durante el vuelo
- b) Alto costo por hora para la máquina
- c) Se asegura alta producción.
- d) Baja la densidad de caminos comparado con cualquier otro sistema de transporte empleado en zonas montañosas.

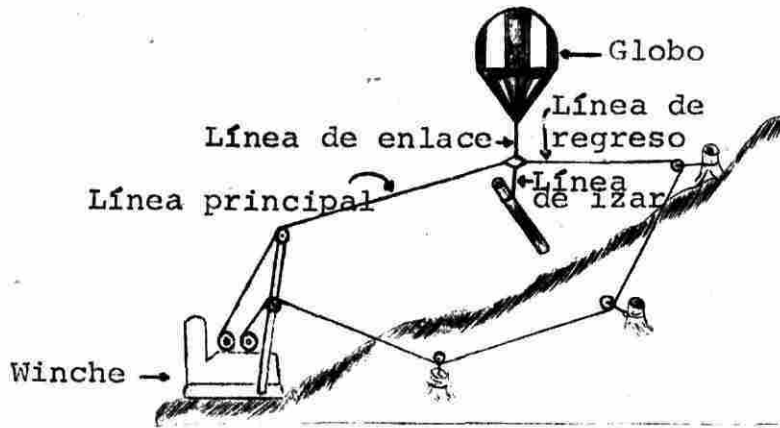


FIG.15 GLOBO INSTALADO EN SISTEMA DE CABLES "VA Y VIENE" ALTO

