

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**DEPARTAMENTO MANEJO DE BOSQUES Y MEDIO AMBIENTE**



**DETERMINACION DE FUNCIONES DE TIEMPO,  
RENDIMIENTO Y COSTO PARA LA TORRE DE  
MADEREO KOLLER K-300 DEPENDIENTE, EN  
RALEO COMERCIAL.**



**MEMORIA DE TITULO PRESENTADA  
A LA FACULTAD DE CIENCIAS  
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD  
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO FORESTAL**

**GIORDANO BRUNO PINTO CAMPOS**

**CHILLAN-CHILE**

**1993**

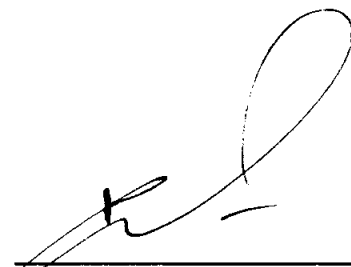
**DETERMINACION DE FUNCIONES DE TIEMPO, RENDIMIENTO Y COSTO PARA LA  
TORRE DE MADEREO KOLLER K-300 DEPENDIENTE, EN RALEO COMERCIAL**

**Profesor Asesor**



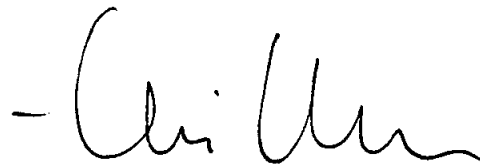
---

**Manuel Lineros Parra  
Profesor Instructor  
Ingeniero Forestal**



---

**Fernando Drake Aranda  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal  
Director Departamento  
Manejo de Bosques y  
Medio Ambiente**



---

**Dr. Jaime Millán Herrera  
Profesor Titular  
Ingeniero Forestal  
Decano Facultad de  
Ciencias Forestales**

**A MIS PADRES, HERMANOS Y MARCELA**



## AGRADECIMIENTOS .

Deseo testimoniar mi profundo agradecimiento a mi profesor patrocinante, señor Manuel Lineros Parra, por su constante e invaluable ayuda en las diversas etapas de este trabajo.

Reconozco asimismo la cooperación prestada por los señores Waldo Cabezas y Juan Silva, por su buena disposición y ayuda en los aspectos técnicos y prácticos de este trabajo. Agradezco también a la Universidad de Concepción, que permitió el uso de sus facilidades.

Finalmente expreso mi más sincera gratitud a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en el desarrollo de este trabajo.

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I. INTRODUCCION .....	01
II. OBJETIVOS .....	03
III. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	04
3.1. Recurso Forestal en Chile ....	04
3.1.1. Patrimonio Forestal .....	04
3.1.2. Evolución del Recurso Forestal.	06
3.1.3. Efectos Negativos en el Recurso y su entorno .....	07
3.1.4. Proyección del Recurso Forestal	08
3.2. Mecanización en las Faenas de Cosecha en Chile .....	09
3.2.1. Definición y Clasificación de Cosecha .....	09
3.2.2. Evolución de la Mecanización en la Cosecha .....	12
3.2.3. Objetivos de la Mecanización...	14
3.2.4. Efectos Negativos de la Mecanización en la Cosecha ....	18
3.2.5. Proyección de la Mecanización .	22
3.3. Madereo con Cables en Chile....	23
3.3.1. Situación Chilena.....	23

3.3.2.	Clasificación de los Sistemas de Cables.....	24
3.3.2.1.	Sistema Terrestre.....	25
3.3.2.2.	Sistema Aéreo .....	26
3.3.2.2.1.	Sistema Gravitacional.....	28
3.3.2.2.2.	Sistema Aéreo Móvil.....	29
3.3.3.	Evolución de los Sistemas de Cables en Chile.....	30
3.3.4.	Proyección de los sistemas de Cables.....	33
IV.	MATERIAL Y METODO.....	34
4.1.	Material y Equipo.....	34
4.1.1.	Equipo de Madereo.....	34
4.1.1.1.	Especificaciones Técnicas de la Torre Koller K-300 Dependiente .	34
4.1.2.	Material .....	37
4.2.	Metodología .....	37
4.2.1.	Elección del Area de Estudio...	37
4.2.2.	Descripción del Método de Madereo .....	38
4.2.2.1.	Funcionamiento de la Torre ....	42
4.2.2.2.	Instalación de la Torre .....	43
4.2.3.	Determinación del Tamaño de la Muestra.....	46

CAPITULO	PAGINA
4.2.4.	Estudio de Tiempos..... 47
4.2.4.1.	Ciclo de Madereo ..... 48
4.2.4.2.	Cambio de Instalación..... 49
4.2.4.3.	Tiempo Total con Cambio de Instalación ..... 50
4.2.5.	Estudio de Rendimiento..... 50
4.2.5.1.	Rendimiento de Madereo con Cambio de Instalación ..... 50
4.2.6.	Estudio de Costos ..... 51
4.2.6.1.	Costo de Producción ..... 52
4.2.6.2.	Costo Horario de Producción.... 52
V.	RESULTADOS Y DISCUSION ..... 53
5.1	Antecedentes Generales ..... 53
5.1.1	Tamaño de la Muestra ..... 54
5.2	Estudio de Tiempos ..... 55
5.2.1	Tiempos Fijos ..... 55
5.2.2	Tiempos Variables ..... 58
5.2.3	Tiempo Cambio de Instalación .. 60
5.2.4	Tiempo Total por Ciclo ..... 63
5.3	Rendimiento ..... 65
5.4	Costos ..... 70
VI.	CONCLUSIONES ..... 72
VII.	RESUMEN ..... 75
	SUMMARY ..... 77
VIII.	BIBLIOGRAFIA ..... 79

IX. APENDICE ..... 84





## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Extensión de las alteraciones según sistema de madereo utilizado .....	22
2	Resultados técnicos .....	53
3	Tiempos fijos registrados para el ciclo de madereo .....	56
4	Funciones de tiempo variable .....	59
5	Error de estimación .....	60
6	Error de muestreo .....	60
7	Tiempo cambio de instalación .....	61
8	Tiempo total por ciclo .....	64
9	Tiempo total por ciclo con cambio de instalación .....	65
10	Funciones matemáticas de rendimiento .	66
11	Rendimiento con y sin cambio de instalación .....	66
12	Diferencial en los rendimiento al considerar dos tiempos en el cambio de instalación .....	68
13	Funciones de costo, con y sin cambio de instalación .....	69
14	Costos incurridos en el proceso de madereo .....	69
15	Diferencial en el costo de producción según variación en el rendimiento ...	71

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Sistema de madereo con cables del tipo gravitacional .....	28
2	Sistema de madereo con cables del tipo aéreo móvil .....	30
3	Vista lateral y frontal torre Koller K-300 dependiente .....	36
4	Soporte intermedio (M-Support) y puntos de anclaje (tail spar) en el tendido .....	41
5	Esquema de madereo utilizado por la torre .....	41
6	Esquema de tendido utilizado por la torre .....	45

## I. INTRODUCCION

El auge experimentado por el sector forestal en las últimas décadas, puede ser definido en base a dos puntos principales. La alta tasa de plantaciones realizadas, que alcanzan las 60.000 hectáreas de promedio por año, y el gran incremento y diversidad de la producción orientado hacia distintos mercados.

El aumento casi explosivo de la superficie plantada en el país, Principalmente con Pinus radiata D.Don y distintas variedades de Eucaliptus, ha posibilitado la incorporación de áreas de difícil acceso, principalmente por su topografía y ubicación, al sector productivo. Estas áreas requieren para su manejo y cosecha final, maquinaria y equipos, que permitan una mayor adaptación a las características de estas zonas, así como una operación de alto rendimiento con costos y efectos mínimos en el medio ambiente .

De esta forma, la evolución experimentada por el sector forestal en el último tiempo, ha conllevado la superación de una serie de etapas, orientadas ellas, a superar niveles de

producción, eficiencia y calidad de los productos generados.

Con el afán de lograr una mejor calidad de la madera, se ha recurrido a una serie de prácticas silvícolas, siendo el raleo una de las de mayor importancia por los beneficios que éste genera, tales como un mayor aprovechamiento del sitio y la concentración del crecimiento del bosque en sus mejores árboles.

Esta práctica se ha hecho cada vez más frecuente en nuestro medio y su ejecución ha evolucionado de métodos tradicionales, a técnicas y equipos más avanzados, que adecuándose a las condiciones de las plantaciones puedan significar un aporte real. Este es el caso de las torres de madereo en las faenas realizadas en terrenos de topografía difícil.

La necesidad de determinar la conveniencia de utilizar una u otra alternativa existente en el mercado y que logre la mejor adaptación a las características del recurso, surge la inquietud por realizar el presente estudio de Torre Koller K-300 dependiente, utilizada en faenas de raleo comercial.

## II. OBJETIVOS

- Evaluar rendimiento de la torre Koller K-300 dependiente, utilizada en faenas de raleo en rodales de Pinus radiata D. Don.
- Evaluar los costos de producción de la torre Koller K-300.



### III.- REVISION BIBLIOGRAFICA.

#### 3.1 Recurso forestal en Chile.

##### 3.1.1 Patrimonio forestal.

Definitivamente nuestro país no tiene una tradición forestal, si bien es cierto, que el bosque es uno de los recursos importantes y los árboles han estado siempre presente en nuestra historia, muy pocos sin embargo son los Chilenos, que han vivido del bosque en nuestro país. (Corma, Julio 1991).

A través del tiempo, el recurso forestal ha sufrido una disminución y degradación sostenida, cuyo principal responsable es el hombre, ya sea utilizando fuego para despejar áreas destinadas a otras actividades o provocando un uso indiscriminado del bosque para extraer su madera.

Chile al igual que otras naciones, ha visto considerablemente disminuido su recurso boscoso, lo que coincide con el aumento de la población y el comienzo de los procesos de industrialización de dichos lugares, mirando al bosque en un comienzo incluso como un enemigo que vencer para lograr una mejor calidad de vida; sin embargo, ha ocurrido exactamente lo contrario y hoy el hombre entiende que su supervivencia y calidad de vida pasa antes por la supervivencia del bosque y su entorno. (Corma, Julio 1991).

Segun antecedentes entregados por CONAF, CORMA e INFOR, la superficie de Chile continental alcanza a 75,5 MH (MH: millones de hectáreas) y un 46,6% de esa superficie es considerada de aptitud forestal (33,8 MH), es decir, estos terrenos tienen bosque o podrían llegar a tenerlo. Luego, 11,8 MH son considerados terrenos productivos - 35% de los terrenos de aptitud forestal - lo que implica la existencia de un bosque potencialmente utilizable con fines de producción, el resto son terrenos que dadas sus características se consideran de protección (22 MH, 65%). (Corma, 1991).

De los 11,8 MH considerados terrenos productivos, 1,6 MH corresponden a plantaciones de Pinus radiata D. Don y distintas variedades de Eucaliptus principalmente, 7,6 MH son de bosque nativo compuesto esencialmente por latifoliadas; existen además 4,75 MH de terrenos descubiertos. Básicamente éste es el recurso bosque en el cual se basa el desarrollo forestal en la actualidad (Infor, 1992).

El recurso forestal se encuentra ubicado de preferencia desde la V región hacia el sur, con un fuerte predominio de plantaciones entre la VII y IX región. Su estado y características son mayoritariamente diversas de acuerdo a su ubicación a lo largo del territorio nacional, en especial en lo que a bosque natural se refiere. (Conaf, Corma; 1991).

### 3.1.2 Evolución del recurso forestal.

Como consecuencia de la gran cantidad de áreas forestales orientadas hacia la agricultura y ganadería, desde tiempos muy remotos en nuestro país, los sectores que permanecen como forestales son aquellos que poseen limitaciones en cuanto a pendiente, suelo, ubicación, y otras, ó aquellos terrenos que habiendo sido mal utilizados en otros rubros, se degradaron y no pudieron tener otro uso que el forestal nuevamente. Además, es necesario recordar que gran parte del recurso - en especial el nativo - se ubica en áreas de altas pendientes, características de zonas montañosas y que no son apropiadas en su mayoría para agricultura o ganadería (Corma, 1991).

El hombre ha extraído productos del bosque desde siempre, en un principio a la forma de leña y luego como madera para la construcción, al comienzo se realizaba en forma tal que no afectaba mayormente su estado, pero una vez que comienza la industrialización y el aumento explosivo de la población, las cantidades a extraer son cada vez mayores marcando una degradación acelerada del bosque, llegando a principios de siglo con un recurso menoscabado y que crea la necesidad de comenzar a realizar por primera vez plantaciones, que posteriormente marcaron el punto de inflección, decisivo en el desarrollo de las empresas forestales.



