

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
Departamento de Bosques y de Medio Ambiente

VALIDACION DEL SOFTWARE LOGGERPC V 3.0 EN TORRES DE
MADEREO KOLLER K-300 EN RALEO COMERCIAL EN RODALES DE
Pinus radiata D. Don



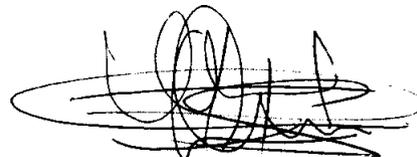
MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

1998

VALIDACION DEL SOFTWARE LOGGERPC V 3.0 EN TORRES DE
 MADEREO KOLLER K-300 EN RALEO COMERCIAL EN RODALES DE
Pinus radiata D. Don

Profesor Asesor



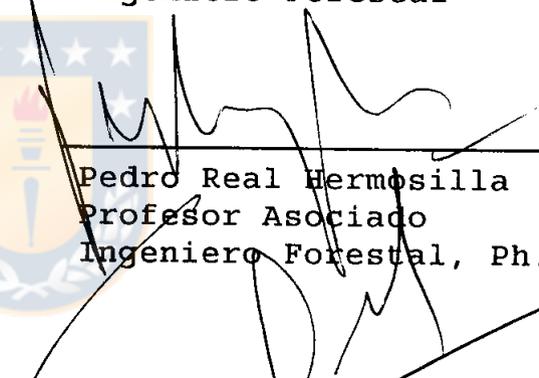
Manuel A. Lineros Parra
 Profesor Asistente
 Ingeniero Forestal, Mg. Sc.

Profesor Asesor



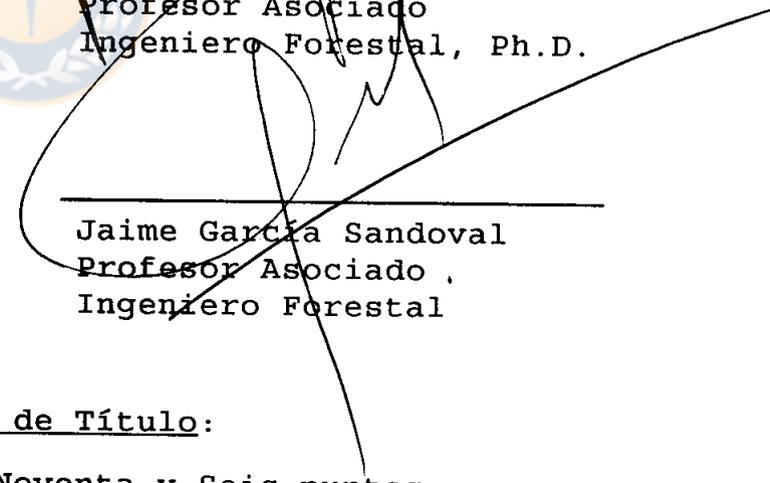
Fernando Drake Aranda
 Profesor Asociado
 Ingeniero Forestal

Director Departamento de
 Manejo y de Bosques y de
 Medio Ambiente



Pedro Real Hermosilla
 Profesor Asociado
 Ingeniero Forestal, Ph.D.

Decano Facultad de
 Ciencias Forestales



Jaime García Sandoval
 Profesor Asociado
 Ingeniero Forestal

Calificación de la Memoria de Título:

Manuel A. Lineros Parra : Noventa y Seis puntos

Fernando Drake Aranda : Noventa y Seis puntos



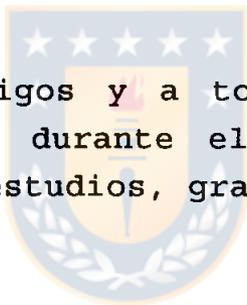
A MI PADRE QUE EN PAZ DESCANSE
Y AL SACRIFICIO REALIZADO POR MI MADRE

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Unidad de Planificación de la Producción de Forestal Chile S. A. en especial al Sr. Jorge Baldini C., Ingeniero Forestal de dicha empresa, por el apoyo y asistencia prestada durante el período en el cual se desarrollo éste estudio, y por la posterior entrega de todos los antecedentes recopilados para de esta manera poder llevar a feliz término la presente memoria de título.

Al profesor Sr. Manuel Lineros P., Ingeniero Forestal Mg. Sc., por la asesoría y buena disposición prestada durante la elaboración de la presente memoria de título.

A mis compañeros, amigos y a todas las personas que estuvieron a mi lado durante el transcurso de estos inolvidables años de estudios, gracias.



INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II METODOLOGIA.....	4
2.1 Materiales.....	4
2.1.1 Antecedentes del software Loggerpc..	4
2.1.2 Antecedentes de las empresa de servicios.....	5
2.1.3 Antecedentes del bosque en estudio..	6
2.1.4 Equipo usado en las mediciones.....	7
2.2 Metodología.....	7
2.2.1 Descripción del método de madereo...	7
2.2.2 Medición de la producción diaria....	8
2.2.3 Trazado de las líneas de madereo....	9
2.2.4 Madereo con Loggerpc v/s madereo tradicional.....	10
2.2.4.1 Comparación de la producción diaria.	10
2.2.4.2 Estudio de tiempos.....	11
2.2.5 Evaluación del daño.....	13
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	14
3.1 Antecedentes generales.....	14
3.2 Resultados entregados por Loggerpc..	15
3.3 Comparación de producción diaria....	19
3.4 Estudio de tiempos.....	20
3.4.1 Tiempos fijos.....	21
3.4.2 Tiempos variables.....	23
3.4.3 Tiempos del cambio de instalación...	25

3.4.4	Demoras.....	27
3.4.5	Tiempo total por ciclo.....	28
3.5	Estudio de rendimiento.....	29
3.6	Evaluación del daño.....	30
3.7	Recomendaciones.....	33
IV	CONCLUSIONES.....	36
V	RESUMEN.....	38
	SUMMARY.....	40
VI	BIBLIOGRAFIA.....	42
VII	APENDICE.....	45



INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Especificaciones técnicas de la torre y carro Koller K-300.....	5
2	Características dasométricas por rodal.....	7
3	Resultados obtenidos para una línea tradicional analizada a través de Loggerpc.	17
4	Resultados obtenidos para la línea modificada a través del uso de Loggerpc....	18
5	Resumen de jornadas, número de corredores, volumen y ciclos obtenidos en cada rodal...	19
6	Tiempos fijos registrados para el ciclo de madero en minutos por ciclo.....	21
7	Tiempos fijos registrados para el ciclo de madero en porcentaje.....	22
8	Funciones de tiempo variable (TV(d)), en minutos por ciclo sin y con uso de Loggerpc	24
8	Distancia total y media de madereo para cada rodal.....	25
10	Tiempos promedios de cambio de línea (min).	25
11	Funciones de tiempo total, (min/ciclo)....	28

12	Funciones de rendimientos sin y con uso de Loggerpc por rodal (m^3 ssc/hr).....	29
----	--	----

En el apéndice

1 A	Funciones de tiempo variable para el rodal n° 1, sin y con uso de Loggerpc en minutos por ciclo.....	47
2 A	Funciones de tiempo variable para el rodal n° 2, sin y con uso de Loggerpc en minutos por ciclo.....	47
3 A	Funciones de tiempo variable para el rodal n° 3, sin y con uso de Loggerpc en minutos por ciclo.....	47
4 A	Distribución del tiempo total de madereo en minutos por ciclo para el rodal n° 1.....	48
5 A	Distribución del tiempo total de madereo en minutos por ciclo para el rodal n° 2.....	49
6 A	Distribución del tiempo total de madereo en minutos por ciclo para el rodal n° 3.....	50
7 A	Rendimiento sin y con Loggerpc según distancia de madereo en el rodal n° 1.....	51
8 A	Rendimiento sin y con Loggerpc según distancia de madereo en el rodal n° 2.....	51
9 A	Rendimiento sin y con Loggerpc según distancia de madereo en el rodal n° 3.....	52

INDICE DE FIGURAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Esquema del tendido usado por la torre.....	8
2	Esquema del madereo usado por la torre.....	14
3	Análisis de una línea trazada en forma tradicional.....	17
4	Solución a la línea usando Loggerpc.....	18
5	Rendimiento en madereo con y sin Loggerpc..	20
6	Distribución de los tiempos fijos por rodal	23
7	Tiempos promedios de instalación de línea (TIL) por rodal sin y con uso de Loggerpc..	26
8	Tiempos de cambio de instalación por ciclo.	27
9	Demoras producidas en el madereo.....	28
10	Daño causado durante el ciclo de madereo...	32
11	Daño causado por anclaje de vientos.....	33
12	Anclaje sobre un tocón.....	34
13	Anclaje sobre un árbol usando protección...	34
	<u>En el apéndice</u>	
1 A	Tiempo total según distancia en rodal n°1.	48
2 A	Tiempo total según distancia en rodal n°2.	49
3 A	Tiempo total según distancia en rodal n°3.	50

I. INTRODUCCION.

En la última década, el uso de maquinaria especializada se ha incrementado en el proceso de extracción de la madera del bosque, sin embargo, existen muchos terrenos en los cuales las fuertes pendientes son el principal impedimento para el trabajo de la mayoría de éstas. Antiguamente, muchos de estos bosques, que se encontraban en terrenos inaccesibles ya sea por topografía, pendiente o distancia a los centros de consumo, no eran cosechados trayendo como consecuencia una pérdida económica para los propietarios al no aprovechar este recurso, sin embargo, aparecen en nuestro país los sistemas de extracción por cables, para dar solución a la gran mayoría de estos problemas.