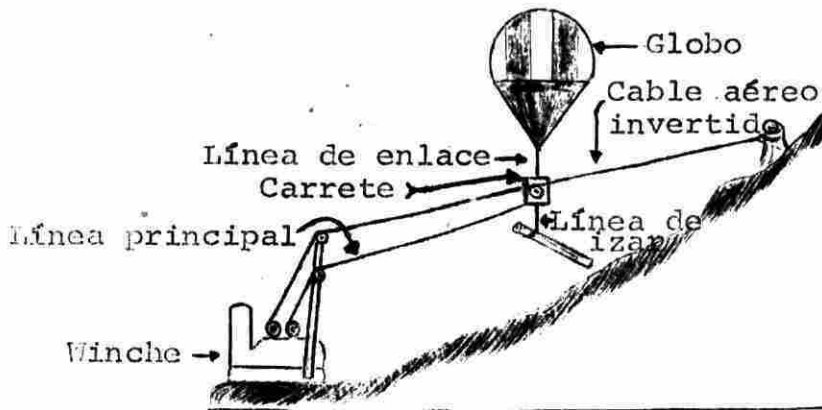


FIG.16 GLOBO INSTALADO EN CABLE AEREO INVERTIDO

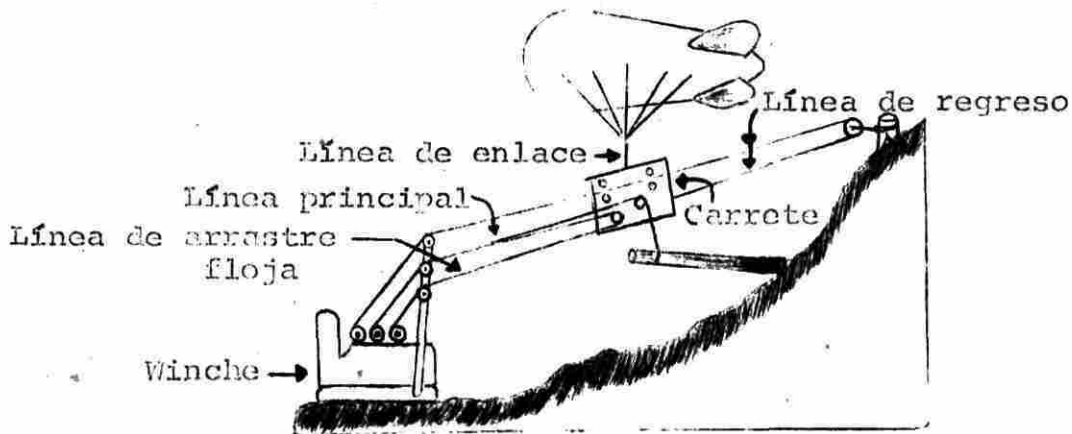


FIG.17 GLOBO INSTALADO EN CABLE AEREO MOVIL

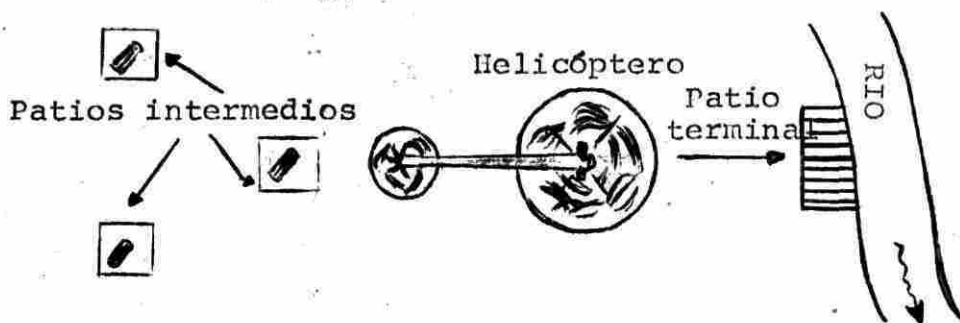
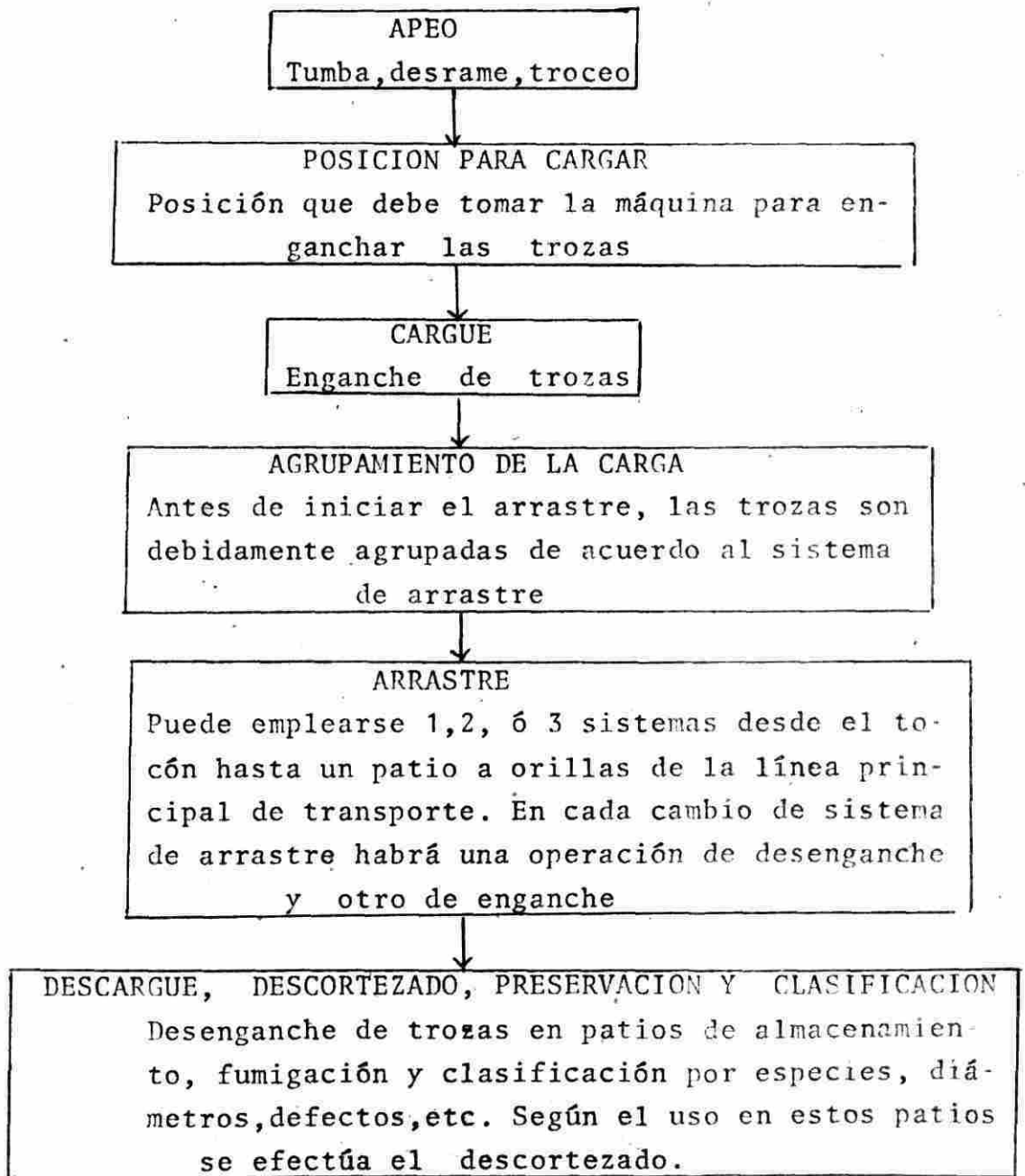
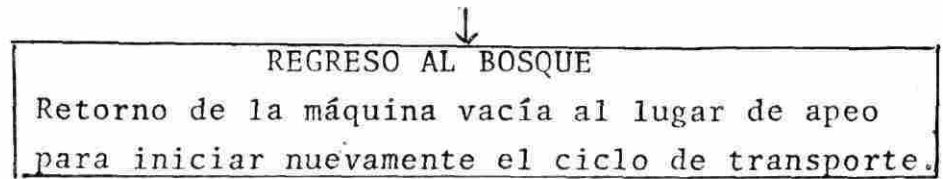