La primera plantación considerable fue realizada por la Empresa Forestal Colcura S.A. a comienzos de este siglo, y correspondieron a 400 hás de Pino insigne. En 1920 se crea la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (C.M.P.C.) que es la pionera en el uso industrial de la madera, ésta creó en el año 1938 su división forestal lo que la lleva a promover en forma crecientes las plantaciones. El estado por intermedio de la Corfo impulsa la creación del complejo forestal Panguipulli y aporta el capital a un grupo de Valdivianos para que el año 1950 se cree la empresa MASISA S.A.. En lo referente a la empresa del aserrío, esta comienza a desarrollarse a contar del año 1930, la cual hasta el año 1960 se nutre exclusivamente de maderas nativas, desde esa fecha en adelante comienza a predominar el Pino radiata, lo que elimina la presión sobre el bosque nativo que solo a contar del año 1980 nuevamente se comienza a utilizar en forma importante. (Corma, 1991).

### **3.1.3 Efectos negativos generados en el recurso y su entorno.**

La gran deforestación de terrenos y la agricultura, realizada desde siempre, y la explotación desmedida de que fueron objeto los bosques, trajo consecuencias negativas para los otros componentes del sistema natural, es así como quedaron gran cantidad de terrenos totalmente inutilizados por la erosión, muchos lagos y ríos antes navegables se embancaron por la

sedimentación de sus aguas y muchas zonas costeras casi cubiertas por el avance de las dunas. No es necesario recorrer demasiado para apreciar algunos de los efectos antes indicados, ya que a lo largo del país son innumerables los casos en que las situaciones se repiten, ya sea en el norte con la extracción de leña para la minería, en la zona central con el consumo de leña por particulares e industrias, o con las quemas de colonos en la zona sur.

#### 3.1.4 Proyección del recurso forestal.

Las plantaciones masivas de especies exóticas en el país comienzan en la década del 60, principalmente impulsadas por el estado a través de CORFO, y están en una primera etapa orientadas a la protección y recuperación de amplias zonas afectadas por la erosión y el avance de dunas. Posteriormente, en el año 1974, es creado el decreto ley 701, que bonifica y exime de impuesto a los terrenos con plantaciones efectuadas de tal año en adelante, lo que da un fuerte y definitivo impulso a esta labor por parte de particulares. En la actualidad se cuenta con un patrimonio de 1,4 MH en plantaciones, principalmente de Pinus radiata D. Don y Eucaliptus, lo que sin duda representa un recurso tremendamente importante. Además, es necesario destacar la existencia de 5,5 MH de bosque nativo, que sumado a las plantaciones anteriores, constituyen un considerable patrimonio apropiado para

respaldar un crecimiento y consolidación del sector forestal. (Conaf, 1988).

### **3.2 Mecanización en las faenas de cosecha en Chile.**

#### **3.2.1 Definición y clasificación de cosecha.**

Mc Nally (1975), sostiene que una operación normal de cosecha forestal comprende tres etapas:

- Volteo y preparación de trozas.
- Madereo o transporte corto.
- Transporte largo.

Dentro de las etapas de la cosecha, el madereo o transporte primario, corresponde al traslado de la materia prima desde el interior del bosque hacia un lugar centralizado, desde donde pueda ser cargada para realizar la etapa de transporte largo. (Citado por Pinto, J. 1991).

Según Leyton (1964, citado por Alvarez, J. 1988), el concepto de explotación o cosecha consiste en un conjunto de normas, medios y técnicas que sirven para transformar los recursos del bosque en bienes útiles para el hombre.

En el país la cosecha de bosques es una práctica utilizada

desde siempre, principalmente orientada a la extracción de madera con diversos fines. Sin embargo, la forma como se ha realizado esta práctica en el tiempo ha variado significativamente, de ser una actividad meramente manual a cosechas con un alto grado de mecanización.

La selección de los medios de extracción es de vital importancia en la optimización del proceso de cosecha del bosque, al ser ésta uno de los componentes principales del sistema. En efecto, el transporte primario define a todo el sistema de cosecha y determina las necesidades de caminos y otras facilidades para el transporte final de los productos forestales (Largo, S. 1985).

Son múltiples y variados los equipos empleados para efectuar el madereo. De acuerdo a su antigüedad de uso en el país, los sistemas pueden ser clasificados en tradicionales y no tradicionales (Alvarez, J. 1988).

**A.- Sistemas tradicionales.** Son sistemas utilizados desde tiempos remotos y su técnica se ha transmitido de generación en generación. Se pueden mencionar como principales los siguientes:

**a1. Madereo con bueyes.** Es el sinónimo de madereo tradicional, ya que su uso se ha extendido a todas las faenas

de cosecha del país. De acuerdo a las pendientes que se trabaja es posible definir varios métodos.

- De arrastre.
- Con carro.
- Con cable o roldana.

**a2. Madereo con caballos.** Aún no siendo un sistema de uso común, se considera tradicional por su similitud con los bueyes. En un gran porcentaje de las faenas puede reemplazar al buey, basándose en sólidos argumentos de costos. Existen varias métodos de trabajo.

- De arrastre.
- De trineo.
- De carro.



**B.- Sistemas no tradicionales.** Generalmente se asocia a técnicas que consideran algún grado de mecanización, tales como:

- Tractor agrícola.
- Tractor oruga.
- Torres con cable de tracción.
- Cable tipo logger dream.
- Skidder.
- Feller-buncher.

En general el uso de cada equipo estará dado por sus

características de diseño, condiciones del rodal, del terreno y aspectos económicos de la operación. (González 1980, citado por Alvarez, J. 1988).

### 3.2.2 Evolución de la mecanización en la cosecha.

Antecedentes respecto a los equipos utilizados hasta ahora en la cosecha de bosques, han sido obtenidos en forma aislada y no se ha dado uso apropiado a estos, por un lado por carecer de fundamentos de tipo estadístico - muestreo - o por ser los datos de dudosa procedencia. (Alvarez, J. 1988). En una primera etapa la cosecha de bosques en Chile se realizaba en base a fuerza animal - caballos, bueyes - y la participación de mucha mano de obra para el volteo y desrame, que básicamente se hacía con sierra y hacha respectivamente. Un paso importante fue la incorporación de la motosierra, que reemplazó a la tradicional sierra de arco a finales de la década del 50. Posteriormente, el segundo gran cambio en esta actividad lo marcó la llegada de los primeros tractores articulados a mediados de la década del 60 y que, cierta forma, reemplazaron a los bueyes y al tractor agrícola que también se utilizaba en esta área. Sin embargo, para que el tractor articulado (skidder) se masificara pasaron años y solo se logró en la segunda mitad de la década del 70.

Uno de los primeros estudios en tractores articulados en el

país, lo realiza Simon Largo en 1970 (citado por Alvarez, J. 1988), que corresponde a un tractor marca Kockum de origen sueco, de 65 HP y winche Gearmatic de 6000 kg de tiro, que opera en un predio de la VII región, en una faena de tala rasa, con pendiente mayor al 13%. El autor llega a varias conclusiones, entre ellas que existe una enorme falta de planificación y organización de la faena, fallas en la mantención de la máquina, y falta de capacitación del personal. El trabajo efectivo de la máquina fue de 2.6 hr por jornada, lo que es extraordinariamente bajo para un equipo de esta naturaleza. Finalmente, señala que la variable de mayor incidencia y que puede ser manejada es el volumen de carga por ciclo.

Las características de la faena antes señalada, fueron la generalidad de la forma como se trabajaba en esa época; sin embargo, constituyó el punto de partida y dio pie a numerosos estudios que permitieron ir superando cada vez el conocimiento y experiencia de este tipo de actividad.

En la década del setenta y ochenta se generaliza el uso de los skidder, con la llegada de un gran número de ellos de diferentes marcas. Además, se logra un buen grado de conocimiento respecto a su manejo y utilización. (Becker, J. 1989).

A mediados de la década del 80, se comienzan a incorporar maquinaria destinada a faenas de raleo, área relativamente nueva en lo que se refiere a mecanización. Es así, como se comienzan a estudiar equipos trineumáticos, miniskidder y tractores agrícolas con huinche, en distintas condiciones de clima, suelo y topografía, tratando de definir esquemas al respecto. (Becker, J. Alvarez, J. Silva, J. Gutiérrez, E. 1989).

En terrenos con altas pendientes, la alternativa más viable ha sido el uso de cables, las que a través del tiempo se han ido perfeccionamiento y adaptando a las condiciones de nuestro medio. (Cabezas, W. J. Silva. 1991).

La extracción con cables en países de avanzada tecnología ha sido de amplia difusión; sin embargo, en Chile el uso de éstos esta recién en una etapa introductoria. A pesar, que existen equipos desde hace muchas décadas, solo han sido intentos aislados ya que a partir de 1972 se usan en forma más masiva los del tipo terrestre o semi-suspendido, y desde 1982 se encuentran en etapa de experimentación algunos equipos pequeños del tipo skyline system (Largo, S. 1985).

### **3.2.3 Objetivos de la mecanización.**

Fernández (1969), afirma que tradicionalmente en Chile se han usado métodos de madereo no mecanizados, caracterizados



principalmente por el uso de bueyes; sin embargo, en el último tiempo se han introducido en forma paulatina nuevas técnicas de trabajo, que emplean sistemas mecánicos modernos. Las causas a su juicio, de tal proceso evolutivo hacia métodos más avanzados son : la necesidad de reducir los costos unitarios, y alcanzar mayores niveles de producción.

Son estas las causas, que originan el comienzo de la mecanización en faenas de cosecha. Las opiniones son muchas y muy variadas al respecto, en nuestro país sin embargo, las razones principales a juicio de la mayoría parecen estar claras, costo y volumen.

Becker (1989), afirma que el aumento de la masa boscosa -plantaciones- y el aumento de la calidad de los productos a obtener del bosque, así como el paso de producir 11 millones de m<sup>3</sup>/año en 1988 a 27 millones de m<sup>3</sup>/año en el año 2000, hacen necesario el uso de nuevas técnicas y el personal debidamente especializado, para lograr las metas de producción.

La silvicultura cada vez más intensiva que se realiza en las plantaciones de Pino radiata y Eucaliptus, ha impulsado a las empresas forestales Chilenas a mecanizar cada vez más las faenas forestales, de este modo se logra extraer en forma rápida y eficiente los productos del bosque para cumplir con

las metas propuestas. (Toro, J. 1991).

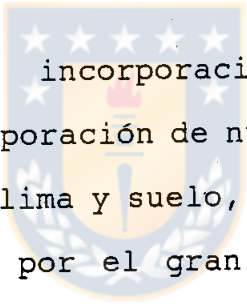
Los autores en general, dejan en claro que uno de los principales problemas a resolver en el corto plazo, es el aumento de la calidad de madera a producir - para satisfacer la demanda de mercado existente - lo que en gran parte debería ser resuelto mediante la incorporación de tecnología de vanguardia adecuada a las condiciones del sector, en particular para el sistema de cosecha. Por tanto, existe un problema de volumen a resolver en el mediano plazo. Luego, no solo existe un problema de cantidad de producción a satisfacer, sino que, a que costo se realizará este aumento de la producción, es decir, no es útil lograr un gran aumento si los costos a los cuales se realiza son demasiado altos, que impiden competir en forma ventajosa en los diferentes mercados.

Por tanto, y considerando que el ítem de cosecha explica gran parte de los costos de producción de madera, es necesario optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles y enfocar la atención en los puntos críticos o que hacen aumentar estos costos. (Alvarez, J. 1988).

Existen otros motivos que de alguna forma también han incidido en el aumento de mecanización de este tipo de actividades, estando relacionado en algunos casos con los

anteriores, pero que con la evolución del sector se han transformado, a juicio de muchos entendidos, en necesidades básicas para la evolución armónica del sector forestal.

Una razón que cada vez tiene mayor importancia es, la protección del medio ambiente forestal, de manera, de poder operar en distintas condiciones con la tecnología adecuada, que permita ocasionar el menor daño posible al medio, siempre que sea a un costo razonable, factible de realizar. (Heinrich, R. 1981).



En este sentido la incorporación de nueva tecnología a posibilitado la incorporación de nuevas áreas a la producción, que por pendientes, clima y suelo, no podían ser utilizadas por los altos costos o por el gran daño ocasionado al recurso suelo (Largo, S. 1985 ; Becker, J. 1989 ; Rivas, H. 1988). Por otro lado, también esta implícita la solución de un problema social, referente a mejorar el nivel y calidad de vida del trabajador forestal. Se necesitarán operarios con mayor capacitación para que mediante el uso de mejor tecnología puedan lograr un mayor rendimiento individual, todo esto acompañado de un trabajo más estable y mejor remunerado. (Becker, 1988; Alvarez, 1988; Largo, 1985; Rivas, 1988).