FIG.18 TRANSPORTE FORESTAL CON HELICOPTERO

5.3 Operaciones Forestales típicas para el aprovechamiento de un bosque tropical.

5.3.1 Flujo general de transporte menor.

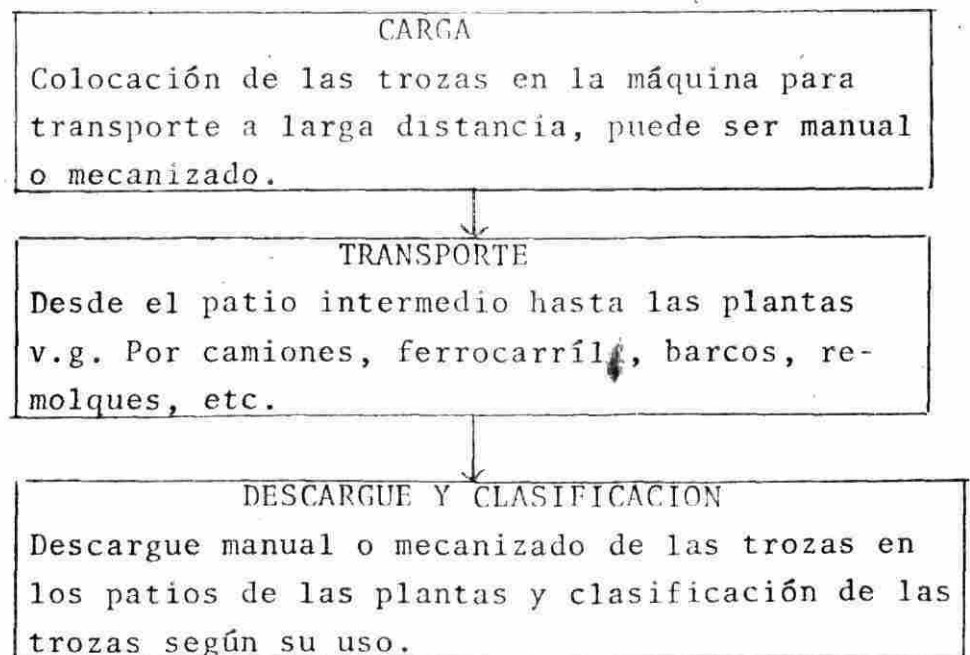




Para cada caso particular el diseño de flujo de operaciones variará un poco.

Para un estudio más detallado se podría subdividir cada una de las operaciones en sus elementos componentes, lo cual complicaría tremendamente un estudio de tiempos y movimientos. Por lo tanto el autor después de analizar las condiciones de trabajo en los bosques tropicales, estima que la división propuesta en el flujo anterior es suficiente para cálculo de costos reales de producción.