La mecanización es un proceso de aplicación de maquinaria para aumentar la productividad y facilitar el esfuerzo humano,

reemplazando la limitada capacidad física del hombre. En este aspecto, la mecanización significa una sustitución de mano de obra pero a la vez, un aumento de la capacidad y desarrollo socioeconómico del trabajador (Largo, S; Larrain, O; 1986).

En términos generales, si el grado de mecanización y selección de la maquinaria, ha seguido un análisis y evaluación de los factores técnicos, económicos, sociales y ambientales, presentará mayores efectos positivos, tales como: simplificación, aceleración y disminución de costos totales de producción; a la vez que, los beneficios sociales y de protección ambiental pueden ser mayores que los costos. (Largo, S. Larrain, O. 1986 ; Serón, J. 1988).

#### **3.2.4 Efectos negativos de la mecanización en la cosecha.**

La acción de mecanizar las faenas de cosecha, junto con traer una serie de beneficios imprescindibles para el normal desarrollo de la actividad, también han creado problemas de distinto tipo, siendo uno de los de mayor importancia el relacionado con los efectos causados al medio ambiente.

Es importante considerar que la mecanización altera el medio ambiente, se deteriora el suelo por compactación o disgregación, aumenta la sedimentación y polución de cursos de agua. Pero en algunas situaciones, puede ser la única alternativa

que posibilite el trabajo y a la vez cause el menor daño posible al sitio forestal (Largo, S; Larrain, O; 1986).

Gayoso e Yroume (1991), afirman que el mayor grado de mecanización, consecuencia de los mayores volúmenes de producción, la incorporación de terrenos con mayor grado de pendiente, el hecho de utilizar sitios en segundas y terceras rotaciones, la disminución de las edades de rotación, el mayor número de faenas en temporada húmeda, la expansión de las actividades hacia zonas de mayor precipitación y suelos de menor capacidad de soporte, traen -bajo algunas condiciones- una reducción progresiva de la productividad del sitio, un incremento de los niveles de contaminación de los cursos de agua y en general una degradación de las cuencas afectadas. (Citado por Gayoso, Yroume, Ellies ; 1991).

En general se puede afirmar que existe una cierta alteración negativa del medio ambiente, como consecuencia de la mecanización implantada en las faenas de cosecha forestal. Si se considera que esta situación es la más apropiada y lógica, lo importante será realizar una adecuada selección de la maquinaria utilizada en las distintas condiciones de trabajo, de manera de causar el menor impacto ambiental y el mayor beneficio social.

Algunos autores, han realizado estudios orientados ha

establecer los efectos causados en algunos elementos del medio, por algunos equipos bajo ciertas condiciones de trabajo, a modo de corregir algunas de estas actividades y cuantificar fenómenos ambientales.

Se ha determinado que las actuales prácticas de cosecha forestal generan modificaciones en las propiedades físicas del suelo, con una consecuente disminución de la productividad de los sitios (Gayoso, Yroume, Ellies, 1991).

Froehlich (1979), afirma que se han detectado algunos problemas, que son causados por tractores forestales y torres de madereo, los cuales influyen en un conjunto de propiedades físicas del suelo, las que controlan el desarrollo de los árboles. Lo anterior también lo corrobora Incerti en el año 1987 (citados por Toro, 1991).

Greacen y Sands (1980) señalan que, uno de los efectos importantes causados al suelo es el aumento de la densidad aparente, la cual afecta la penetración radicular, la infiltración de agua, altera el intercambio gaseoso y afecta la eficiencia de las raíces para absorber agua y nutrientes. Los fenómenos anteriores afectan negativamente el desarrollo de los árboles, lo que conduce finalmente a una pérdida de productividad del bosque (citados por Toro, 1991).

Firth y Murphy (1989), estudiando compactación del suelo por skidder en una plantación, llegan a determinar que el diámetro, la altura y forma del fuste, se ven afectados negativamente cuando corresponden a árboles que crecen en áreas compactadas (citados por Toro, 1991).

Gayoso (1982), al analizar en suelos compactados las pérdidas de crecimiento que se producen en plantaciones de Pino radiata de 4 y 6 años, concluyó que pueden ser de 56 a 59% (citado por Toro, 1991).

La severidad del daño producido no solo se debe asociar al tipo de máquina utilizada, sino que también a las características del sitio.

Es importante señalar, que la erosión que presentan los suelos puede afectar los rendimientos de las plantaciones forestales; al respecto, Skinner (1990), determina que suelos con erosión y una compactación moderada de la capa mineral, produjo pérdidas de 60% en volumen y 46% en área basal (citado por Toro, 1991).

La situación anterior se torna especialmente preocupante si se considera que, se ha podido determinar que las vías de saca con skidder cubren hasta un 40% de la superficie cosechada y con una densidad aparente de hasta 1,85 veces la densidad

control (Gayoso, Yroume, Ellies; 1991).

Considerando como superficie alterada, la de caminos, canchas y vias de saca, se determinó que el sistema de maderero con skidder produce las mayores alteraciones, en comparación con el maderero con bueyes y torres. Tabla 1. (Gayoso, Yroume, Ellies; 1991).

TABLA 1. Extensión de las alteraciones según sistema de maderero utilizado.

Alteración	Rango superf. afectada (%)		
	Bueyes	Skidder	Torres
Caminos	4,6 - 7,1	4,6 - 7,1	4,0 - 5,8
Canchas	3,2 - 5,2	1,9 - 6,0	1,5 - 2,6
Vias saca	11,4 - 15,8	20,7 - 40,4	1,6 - 2,9
Total	19,2 - 28,1	27,2 - 53,5	7,1 - 11,3

### 3.2.5 Proyección de la mecanización.

Con todo lo que se ha avanzado en la etapa de mecanización de faenas de cosecha, sin duda ha sido un gran logro, sin embargo la tarea no esta terminada, sino que más bien es una función dinámica en el tiempo que varía de acuerdo a múltiples factores. Es así, como la investigación debe ser una actividad



permanente y diversa, que permita trazar líneas de acción claras a futuro, quedando como principales líneas de investigación: (Becker,1989)

- La introducción de nuevas técnicas y equipos.
- El aprovechamiento económico del recurso bosque.
- Caminos. (accesibilidad interna y externa)
- Planificación y programación.
- Recurso humano.

Becker (1989), afirma que en operaciones de volteo y desrame en tala rasa la tendencia es el uso total de motosierra, en tanto en el madereo el desafío es alcanzar un uso eficiente de los sistemas de cables. En lo que respecta a raleo la tendencia es el volteo y desrame con motosierra, y a la producción de madera larga con mucha incorporación de mecanización.

### **3.3 Madereo con cable en Chile.**

#### **3.3.1 Situación chilena.**

El país, cuya topografía montañosa es una de las principales características no extraña a nadie, pero que éstas alcancen el 80% de su territorio, es algo que no muchos pueden imaginar.

Los terrenos montañosos por su cantidad representan un recurso muy importante de ser utilizado, el cual, no ha sido tratado con la importancia que se le merece. Solo queda preguntarse cuales son las causas de este poco interés por un recurso abundante en el medio.

No esta realmente claro aún la inquietud anterior, pero al parecer una de las razones importantes ha sido la falta de tecnología adecuada, que permita a costos razonables manejar aquel recurso, más aún, no existen los conocimientos ni los operarios capacitados suficientes para desempeñarse con este tipo de tecnología. (Becker, J., M. Larrain, J. Garrido. 1989).

A pesar del poco conocimiento, la mayoría de los autores coinciden en que una solución factible es el uso de cables, ya que es el único medio que permite hasta el momento operar a costos razonables, con niveles de producción e impacto en el medio aceptables.

### **3.3.2 Clasificación de los sistemas de cables.**

Los sistemas de madereo con cables pueden ser clasificados de diferentes maneras, dependiendo de la característica que se considere de mayor relevancia, es así como pudieran clasificarse por su tamaño, por la configuración del tendido, y

otras (Largo, S. 1985).

Una forma bastante común de clasificarlos, es por su capacidad de levante y transporte de la carga, en dos grandes grupos:

- Sistema terrestre o de tiro alto. (High-lead System)
- Sistema aéreo. (Skyline System)

### 3.3.2.1 Sistema terrestre.

Representa el método más convencional, que ha dado origen a la evolución tecnológica de los sistemas aéreos más modernos.

Su capacidad de carga esta limitada a la capacidad de levante vertical del punto de apoyo frontal o torre del equipo, de ahí su gran altura (30 a 35 m) que alcanzan estos equipos.

Su diseño permite levantar las cargas en forma no muy eficientes, por lo cual su distancia de madereo es del orden de tres veces la altura del mástil. Sobre estas distancias el sistema es equivalente a una extracción terrestre.

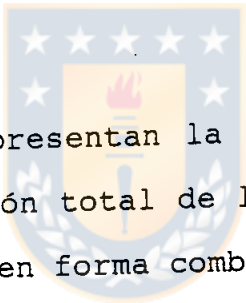
Las características anteriores, no solucionan en mucho el problema de requerimiento de caminos ni el de severos daños al suelo si el terreno es muy sensible.

En general, el sistema terrestre es apropiado para zonas de

fuertes pendientes con alta densidad de caminos y canchas para el maderero cuesta arriba.

### 3.3.2.2 Sistema aéreo.

El sistema consiste básicamente en un cable suspendido o línea aérea - Skyline - entre dos o más puntos de apoyo, desde el cual otras líneas movilizan un carro para el transporte de la carga. Sobre la línea aérea se desliza el carro porta trozos para movilizar la carga a lo largo del tendido o corredor de maderero.



Los sistemas aéreos presentan la característica única de la capacidad de suspensión total de la carga, aunque usualmente transportan la carga en forma combinada, parcial y totalmente suspendida, según la topografía y las variables técnicas de deflexión y tensión que existan en cada instalación.

El sistema de cable aéreo representa por sus características operacionales en términos generales, mayores ventajas técnicas que los sistemas terrestres, por las mayores distancias de operación, especialmente con tendidos multiluz y mayor versatilidad al permitir el maderero en ambas direcciones.

Dos de los sistemas aéreos de mayor desarrollo tecnológico lo representan:

- Sistema Gravitacional o cuesta arriba. (Gravity up-hill, Shotgun o flyer System).
- Sistema aéreo móvil. (Running Skyline System).

Cada sistema tiene diferentes configuraciones de los cables o líneas y básicamente son las siguientes:



### 3.3.2.2.1 Sistema gravitacional.

Consta de dos tambores principales para la línea aérea y la línea tractora. La línea aérea cumple una doble función: soporta y retorna al carro. El sistema se caracteriza porque el regreso del carro es por gravedad, de esta forma el carro porta troza requiere un sistema de frenado que puede ser mecánico o hidráulico.

Han demostrado ser sistemas muy eficientes por la velocidad del carro, al regresar por su propio peso, sobre todo en distancias medias de 200 a 300 metros. Es importante indicar que tienen requerimientos técnicos fundamentales, tales como: pendiente mínima del terreno de 15%, y planificación de los caminos y canchas, en localizaciones que permitan la única y exclusiva dirección del maderero hacia arriba.

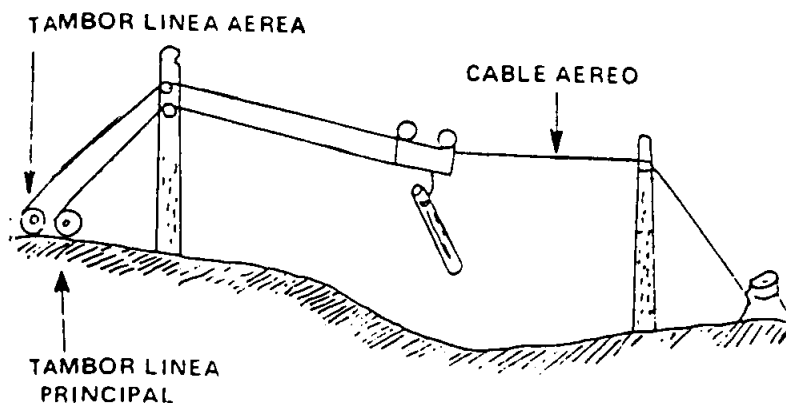


FIGURA 1. Sistema de maderero con cables del tipo gravitacional.