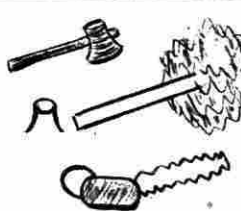

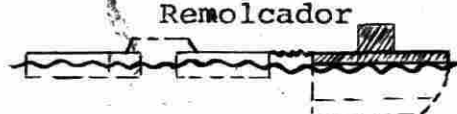
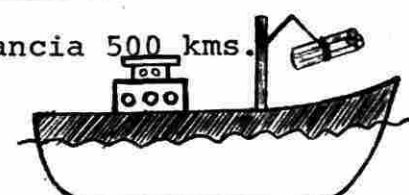




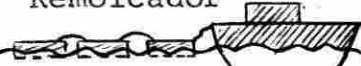
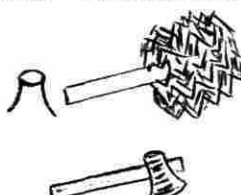
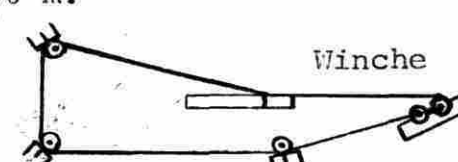


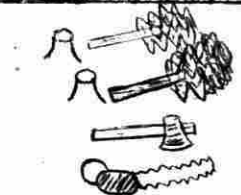
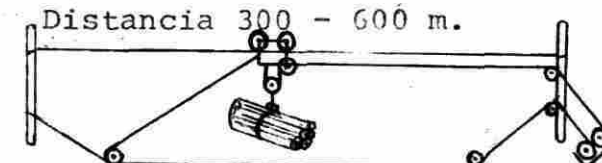



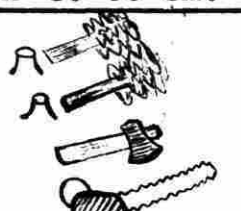
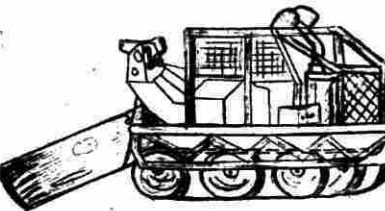
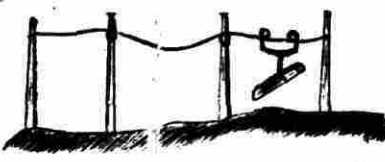



5.3.2 Flujo general de transporte mayor.



↓
APILADO

Apilado en los patios de las fábricas
según clasificación.

5.4 METODOS DE APEO Y TRANSPORTE FORESTAL MECANIZADO EN COLOMBIA

ZONA	APEO	TRANSPORTE MENOR		TRANSPORTE MAYOR	
CATIVAL Método de fuste	 DAP 60-100 cm.	Distancia 500-1000 m.  Fustes (Tocón al botadero)	Distancia 10-50 kms. Remolcador  Fustes (Canales-Río a la boca)	Distancia 500 kms.  Trozas (Mar a Fábrica)	
ABARCO-SANDE Método de fuste combinado con método de trozas	 DAP 60-150 cm	Fustes  (Tocón al patio inferior (Patio interior al botadero)	Trozas  (Patio interior al botadero)	30-100 Kms. Flotación libre  Ríos	150 Kms Remolcador  Ríos
GUANDAL (Tumaco) Método de fustes poco mecanizado	 DAP 40-80 cm	100-300 m.  Winche (Tocón a canales sencillos)	500-2000 m.  (Canales sistema Espina de pescado hasta el río)	50-80 Kms. Remolcador  (Río-Mar a Fábrica)	
(Buenaventura) Método de trozas. Transporte de madera apilada en "Estereos"	 DAP 30-60 cm.	Distancia 300 - 600 m.  (Bosque al patio del camino)	Distancia 15-30 Kms.  Patio interior (al patio principal) a la Fábrica	Distancia 100 Kms.  	
(Río San Juan) Metodo de trozas. Transporte fluvial de trozas cortas para pulpa.	 DAP 40-80 cm.	 Jimmy	 Cable aéreo multiple 1.000 mts.	Alternativa 1  Río Mar 140 kmt Alt. 2  Río 50 kms.	Muelle Buenaventura  120 kms. Patio Río Calima