### 3.3.2.2.2 Sistema aéreo móvil.

Es un sistema de tres líneas suspendidas en movimiento, las que proveen en conjunto la capacidad de levante y transporte de la carga. Como están en movimiento, las líneas requieren de un mecanismo de tensionado - Interlock - para cumplir efectivamente las funciones de levante y transporte. Las líneas del sistema aéreo móvil son: línea aérea o cable portante, línea de retorno, línea tractora principal, y línea tractora secundaria o cable tractor flojo para el madereo lateral, que ayuda también a la devolución del carro.

Una de las características de mayor importancia es la capacidad de limitar las tensiones en las líneas suspendidas y ajustar la deflección al peso de la carga, esto se traduce en ventajas de eficiencia productiva al aumentar la velocidad de las líneas, y ventajas de seguridad al ser menores las tensiones disminuyendo los riesgos de accidentes.

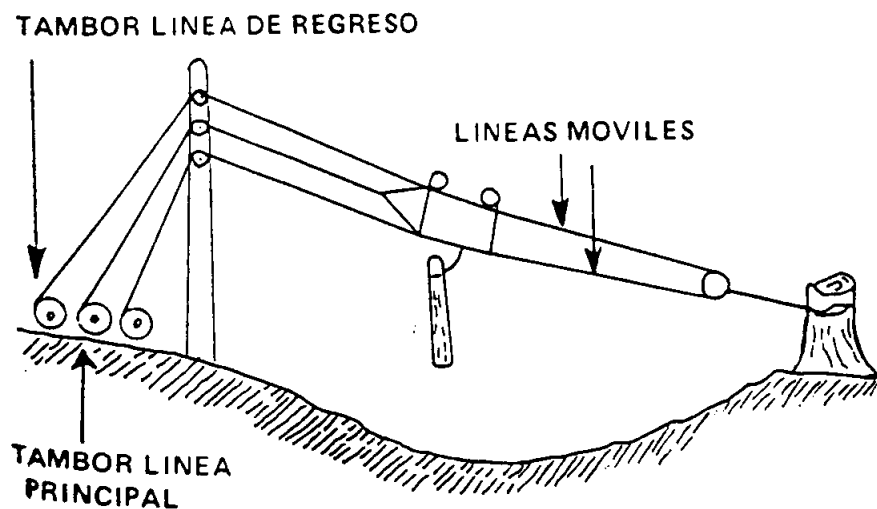


FIGURA 2. Sistema de madereo con cables del tipo aéreo móvil.

### 3.3.3 Evolución de los sistemas de cables en Chile.

Uno de los primeros intentos por incorporar este tipo de equipos, corresponde a un teleférico marca Lasso que llegó al país a mediados del año 1963. Estos equipos dieron muy buenos resultados en otros países, principalmente europeos.

Sin embargo, la máquina fue introducida al país sin conocer su posible comportamiento para las condiciones locales. Este teleférico funcionó en un predio en la localidad de Penco en la VIII región, de propiedad de C.M.P.C.. Los resultados obtenidos no fueron muy auspiciosos, pero se pudo llegar a algunas conclusiones importantes al respecto, determinando que el bajo rendimiento fue principalmente por el mínimo aprovechamiento de la capacidad de la máquina y tiempo



efectivo de trabajo, consecuencias básicamente de una mínima capacitación del personal y la deficiencia de una mantención adecuada (Alvarez, J. 1988). Como se indicó, este resultó ser un intento aislado por incorporar este tipo de tecnología, ya que solo desde el año 1982 se empieza a usar en forma más regular el sistema terrestre y a partir de este año se comienza a experimentar con sistemas aéreos (Largo, S. 1985).

Posteriormente Carrasco (1984), realiza un estudio de Cosecha a tala rasa mediante una torre de madereo Koller K-300, equipada con un motor diesel de 72 Hp de transmisión hidráulica marca Perkins. El carro es marca Koller Ska-1, con un peso aproximado de 150 kg.

El estudio se llevó a cabo en un predio denominado El Sector de Quebrada Honda, de propiedad de Forestal Celco S.A.. Las pendientes promedio son del orden del 40%, con una máxima de 80% y una mínima de 25%. Además, los datos fueron tomados durante la temporada de verano. Se determinó que la planificación y organización del trabajo no fueron buenos, ya que la maquina no se aprovecho en su real capacidad; Además, los tiempos de instalación son demasiado altos lo que castiga de sobremanera el rendimiento total alcanzado. Bajo estas condiciones se concluyó que su costo de operación es superior a otros equipos, para similares actividades, por lo que se recomienda en situaciones puntuales solamente (Carrasco, 1984).

A principios de los 80, son incorporadas dos tipos de torres al medio nacional, la Koller K-600 y los equipos Chatman. Estos equipos poseen mayor capacidad y altura que los equipos Koller K-300, por lo que se orientan exclusivamente a las faenas de tala rasa. Solo se tienen antecedentes de la primera, la que fue evaluada por Cabezas (1984) y que arrojó interesantes resultados.

El autor señala, que el daño ocasionado sobre el suelo es considerablemente menor a otros medios de arrastre y al efectuado por la torre koller K-300. En cuanto al rendimiento, resulta ostensiblemente mayor a los otros equipos para las mismas condiciones de trabajo, y por último, existe un mejor aprovechamiento del recurso ya que se puede extraer de lugares de difícil acceso.

Un sistema de cables de extracción forestal podrá trabajar en forma eficiente y segura, solo si cada instalación ha sido planificada adecuadamente, al considerar sus requerimientos de cancha, anclajes y capacidad de carga permisible (Largo, S. 1985).

Es importante en consecuencia, destacar que las torres de madereo forman parte de un sistema de extracción complejo e interrelacionado, que requiere de una óptima planificación para lograr un desarrollo eficiente y seguro.

### 3.3.4 Proyección de los sistemas de cables.

Sin duda que la evolución experimentada por este tipo de equipos, en las faenas de cosecha forestales, ha sido importante. sin embargo, lo que se conoce aún de esta tecnología en nuestro país es mínimo, por lo que la mayoría de los autores coinciden en que es primordial continuar investigando sobre la materia, a fin de lograr una utilización más eficiente y segura.

Por último, vale la pena destacar que Becker, J. (1989) y Largo, S. (1985) plantean, que en lo que a producción del sector forestal se refiere, uno de los principales desafíos en el corto y mediano plazo, es operar los sistemas de cables eficientemente en la cosecha forestal.

Es indudable que para lograr el desafío planteado anteriormente, se requiere de un gran incentivo a la investigación en esta área, tanto de particulares, instituciones dependientes del estado y universidades.

#### IV. MATERIAL Y METODO

##### 4.1 Material y equipo.

##### 4.1.1 Equipo de madereo.

##### 4.1.1.1 Especificaciones técnicas de la torre Koller K-300 dependiente.

**A. Descripción general.** Este equipo de origen Austriaco, es un sistema de madereo por gravedad diseñado para el operar cuesta arriba. La pendiente mínima de trabajo es de 15% y la distancia de madereo varía según el diámetro del cable, entre 300 y 500 metros. Esta torre debe ser adosada a un tractor, eje toma fuerza, para poder operar, el cual posee como única restricción tener una potencia igual o superior a 50 Hp.

Posee dos cabrestantes marca Inghland, uno para el cable de tracción y el otro para el cable aéreo, ambos poseen disco de embrague y frenos operados hidráulicamente.

La torre puede ser transportada por cualquier tractor agrícola que posea el tercer punto de anclaje y una capacidad mínima de levante hidráulica de 1.6 toneladas.

**B. Torre.** Esta construida en acero abatible, tiene 7 metros de altura y es asegurada por dos vientos de 15 mm de diámetro con alma de acero y 30 m de longitud.

**C. Cables.** Posee dos cables principales correspondientes a:  
Aéreo : 16 mm de diámetro, alma de fibra, construcción tipo seal 6\*19 y 350 m de longitud.  
Tracción : 9,5 mm de diámetro, alma de fibra y 350 m de longitud.

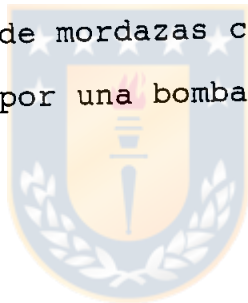
**D. Carro.** La torre posee un carro marca Koller SK-1, con las siguientes características :

Capacidad de carga : 1000 Kg

Peso propio : 150 Kg

Número de poleas : 2

Freno : de mordazas con sujeción, accionadas por una bomba hidráulica



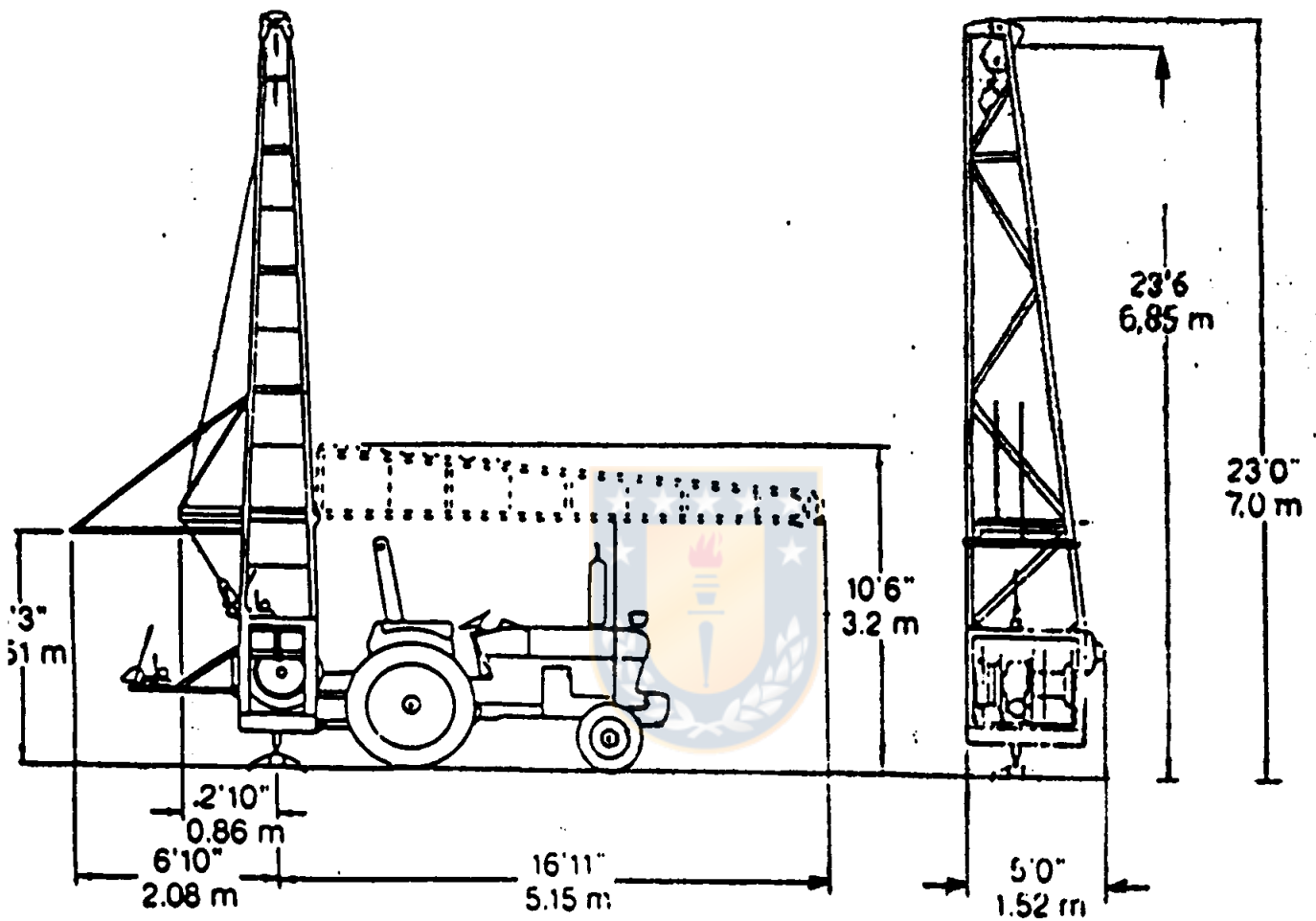


FIGURA 3. Vista lateral y frontal torre K-300 dependiente.

#### **4.1.2 Material.**

Para la toma de información en terreno se utilizó el siguiente material : cronómetro, clinómetro, huincha de distancia, forcípula, jalones. Además, material cartográfico, planos de rodales y fotografías aéreas.

Para el procesamiento de la información recolectada en terreno, se utilizó un computador marca DECpc, modelo 325 sxLp, perteneciente al Departamento de Informática de la Universidad de Concepción, campus Chillán.

#### **4.2 Metodología.**

##### **4.2.1 Elección del área de estudio.**

Para la elección se consideró básicamente , que el área fuese representativa para el trabajo de este tipo de equipos, es decir, con pendientes mayores a 30%.

El predio en el cual se realizó las faenas se denomina Flor de Conihueco y esta ubicado en la cordillera de la costa de la provincia de concepción, en el kilometro 35 del camino a Talcamávida. Su topografía es mayoritariamente quebrada, con presencia de fuertes pendientes. Sus suelos son arcillosos de origen granítico, ricos en cuarzo.

El bosque, corresponde a plantaciones de pino radiata en estado de desarrollo, al cuál se le realizan intervenciones de raleo comercial.

#### **4.2.2 Descripción del método de madereo.**

La operación de cosecha, correspondió a una faena de raleo en bosque de Pinus radiata D. Don, en un terreno de mediana a alta pendiente, especialmente apto para el funcionamiento de la torre Koller K-300 sometida a estudio. El objetivo básico de esta cosecha, fue la obtención de madera de fuste completo, destinada a metro ruma pulpable.

Para la ejecución de esta faena se realizó una muy buena planificación, que permitió en forma anticipada a la extracción, determinar futuros corredores de saca y realizar un volteo dirigido de los árboles, de modo de conocer anticipadamente el lugar de operación de la faena. Esto es muy importante para desarrollar en forma expedita el cambio de instalación.

La faena de cosecha utilizada consideró básicamente tres fases, las cuales fueron:

- a.- Ubicación y demarcación de corredores.
- b.- Volteo y desrrame de las áreas antes demarcadas.
- c.- Extracción de la madera.



El buen cumplimiento individual de cada una de estas etapas, es imprescindible para la obtención de un buen resultado global.

La extracción de la madera se realizó en corredores de 40 m de ancho y de un largo variable dependiendo del lugar específico, tratando siempre que sea lo más próximo a los 350 metros, correspondiente al máximo de su capacidad.

Para la ubicación de cada corredor fue preciso considerar una serie de variables, tales como: pendiente, puntos irregulares del terreno, longitud, puntos de anclaje, instalación de soportes intermedios, permitiendo un buen funcionamiento futuro del tendido de cables (Figura 6).

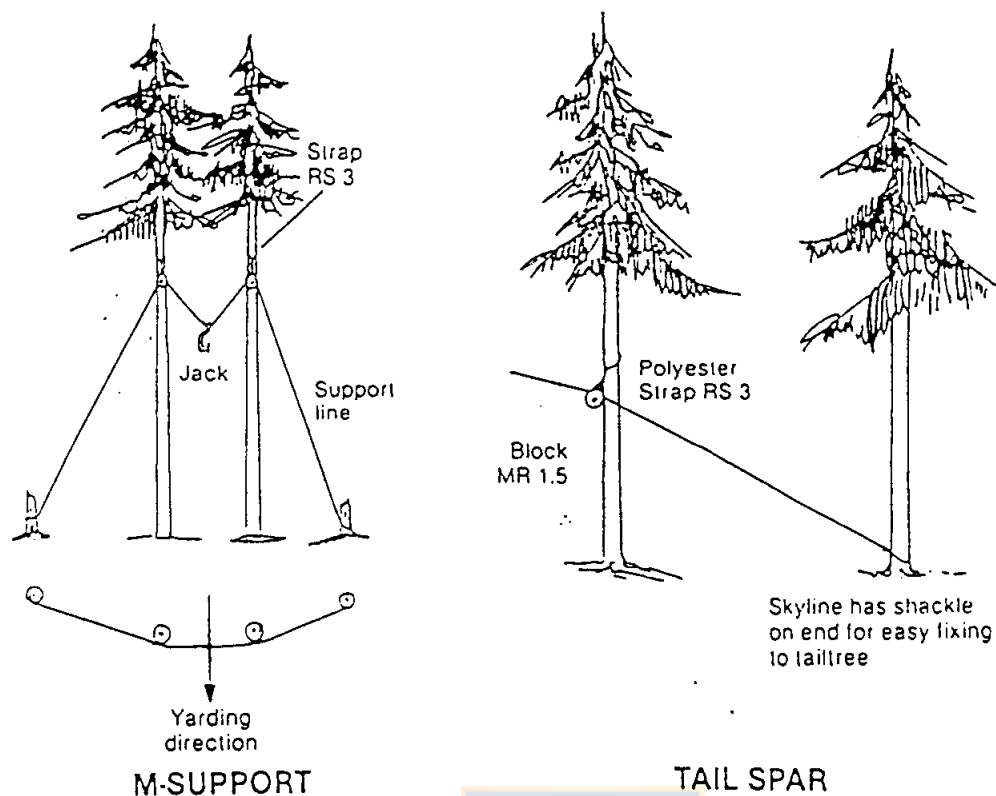
En lo referente al personal, y para asegurar un funcionamiento óptimo de todo el sistema de cosecha, participan 7 personas, los que conformaron la cuadrilla o equipo de trabajo. La función específica que desempeña cada una de ellas fue la siguiente :

- Estroberos (3) : encargados de amarrar y desamarrar las trozas al carro.
- Motosierristas (3): Encargados de realizar el volteo y desrame de la faena.
- Operador (1) : Encargado de operar la torre y ayudar en el cambio e instalación de

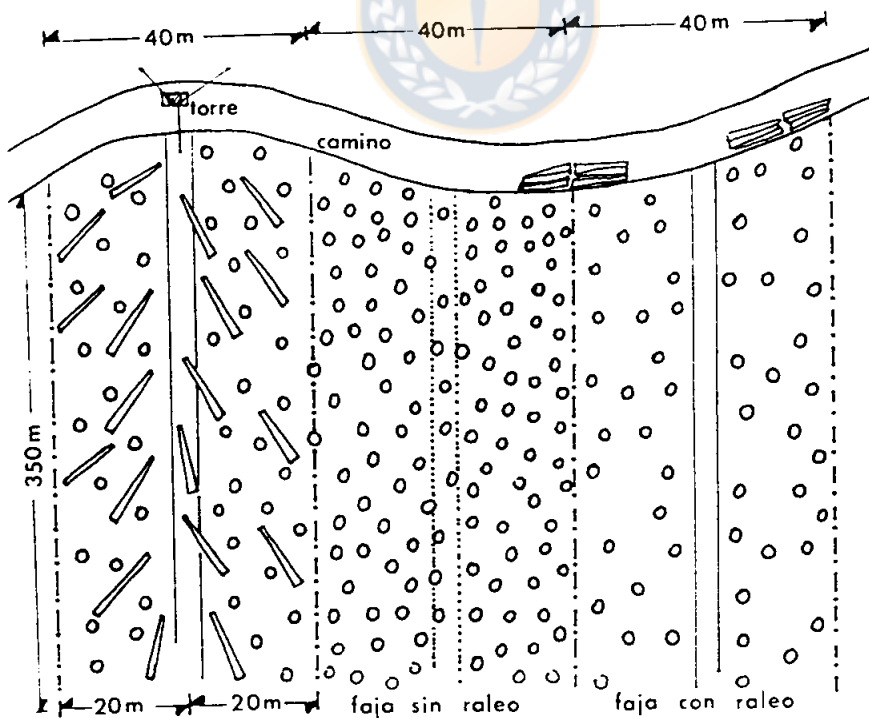
- la misma.
- Capataz (1) : Encargado del trazado de corredores, el traslado e instalación de la torre, así como la coordinación general de todas las actividades de la faena.

La forma de comunicación entre el operador y los estroberos fue mediante radio transmisor, lo que permitió una comunicación y coordinación expedita.

Todos los operarios tienen una capacitación básica especialmente el capataz, motosierrista y operador de la torre, esto permitió mayor eficiencia y seguridad en el desempeño individual y colectivo de la faena.



**FIGURA 4. Soporte intermedio (M-support) y puntos de anclaje en el tendido (Tail spar).**



**FIGURA 5. Esquema de maderero utilizado por la torre.**

#### 4.2.2.1 Funcionamiento de la torre.

En la extracción de trozas con la torre K-300, se utilizan dos cables y un carro porta carga. El cable de tracción se une en su extremo a un péndulo porta carga, al cual se unen los estobos. Este péndulo, al acoplarse al carro acciona el freno, permitiendo el desplazamiento del carro a través del cable portante, hacia abajo por gravedad, y hacia arriba al enrollar el cabrestante que tracciona el carro.

El desplazamiento del carro vacío es por gravedad, deteniéndose al frenar el desenrollado del cable de tracción. Posteriormente, se cambia la dirección del movimiento del carro, produciéndose el accionamiento del freno. Una vez que el cable se encuentra frenado, es posible soltar el cabrestante del cable de tracción, el cual debido al peso del péndulo de carga, baja hasta la superficie del terreno.

La detención del carro en la zona de descarga se hace al dejar de enrollar el cable de tracción, cambiando de dirección el movimiento del carro para que accione el freno. Una vez detenido el carro, se suelta el cabrestante del cable de tracción para que baje el péndulo con la carga.

#### 4.2.2.2 Instalación de la torre.

Para realizar una buena instalación es necesario seguir una secuencia de pasos, que permitan lograr esta operación en forma rápida y segura en su funcionamiento posterior. La secuencia fue la siguiente:

- 1.- Se instalaron los vientos de la torre, los cuales quedaron separados por un ángulo de entre  $40^{\circ}$  y  $60^{\circ}$  entre sí, por lo que se seleccionaron los tocones apropiados. El ángulo vertical entre la torre y los vientos no fue superior a  $75^{\circ}$ .
- 2.- Se estabilizó la torre, quedando nivelada.
- 3.- Se levantó la sección inclinada de la torre por medio del cabrestante correspondiente.
- 4.- Se colocaron todos los vientos en su posición y se procedió a tensarlos.
- 5.- Se bajó el cable portante tirándolo en forma manual, amarrándolo a un tocón o árbol en el extremo de la línea de madereo.

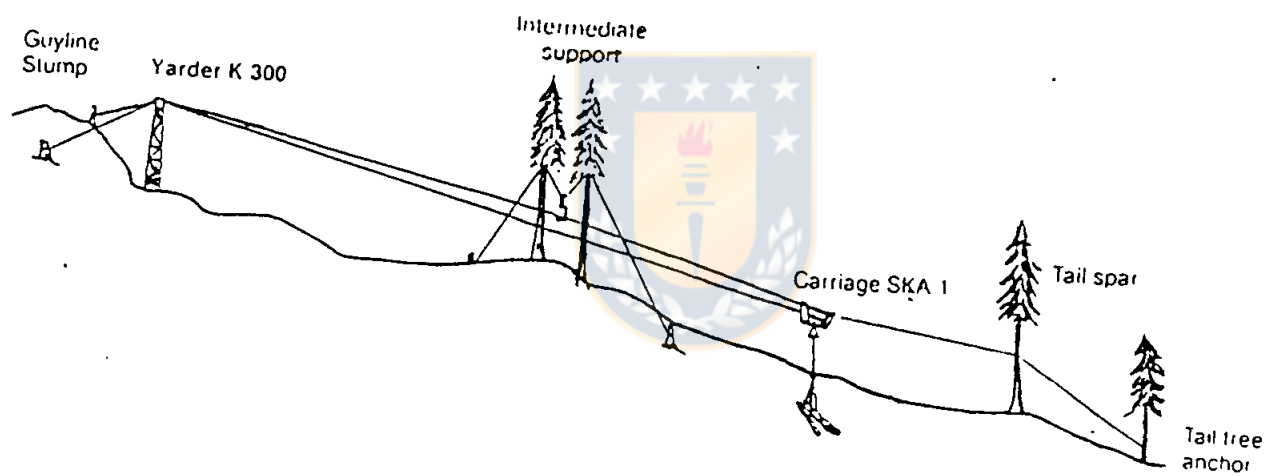
En algunos casos por causas topográficas puede hacerse necesario la instalación de soportes intermedios al cable portante, para lograr un óptimo funcionamiento.

- 6.- Se desenganchó el carro porta carga de la torre y se colocó en el cable portante.
- 7.- Se tensionó el cable aéreo accionando el cabrestante a una pequeña velocidad y se mantuvo tenso aplicando el freno.

El proceso para desmontar la torre y el tendido es exactamente inverso a la operación de instalación.

Para la etapa de traslado, en la torre esta operación es relativamente fácil, solo basta desmontarla para poder trasladarla, ya que posee un tractor al cual esta conectada en forma permanente.



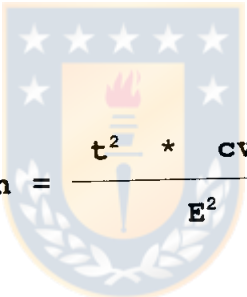


**FIGURA 6.** Esquema de tendido utilizado por la torre.

#### 4.2.3 Determinación del tamaño de la muestra.

Para la determinación del tamaño de la muestra, se utilizó el coeficiente de variación obtenido en la etapa de premuestreo correspondiente y un error máximo admisible del 10% a un nivel de confianza de 95%.

El ciclo de madereo realizado por la torre, es la unidad básica de muestreo empleada, y que no incluye el traslado e instalación de esta, sino que solo, los tiempos empleados en maderear. Por tanto, el valor de n se determinó utilizando la siguiente relación:



$$n = \frac{t^2 * cv^2}{E^2}$$

Donde:

- n = número de unidades muestrales.
- cv = coeficiente de variación del premuestreo (%).
- E = error máximo admisible (%).
- t = valor "t" de student.

Para la realización del premuestreo, se realizó la toma de información durante una jornada de trabajo, en un día cualquiera. Con esto se trató de realizar el premuestreo en la forma más natural y espontanea posible, de modo que los tiempos fueran representativos de un día normal.



#### 4.2.4 Estudio de tiempos.

Para el estudio de los tiempos se consideraron dos etapas, dentro de lo que se define como operación de madereo de las torres, una que consideró todo lo relacionado con la extracción de madera desde los corredores de madereo, y la otra todo lo relacionado con el traslado e instalación de la torre. Cada una de estas dos etapas consideró subetapas, que en su conjunto permitieron determinar los tiempos totales.

En la etapa de madereo propiamente tal, se determinaron funciones de tiempos totales. Siendo determinadas por la variable función de madereo.



#### 4.2.4.1 Ciclo de madereo.

A. Tiempos fijos de madereo. Estos tiempos fueron determinados por:

Frenado y caída de péndulo en bosque	Tcpb
Carga	Tc
Madereo Lateral	Tml
Frenado y caída de péndulo en cancha	Tcpc
Descarga	Td
Demoras	Tde
Tiempo fijo total (min)	Tft (*)

$$(*) : Tft = Tcpb + Tc + Tml + Tcpc + Td + Tde$$

B. Tiempos variables de madereo. Las funciones de tiempo variables de madereo fueron determinadas en relación a la distancia total de madereo, es decir:

Viaje vacío	Tvv (D)
Viaje cargado	Tvc (D)
Tiempo variable total (min)	Tvt (D) (*)

$$* : Tvt (D) = Tvv + Tvc$$

C. Tiempo total ciclo de madereo.

$$Tt (D) = Tft + Tvt (D)$$

4.2.4.2 Cambio de instalación.

En el cambio de instalación se consideró las tres etapas siguientes:

Desmontaje	Td
Traslado	Tt
Instalación	Ti
<hr/>	
Tiempo total cambio de instalación (min)	Tci (*)

$$Tci = Td + Tt + Ti$$

Para incorporar el tiempo total de cambio de instalación a las funciones de tiempo total de madereo, fue necesario promediarlo y asignarlo a cada ciclo efectuado; de este modo pasó a ser considerado como un tiempo fijo de la unidad muestral, ya que no es dependiente de una variable explicatoria.

#### 4.2.4.3 Tiempo total con cambio de instalación.

Tiempo fijo total	Tft
Tiempo variable total	Tvt (D)
Tiempo cambio de instalación por ciclo	Tci p/c
<hr/>	
Tpo. total con cambio de instalación (min)	Tt c/c (D) (*)

$$(*) : Tt \text{ c/c (D)} = Tft + Tvt + Tci \text{ p/c}$$

#### 4.2.5 Estudio de rendimiento.

Para determinar las funciones de rendimiento del maderero con torre, se utilizaron las funciones de tiempo total, tiempos de cambio de instalación y volumen promedio por ciclo de maderero. Lo anterior puede ser expresado por la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento (m}^3\text{ssc/hr)} = \frac{V * 60}{Tt(D)}$$

V : Volumen promedio por ciclo, m<sup>3</sup>ssc

##### 4.2.5.1 Rendimiento de maderero con cambio de instalación.

Se estableció relacionando el volumen promedio por ciclo con el tiempo total de maderero con cambio de instalación.

$$\text{Rendimiento c/c (m}^3\text{ssc/hr)} = \frac{V * 60}{Tt \text{ c/c (D)}}$$

#### 4.2.6 Estudio de costos.

Todos los costos son expresados en dólares, según el valor oficial que estos presenten a la fecha del estudio.

Los costos son presentados en forma general, lo que para su obtención en forma inicial, se consideraron tanto valores fijos como variables para llegar en último término a un valor total, sirviendo de base con las funciones de rendimiento para determinar las funciones de costo presentadas posteriormente. Además, los costos fueron relacionados con unidades volumétricas y horarias, logrando una fácil asimilación y su posterior comparación.

En cada punto posteriormente considerado, de acuerdo al esquema de costos adoptado, se entregan los valores en forma independiente para las dos situaciones de madereo, es decir, con y sin cambio de instalación.

#### 4.2.6.1 Costo de producción.

Para establecer las funciones de los costos de producción del proceso, fue necesario relacionarlos costos horarios con las funciones de rendimiento anteriormente determinadas, siendo expresado por la siguiente relación:

$$C_p = \frac{\text{Costo (US\$/hora)}}{\text{Rendimiento (m}^3 \text{ ssc /hora)}} \text{ (US\$/m}^3 \text{ ssc )}$$

Donde:

$$C_p = \text{Costo de producción (US\$/m}^3 \text{ ssc)}.$$

#### 4.2.6.2 Costos horarios de producción.

Estos costos se entregan en función de una unidad de tiempo determinada, en este caso la hora, lo que indica el valor que alcanza el sistema de producción en cada unidad de tiempo. Es ésta una forma simplificada de entregar los valores, y que permite obtener una visión diferente en relación a los costos del proceso productivo. Estos costos horarios se generan como consecuencia del rendimiento anteriormente determinado para el sistema y son expresados en US\$/hora.

## V.- RESULTADOS Y DISCUSION.

### 5.1. Antecedentes Generales.

El raleo fue realizado en el predio Flor de Conihueco y ejecutado por la empresa de servicios forestales **IFSA Ltda.** Esta correspondió a una actividad normal de producción llevada a cabo por tal empresa, aprovechando de controlar lo anterior con fines experimentales productivos. El período de control tuvo una duración de 15 jornadas a contar del día 1 de marzo de 1993.



**TABLA 2. RESULTADOS.**

Jornadas Reales trabajadas	15	
Producción total	551	m3ssc
Horas horómetro trabajadas	85,54	Hr
Productividad hora-horómetro	6,09	m3ssc/Hr
Tpo. promedio cambio de instalación	146	min
Número de corredores intervenidos	8	
Ancho promedio de los corredores	40	m
Distancia media de madereo	155	m
Volumen medio por ciclo	0,656	m3ssc
Longitud total media del corredor	233	m
Costo total de producción	9,15	US\$/m3ssc

Se utilizó el sistema de aprovechamiento de fuste completo en la extracción, lo cual contempla además el volteo y desrame en bosque, más el trozado en cancha.

El volteo se realizó en toda la faja de instalación del tendido (3 m de ancho) y en aquellos árboles en que el criterio de selección adoptado así lo indicara, con la finalidad de causar el menor daño posible en la masa remanente y facilitar el posterior madereo lateral. Este método exige:

- Exacta ubicación del carro para el madereo lateral.
- Volteo en forma dirigida y precisa.
- Limitado ancho del corredor ( 40 metros ).

#### **5.1.1 Tamaño de la muestra.**

Para determinar el tamaño de la muestra se recurre a la relación entregada con anterioridad en la metodología y a la información obtenida del premuestreo, la cual entrega el valor del coeficiente de variación ( $cv = 72,64\%$ ) empleado. El valor de "t" (1,96) se obtiene a partir de la tabla de Student con un 95% de confianza, y el error de muestreo se asume en un 10%. Por tanto, el número de unidades muestrales (ciclo de madereo) a medir fue de 203 unidades.



## **5.2 Estudio de Tiempos.**

La información se encuentra agrupada en un solo rango de pendiente real para la línea aérea. No fue posible subdividir en más rangos ya que por diversas circunstancias (proceso nuevo, personal sin experiencia y otros) los resultados obtenidos son similares para diferentes pendientes.

Los tiempos directamente productivos de esta maquina están compuestos por las actividades de viaje vacío, frenado y caída de péndulo en bosque, carga, madereo lateral, viaje cargado, frenado y caída de péndulo en cancha y descarga. Las demoras son consideradas como tiempos indirectamente productivos.

A su vez, se presentan los tiempos de cambio de corredor como tiempo de desmontaje, traslado e instalación.

### **5.2.1 Tiempos fijos.**

Corresponden a aquellos que no guardan relación alguna con la distancia de madereo. Se presentan en la tabla 3.

**TABLA 3. TIEMPOS FIJOS REGISTRADOS PARA EL CICLO DE MADEREO.**

Elementos del ciclo	min/ciclo %	
F. y C. de pend. bosq.	0,25	4,90
Carga	2,60	51,70
Mad. Lateral	0,37	7,37
F. y C. de pend. bosq.	0,17	4,18
Descarga	0,60	11,95
Demoras	0,98	19,90
Total	5,02	100,00

Según el cuadro anterior, claramente se puede apreciar la alta participación presentada por la etapa de carga con 2,6 min/ciclo y un 51,7% del total de tiempos fijos. Además, presenta una desviación típica de 1,85 min/ciclo y valores extremos de 8,16 y 0,43 min/ciclo, se concluye por tanto, que el momento de carga es altamente incidente y errático en su comportamiento.

La otra etapa que presenta un cierto grado de incidencia es la descarga, con una participación de 0,6 min/ciclo y que equivale casi al 12% del tiempo fijo total. Presenta una desviación típica de 0,39 min/ciclo y valores extremos que van de 0,067 a 4,23 min/ciclo.

El resto de las actividades que componen los tiempos fijos, no presentan mayor preponderancia en el tiempo fijo total y por lo

tanto no se explican con mayor detalle que el del cuadro.

Debido a la alta incidencia del tiempo de carga, con un 51,7% del tiempo fijo total, vale la pena explicarse las causas que provocan tal fenómeno y entre las cuales se encuentran las siguientes:

- Complejidad del proceso de estrobado.
- Estroberos sin la suficiente capacitación.
- Bosque con exceso de desechos y sotobosque, lo que impide un accionar expedito de los estroberos.
- Topografía compleja, con presencia de contrapendientes que hacen disminuir la de la línea aérea, dificultando la bajada del carro y del cable tractor.

En caso de la descarga, que es la otra actividad dentro del tiempo fijo que tiene cierto grado de incidencia con un 12%, las causas se podrían explicar por:

- Espacio de descarga demasiado reducido, lo que dificulta la movilidad del boyerizo y sus bueyes, al momento de desestrobar la madera y su posterior enganche.
- Alta pendiente al inicio del corredor, lo que junto al reducido espacio de la cancha de

descarga, dificulta de sobremanera la estabilización de los fustes al posarse en el suelo y ser desestrobados.

Por último es importante destacar, que el promedio de tiempo fijo por cada ciclo efectuado corresponde a 5,02 min.

### 5.2.2 Tiempos variables.

Estos tiempos corresponden para el estudio a los momentos de viaje vacío y viaje cargado, los cuales se encuentran en función directa de la distancia de madereo utilizada en cada caso, y son explicadas en forma conjunta por la función de tiempo variables.

En la realización del presente estudio, es necesario considerar que la distancia máxima alcanzada por el tendido fue de 300 metros, dado que existe pérdida de cable en el anclaje final y en el tambor como factor de seguridad. Esta es una situación factible de solucionar de modo de dejar el tendido con 350 metros que representa su máxima capacidad de madereo.

La longitud total media de los corredores intervenidos es de 233 metros y la distancia media de madereo alcanzada correspondió a 117 metros.

La tabla 4 tiene las funciones para los momentos variables.

**TABLA 4. FUNCIONES DE TIEMPO VARIABLE.**

Elementos del ciclo (min/clo)	Modelo	$r^2$	EEE	F
V. Vacío	$T_{vv} = 0,154023 + 0,003538 * D_m$	0,71	0,10	219
V. Cgdo.	$T_{vc} = 0,288209 + 0,008861 * D_m$	0,82	0,18	322
T. Vble.	$T_v = 0,443741 + 0,012384 * D_m$	0,86	0,22	294

El indicador  $R^2$  expresa la bondad de ajuste e indica que proporción de la variable dependiente es explicada por la(s) variable(s) explicatoria(s). Este es significativo para todas las funciones.

El análisis de varianza (F) indica que todos los modelos son significativos.

**Error de estimación.** Para viaje vacío y viaje cargado se entrega en la tabla 5.

**TABLA 5. ERROR DE ESTIMACION.**

Momento	Tamaño muestra	EE (%)
Viaje vacío	338	2,81
Viaje cargado	338	3,29

**Error de muestreo.** Obtenido finalmente para los tiempos variables se entrega en la tabla 6.

**TABLA 6. ERROR DE MUESTREO.**

Momento	Tamaño muestra	EM (%)
Viaje vacío	338	4,66
Viaje cargado	338	5,29

### 5.2.3 Tiempo del cambio de instalación.

Uno de los objetivos básicos de este estudio, consistió en determinar funciones de rendimiento en las cuales pueda ser cuantificado el tiempo de cambio de instalación del sistema, con el fin de comparar y determinar su incidencia en el rendimiento y costos totales de producción.

El tiempo de cambio de instalación de un corredor a otro se descompone en : Desmontaje, Traslado e instalación.

La tabla 7 entrega el promedio de tiempo total y su desglose en cada etapa de este proceso, para la modalidad de trabajo definida con anterioridad.

**TABLA 7. TIEMPO CAMBIO DE INSTALACION.**

Elementos del ciclo	Tiempo (min)	(%)
Desmontaje	38,0	26,0
Traslado	9,0	6,0
Instalación	99,0	68,0
Total	146,0	100

De esta manera, el promedio de cambio de instalación alcanzo un tiempo de 2 horas y 26 minutos, lo que sin duda y a simple vista representa una cantidad de tiempo bastante considerable si se estima que la longitud total media de los corredores llegó a 233 y que este tiempo debe ser considerado como productivo.

Dentro de la etapa de cambio de instalación la mayor participación, en forma determinante, la alcanzo el momento de instalación, con un 68 % del tiempo total, seguido en forma muy distante por el momento de desmontaje con un 26 % y finalmente el traslado con un 6 %.

La alta incidencia de la instalación dentro del proceso, lo califica como el momento más complejo y determinante en el buen funcionamiento posterior de la torre. Por consiguiente, se requiere en esta fase de una muy buena coordinación y capacitación de las personas participantes, si se desea mantener o disminuir los tiempos ya existentes.

**Distribución del tiempo de cambio de instalación en los ciclos.**

El tiempo de cambio de instalación puede, o no, ser considerado para efectos del calculo de tiempo total por ciclo para distintas distancias de un determinado corredor. En caso de ser adicionado al ciclo de maderero es necesario antes, aplicar la siguiente relación:

$$T_{c/c} = \frac{T_c * Vol/ciclo.}{Vol/há * Ac * L / 10.000} \quad (\text{min/ciclo})$$

Donde:

- $T_{c/c}$  : Tiempo cambio de instalación por ciclo (min/ciclo).
- $T_c$  : Tiempo promedio cambio de instalación (min).
- Vol/ciclo : Volumen medio por ciclo (m<sup>3</sup>ssc/ciclo).
- Vol/Há : Volumen a extraer por hectárea (m<sup>3</sup>ssc/há).
- Ac : Ancho del corredor (mts).



L : Longitud total media corredor (m).

De acuerdo a lo anterior, el tiempo de cambio de instalación por ciclo para este caso fue estimado considerando:  $T_c = 146$  min ;  $Vol/ciclo = 0,656$  m<sup>3</sup>ssc/ha ;  $Ac = 40$  m y  $L = 233$ . Por tanto el  $T_{c/c} = 1,65$  min/ciclo.

#### 5.2.4 Tiempo total por ciclo.

A. Sin cambio de instalación. La función de tiempo total se entrega a continuación :

$$TT = 5,463741 + 0,012384 * Dm \quad (\text{min/ciclo}).$$

Según la función anterior se obtiene para el rango de distancia medido en terreno, la tabla 8 siguiente:

TABLA 8. TIEMPO TOTAL POR CICLO.

Dist. m	Tiempo Fijo		Tiempo variable		TT min/ciclo
	min/ciclo	%	min/ciclo	%	
20	5,02	87,90	0,691	12,10	5,711
40	5,02	84,24	0,939	15,72	5,956
60	5,02	80,88	1,188	19,12	6,207
80	5,02	77,78	1,434	22,22	6,454
100	5,02	74,90	1,682	25,10	6,702
120	5,02	72,23	1,930	27,77	6,950
140	5,02	69,75	2,177	30,25	7,197
160	5,02	67,43	2,425	32,57	7,445
180	5,02	65,95	2,673	34,05	7,693
200	5,02	63,22	2,920	36,78	7,940
220	5,02	61,31	3,168	38,69	8,188
240	5,02	59,51	3,416	40,49	8,436
260	5,02	57,81	3,664	42,19	8,684
280	5,02	56,21	3,911	43,79	8,931
300	5,02	54,68	4,158	45,32	9,180

Para la distancia media de madereo de 117 metros se logra un tiempo por ciclo de 6,91 min, lo que da un equivalente de 8,68 ciclos por hora.

**B.- Con cambio de instalación.** La función de tiempo total se logra incorporando el T c/c a la constante de la función de tiempo total original, la cual se entrega a continuación.

$$TT = 7,113741 + 0,012384 * Dm \text{ (min/ciclo).}$$

De acuerdo a esta función se obtiene la tabla 9 de inferencias

totales considerando el cambio de instalación.

**TABLA 9. TIEMPO TOTAL POR CICLO CON CAMBIO DE INSTALACION.**

Dist. m	Tiempo fijo		Tiempo Variable		TT min/ciclo
	min/ciclo	%	min/ciclo	%	
20	5,02	68,20	2,341	31,80	7,361
40	5,02	65,97	2,589	34,03	7,609
60	5,02	63,89	3,837	36,11	7,857
80	5,02	61,94	3,084	38,06	8,104
100	5,02	60,11	3,332	39,89	8,352
120	5,02	58,38	3,580	41,62	8,599
140	5,02	56,74	4,827	43,26	8,847
160	5,02	55,20	4,075	44,08	9,095
180	5,02	53,73	4,323	46,27	9,343
200	5,02	52,35	4,570	47,65	9,590
220	5,02	51,03	4,818	48,97	9,838
240	5,02	49,77	5,166	50,23	10,086
260	5,02	48,58	5,313	51,42	10,333
280	5,02	47,44	5,561	52,56	10,581
300	5,02	46,36	5,809	53,64	10,829

### 5.3 Rendimientos.

El volumen medio transportado por ciclo fue de 0,656 m<sup>3</sup>, con este valor más la función de tiempo total con y sin cambio de instalación, se obtienen las funciones de rendimiento que se entregan en la tabla 10.

**TABLA 10. FUNCIONES MATEMATICAS DE RENDIMIENTO.**

Elementos del ciclo	Modelo (m <sup>3</sup> /hora)
S/C instalación	$\frac{39,36}{5,463741+0,012384*Dm}$
C/C instalación	$\frac{39,36}{7,113741+0,012384*Dm}$

De acuerdo al cuadro anterior se obtiene la tabla 11 siguiente, con inferencia para las distintas distancias de extracción.

**TABLA 11. RENDIMIENTOS CON Y SIN CAMBIO DE INSTALACION.**

Dist. m.	Rendimiento (m <sup>3</sup> ssc/hora)	
	S/C instalación	C/C instalación
20	6,89	5,34
40	6,61	5,17
60	6,34	5,01
80	6,01	4,85
100	5,87	4,71
120	5,66	4,58
140	5,47	4,45
160	5,29	4,33
180	5,12	4,21
200	4,96	4,10
220	4,81	4,00
240	4,66	3,90
260	4,53	3,81
280	4,41	3,72
300	4,29	3,64

Para la distancia media de madereo de 117 metros se alcanza una productividad de 5,09 m<sup>3</sup>ssc/hora al no considerar los cambios de instalación, en cambio al incluir esta situación el rendimiento llega a 4,60 m<sup>3</sup>ssc/hora.

Se debe considerar que el carro esta diseñado para cargar hasta 1000 Kg y que el cable tractor puede resistir hasta 1700 Kg, por lo que el volumen promedio alcanzado de 0,656 m<sup>3</sup>ssc/ciclo se encuentra dentro del rango permisible. Por otra parte, dentro de las 15 jornadas reales trabajadas se realizaron 8 cambios de instalación, lo que entrega una relación de 0,53 cambio/día. Para el valor medio de tiempo utilizado en esta operación de 146 min, se deduce que diariamente se registra una pérdida inmediata de 78 minutos (1 hora y 18 minutos), lo que significa un 16,25 % de perdida para las 8 Horas de trabajo por jornada.

Según criterio del instructor especialista, con personal debidamente capacitado, el promedio de los cambios de instalación debiera ser máximo de dos horas. Con este valor se han recalculado los rendimientos y la comparación se entrega en la tabla 12.

**TABLA 12. DIFERENCIAL EN LOS RENDIMIENTOS AL CONSIDERAR DOS TIEMPOS EN EL CAMBIO DE INSTALACION.**

Dist m	Rendimiento (m <sup>3</sup> ssc/hora)	
	C/inst. 146 min	C/inst. 120 min
20	5,34	5,56
40	5,17	5,38
60	5,01	5,20
80	4,85	5,04
100	4,71	4,88
120	4,58	4,74
140	4,45	4,60
160	4,33	4,47
180	4,21	4,35
200	4,10	4,23
220	4,00	4,12
240	3,90	4,02
260	3,81	3,92
280	3,72	3,83
300	3,64	3,74

#### 5.4.- Costo.

Para la determinación de las funciones de costo se asume una producción media mensual de 800 m<sup>3</sup>/mes, que esta en directa relación a lo que entregan las funciones de rendimiento con cambio de instalación anteriormente presentadas y considerando un total de 24 jornadas trabajadas por mes.

Este costo alcanzado en el proceso productivo, y que aparece en forma detallada en el anexo N°1, alcanza a 43,24 US\$/hra. Con este valor se construyen las funciones de costo en

US\$/m<sup>3</sup>ssc, al ser relacionados con el rendimiento para distintas distancias.

**TABLA 13. FUNCIONES DE COSTO, CON Y SIN CAMBIO DE INSTALACION.**

Momento	Modelo (US\$/m <sup>3</sup> ssc)
S/C inst.	$236,25216 + 0,53548 * Dm$ ----- 39,36
C/C inst.	$307,59816 + 0,53548 * Dm$ ----- 39,36

**TABLA 14. COSTOS INCURRIDOS EN EL PROCESO DE MADREO.**

Dist. m.	Costo (US\$/m <sup>3</sup> ssc)	
	S/C inst.	C/C inst.
20	6,27	8,09
40	6,55	8,36
60	6,82	8,63
80	7,01	8,90
100	7,36	9,17
120	7,64	9,45
140	7,91	9,72
160	8,18	9,99
180	8,45	10,26
200	8,72	10,54
220	8,99	10,80
240	9,27	11,08
260	9,54	11,35
280	9,81	11,62
300	10,08	11,89

De acuerdo al rendimiento normal entregado en este estudio, que llega a 800 m<sup>3</sup> ssc aproximadamente, y considerando el tiempo de cambio de la instalación más la distancia media de madereo de 117 metros, se llega a un valor de 9,41 US\$/m<sup>3</sup>ssc de costo promedio.

Si se considera que es factible corregir una serie de defectos que se detectaron en el desarrollo del proceso, se podría llegar a incrementar el rendimiento general llegando a 1.000 m<sup>3</sup>ssc/mes o más. En este caso los costos de producción sufrirían una notable disminución, que estaría en directa relación con el incremento experimentado. Esto es lo que se retrata según la distancia de madereo correspondiente, en la tabla 15.





**TABLA 15. DIFERENCIAL EN EL COSTO DE PRODUCCION, SEGUN VARIACION EN EL RENDIMIENTO.**

Dist. m .	Costo de Producción (US\$/m3)		
	800 m3ssc/mes	1.000 m3ssc/mes	Difer. (US\$/m3ssc)
20	8,09	7,54	0,55
40	8,36	7,79	0,57
60	8,63	8,05	0,58
80	8,90	8,30	0,60
100	9,17	8,55	0,62
120	9,45	8,81	0,64
140	9,72	9,06	0,66
160	9,99	9,31	0,68
180	10,26	9,57	0,69
200	10,54	9,82	0,72
220	10,80	10,07	0,73
240	11,08	10,33	0,75
260	11,35	10,58	0,77
280	11,62	10,84	0,78
300	11,89	11,09	0,80

Si se considera la distancia media de madereo de 117 metros, el costo de producción promedio que alcanza para un rendimiento de 1.000 m3ssc/mes es de 8,78 US\$/m3ssc.

## VI.- CONCLUSIONES.

- 1.- Las funciones de tiempo total, rendimiento y costo, según distancia media de madereo y sin considerar el tiempo por cambio de instalación, que se obtienen a partir de la información original tomada en terreno, son las siguientes:

Tiempo S/C :

$$TT = 5,463741 + 0,012384 * Dm \text{ (min/ciclo).}$$

Rendimiento S/C :

$$R = 39,36 / (5,463741 + 0,012384 * Dm) \text{ (m3ssc/hra)}$$

Costo S/C :

$$C = (236,25216 + 0,53548 * Dm) / (39,36) \text{ (US$/m3ssc)}$$

- 2.- Las funciones de tiempo total, rendimiento y costo, según la distancia media de madereo e incluido el tiempo por cambio de instalación, que se obtiene a partir de la información original tomada en terreno.

Tiempo C/C :

$$TT = 7,113741 + 0,012384 * Dm \text{ (min/ciclo)}$$

Rendimiento C/C :

$$R = 39,36 / (7,113741 + 0,012384 * Dm) \quad (\text{m}^3\text{ssc/hora})$$

Costo C/C :

$$C = (307,59816 + 0,53548 * Dm) / 39,36 \quad (\text{US\$/m}^3\text{ssc})$$

- 3.- La totalidad de las funciones obtenidas, permiten hacer estimaciones confiables, tanto en tiempos, rendimientos y costos, ya que provienen de una base de información amplia y bien lograda, lo que entrega una alta confiabilidad a los resultados, confirmando además, los estimadores estadísticos obtenidos para cada función.
- 4.- Con la modalidad de trabajo utilizada se llega a una frecuencia de cambio de instalación de 0,53 instalación/día. A partir del valor promedio registrado para esta variable de 146 min, se deduce que diariamente se ve reducido el tiempo efectivo de trabajo en 78 min (1 hora y 18 minutos), por este concepto.
- 5.- Al incorporar el tiempo por cambio de instalación a las funciones utilizadas se aprecia una notable incidencia en los valores entregados.
- 6.- Tanto el tiempo de cambio de instalación (19,2 %), como el

tiempo fijo del momento de carga (51,7 %), son altamente incidentes en el global del proceso, por lo que se debe procurar que sean dos etapas altamente perfeccionadas.

- 7.- Un leve aumento en el rendimiento del proceso, incide directamente en una considerable disminución de los costos de producción.
- 8.- La información en terreno es recopilada durante la temporada estival, por lo que las funciones pueden no ser representativas para otras épocas del año.
- 9.- El daño a la masa remanente se minimiza con motosierristas, estroberos y operadores perfectamente capacitados, teniendo claramente individualizados a los árboles soporte, de modo que el cable aéreo pase exactamente por el centro del corredor de madereo y preseleccionando e instalando, según criterio técnico, el tendido perfectamente.

**RESUMEN.**

Este estudio se llevo a cabo en el predio Flor de Conihueco, ubicado en la comuna de Hualqui a 48 Kilómetros al S.E. de la ciudad de Concepción. El lugar forma parte de la Cordillera Costera de la zona central de Chile, con un fuerte predominio de altas pendientes y suelos arcillosos ricos en cuarzo, típicos de la serie de suelo San Esteban.

El bosque corresponde a una plantación de **Pinus radiata** **D.Don.** de 16 años aproximadamente, en la cual se realiza una intervención de segundo raleo de tipo comercial.

En este raleo se somete a estudio la torre de madereo Koller K-300 dependiente, la cual a sido diseñada especialmente para operar bajo este tipo de condiciones. Esta Torre para su funcionamiento requiere necesariamente de un tractor agrícola de al menos 50 Hp de potencia y una capacidad de levante vertical de 1,6 toneladas. Su capacidad máxima de madereo alcanza 350 metros y 20 m de madereo lateral.

La metodología empleada, consiste en tomar información en terreno de tiempos, volúmenes y costos incurridos en producir por esta torre. Posteriormente se procede a determinar, a partir de la información antes señalada, funciones de tiempo, rendimiento y costo de las operaciones. También son

determinadas las funciones anteriores, incorporando el tiempo que se utiliza en cambiar la instalación entre un corredor de madereo y otro.

Se logró, en este estudio, determinar importantes parámetros, que permitan servir de apoyo al momento de realizar comparaciones con otros equipos de características técnicas y condiciones de terreno similares.

Las funciones con y sin cambio de instalación empleadas en este estudio son de tipo lineal,  $F = a + b * Dm$ , donde la distancia media de madereo es la variable explicatoria para corredores rectangulares.

La longitud total media de los corredores fue de 233 metros y la distancia media de madereo de 117 metros.

**SUMMARY.**

This study took place at the Flor de Conihueco farm, located in the Hualqui Community 48 kilometers south east at the City of Concepción. The area studied is part of the Cordillera Costera mountain range in Chile's central zone, with an abundance of steep slopes and clay soils rich in quartz, typical of the San Esteban soil series.

The forest is planted with Pinus radiata D. Don approximately sixteen year old, in which a second commercial thinning is carryout in this area of thinning the performance of sky line system model K-300 dependent, which is specially designed to operate in these kinds of conditions, was evaluadet. To operate properly, this machine, requires a tractor with at least 50 Hp and a vertical lifting capacity of 1.6 ton. The machine's maximun operating capacity is 350 m in distance and 20 m of lateral movement.

The data concerning time, volumen and operating costs was collected in the field. Afterwards, this information was used to determine the function of, yield and cost. Further more, after determining the afore mentioned functions, the time needed to move the machinery was added to the calculations of each function.

Lineal functions (with and without the change in position of the machine), of the  $F = a + b D_m$  type, were obtained, where  $D_m$  (transport distance) was the explicatory variable for rectangular corridors.

The total average length of the corridors was 233 m and the average transport distance was 117 m.

The results at this study were valuable parameters wich can serve to carry out future comparisons with other machinery with the same technical characteristics and similar field conditions.





#### IV. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Alvarez, M. J. 1988. Revisión bibliográfica sobremadereo mecanizado en Chile: Programa de investigación y desarrollo en cosecha y transporte. Forestal Mininco. Concepción, Chile.
- 2.- Becker, J., J. Silva, J. Alvarez, E. Gutierrez. 1988. Nuevas técnicas y equipos en raleo comercial. En: Taller Producción Forestal: Explotación, Transporte, caminos, recurso humano. Noviembre 1988. Cap. X. Fundación Chile. Concepción, Chile.
- 3.- Becker, J. 1989. Nuevas técnicas y equipos de cosecha a utilizar en el mediano plazo. En: II Taller Producción Forestal: Explotación, transporte, caminos, recurso humano. Noviembre 1989. Cap. IV. Fundación Chile. Concepción, Chile.
- 4.- Buckley, R. 1991. Análisis de inversión en equipos forestales. En: Actas III Taller Produccion Forestal. Noviembre 1991. Cap. XII. Fundación Chile. Concepción, Chile.

- 5.- Carrasco, S. 1984. Análisis de madereo mediante una torre Koller K-300 (Live. Skiline System). Tesis de Grado. Universidad de Chile. Fac. de Ing. Forestal. Santiago, Chile.
- 6.- CORMA. 1991. Chile, país forestal. Corporación Chilena de la Madera, Depto. del Bosque Nativo. Santiago, Chile.
- 7.- Fernández, J. 1969. Análisis del método madereo mediante torres con cables de tracción. Tesis de Grado. Universidad de Chile. Fac. de Ing. Forestal. Santiago, Chile.
- 8.- Gayoso, J., A. Iroume, A. Ellies. 1991. Degradación desuelos forestales asociado a operaciones de cosecha. En: Actas III Taller Producción Forestal. Noviembre 1991. Cap. XI. Fundación Chile. Concepción, Chile.
- 9.- Giroz, G., R. Rodríguez. 1989. Análisis del limite superior del costo de cosecha con torres de madereo. En: II Taller Producción Forestal: Explotación, transporte, caminos, recurso humano. Noviembre 1989. Cap. XV. Fundación. Chile. Concepción, Chile.

- 10.- Gujarati, D. 1981. Econometría básica. McGraw-Hill. Bogota, Colombia.
- 11.- Heinrich, R. 1981. La explotación maderera en bosques de montaña. En: III Curso de capacitación sobre caminos forestales y aprovechamiento en bosques de montaña: Aplicación de tecnologías intermedias en el aprovechamiento de madera en países en desarrollo. FAO./ Austria. Ossiach, Austria.
- 12.- INFOR. 1993. Estadísticas forestales 1992. Bol. Estad. Nº 30. INFOR/CORFO. Santiago, Chile.
- 13.- Largo, S. 1985. Principios y técnicas de extracción forestal con cables. Bol. Extensión N9. Universidad de Concepción. Fac. de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillan, Chile.
- 14.- Largo, A. S., O. Larrain M. 1986. Introducción de un sistema de cable aéreo en la extracción a tala rasa de Pino insigne. Renarres. 8: 13 - 15.
- 15.- Largo, S. 1987. Mecánica de soportes y anclajes en operaciones de extracción forestal con cables. Chile Forestal (139): Doc. Técnico N°23.

- 16.- Larrain, O., J. Becker, J. Garrido. 1989. Evaluación de madero con cables. En: II Taller Producción Forestal: Explotación, transporte, caminos, recurso humano. Noviembre 1989. Cap. XVI. Fundación Chile. Concepción, Chile.
- 17.- Lineros, M. 1990. Cátedra Utilización de Bosques. Universidad de Concepción. Fac. de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillan, Chile.
- 18.- Pinto, J. 1991. Determinación de funciones de tiempo, rendimientos y costos en subsistemas de volteo, desrame y trozado. Tesis de Grado. Universidad de Concepción. Fac. de Cs. Agropecuarias y Forestales. Chillan, Chile.
- 19.- Rivas, H. 1989. Transformación del sistema de trabajo en faenas de raleo productivo. En : II Taller Producción Forestal: Explotación, transporte, caminos, recurso humano. Noviembre 1989. Cap. IX. Fundación Chile. Concepción, Chile.
- 20.- Serón, J. 1988. Raleos mecanizados, experiencias y sistemas. En : Taller Producción Forestal: Explotación, transporte, caminos y recurso humano. Noviembre 1988. Cap. XI. Fundación Chile.

Concepción, Chile.

21.- Silva, J., W. Cabezas. 1991. Mecanización en una faena de cosecha forestal. En: Actas III Taller Producción Forestal. Noviembre 1991. Cap. XVI. Fundación Chile. Concepción, Chile.

22.- Toro, J. 1991. La mecanización de faenas forestales y su relación con la degradación de suelos. En: Actas III Taller Producción Forestal. Noviembre 1991. Cap. XX. Fundación Chile. Concepción, Chile.





## 9.1 DETALLE DE COSTO TORRE KOLLER K-300 DEPENDIENTE.

### I. Costos Variables. (\$/m<sup>3</sup> ssc)

#### 1.1 Remuneraciones.

- Operador (1) .....	135
- Motosierrista (2) .....	240
- Estroberos (2) .....	75
- Hachero (6) .....	376
- Boyerizo (1) .....	114
- Jefe Faena (1) .....	80

#### 1.2 Accesorios Motosierra

- Bencina con mezcla .....	40
- Aceite Cadenilla .....	20

#### 1.3 Accesorios Torre

- Aceite y Filtros .....	30
- Combustibles .....	122
- Cables y Estrobos .....	180

#### 1.4 Accesorios Tractor

- Aceite y Filtros .....	63
- Neumaticos .....	10
- Grasa .....	15

II. Costos Fijos		(\$/m <sup>3</sup> ssc)
2.1 Implementación Motosierrista		
- Pantalón Anticorte .....		19
- Casco .....		3,2
- Zapatos .....		32,5
- Casaca y Guantes .....		13,6
2.2 Estadía		
- Alimentación y Hospedaje ...		545
2.3 Movilización		
- Transporte de Personal .....		187
2.4 Costo Torre		
- Amortización .....		875
- Depreciación .....		330
- I.I.M.A. ....		135
2.5 Insumos Buey		
- Forraje .....		108
III. COSTO TOTAL .....		3.748,3
- Costo Variable .....		1.500
- Costo Fijo .....		2.248,3

VALOR DE CAMBIO : 1 US\$ = 407 \$

Nota: Información de Costos proporcionada por IFSA Ltda.