Largo (1985), señala que a principios de la década del 70 se introducen en Chile los sistemas de cable para el transporte primario o extracción forestal mediante sistemas terrestres. Posteriormente, en 1981 prueban en forma experimental y luego operacional algunos equipos de sistemas aéreos de cable.

Lizama (1987), define sistema de extracción por cable como un complejo mecanizado cuyos elementos o partes conforman una maquinaria especialmente diseñada para movilizar cargas en forma parcial o totalmente suspendida, mediante cables o líneas instaladas sobre el terreno. Además justifica su uso por razones técnicas, económicas y de protección ambiental.

Actualmente en nuestro país, la mayoría las empresas forestales ya emplean este tipo de sistema de extracción y lo hacen a través de las torres de madereo. Las hay de variados tipos dependiendo de su tamaño, forma y potencia, y para que estos equipos trabajen de manera eficiente, junto con tener el personal capacitado para la operación, se necesita de un buen diseño de las instalaciones, tales como ubicación del árbol cola o mástil inferior, altura de éste y de los soportes intermedios si son necesarios y su posición a lo largo del perfil.

Benavente (1989), señala que los requerimientos básicos para un adecuado diseño de las líneas de madereo con torre, se pueden analizar en términos del: Perfil del terreno, anclaje para los puntos de apoyo, deflexión y altura libre sobre el terreno, deflexión y tensión, características de la carga y localización, diseño y tamaño de las canchas. Entre todas las variables descritas anteriormente, es posible establecer una interrelación a través de ciertos principios de ingeniería y una buena base conceptual de mecánica de cables con compleja formulación matemática, sin embargo, esta materia escapa a los alcances y objetivos de este trabajo. No obstante, es importante conocer que existe la forma de realizar buenas estimaciones de la capacidad de carga permisible o segura, previo a la operación en terreno. Es por esto, que técnicas computacionales recientes, han permitido optimizar las instalaciones con cables con una mejor capacidad de análisis para el planificador en forma rápida y precisa.

Gibson (1978), señala que las necesidades importantes que se deben satisfacer en el trabajo de extracción planificada a través de un programa computacional son dos. La primera es que el equipo usado para tal fin debe ser operado a su óptima capacidad, y la segunda, es que tal uso debe provocar el mínimo impacto al medioambiente involucrado. Es por ésto que el objetivo principal de este trabajo fue validar en terreno el programa computacional, Loggerpc versión 3.0, el cual permite optimizar el maderero con sistemas de cable aéreo -torres de maderero- mediante el diseño de las líneas adecuadas a la topografía existente en faenas de raleo comercial en rodales de *Pinus radiata* D. Don. Como objetivo secundario, se evaluó en forma ocular el daño causado tanto al suelo como a los árboles remanentes producto de las operaciones de raleo comercial.



II. METODOLOGIA.

La investigación está basada en información proporcionada por la empresa Forestal Chile S. A., la que fue tomada durante los meses de verano (enero, febrero y marzo) del año 1996.

2.1 Materiales.

2.1.1 Antecedentes del software Loggerpc. Loggerpc 3.0 es un software amistoso, usado en ambiente Windows, creado en EE.UU. por el Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad de Oregon, el cual entrega el mejor diseño de las instalaciones para la extracción con torres de maderero.

Para el análisis del diseño más adecuado a la topografía existente se debe ingresar al software información acerca del perfil del terreno (pendiente y distancia de cada tramo, quedando definido por alguna discontinuidad en la topografía), e indicar si existen o no árboles para ser usados como posibles soportes intermedios. También se le entrega información acerca de las dimensiones de los árboles a extraer (largo y diámetro) y del equipo a ser usado en la faena de extracción, tipo de torre y carro.

La solución óptima para cada diseño no la entrega el programa por sí sólo, sino que el usuario la debe encontrar formulando varios diseños de líneas de maderero hasta obtener el mejor. Este mejor diseño será el que entregue la máxima capacidad de carga permisible para el equipo en cuestión.

2.1.2 Antecedentes de las empresas de servicios. Para la evaluación de la producción diaria en las faenas de raleo comercial, se observaron tres empresas prestadoras de servicios con experiencia en esta actividad para cada uno de los predios en estudio, ellas fueron:

- Forestal Aitue Ltda.
- Servicios Forestales San José Ltda.
- Torres de Madereo Gonzalo Bunster.

Cada una de ellas cuenta con torres de madereo Koller K-300 montadas sobre un tractor agrícola. Este sistema está adaptado para madereo cuesta arriba, donde el carro se desliza vacío por gravedad. La pendiente mínima para lograr este deslizamiento es de 15% y la máxima distancia de madereo efectivo alcanza a 300 m. Las características técnicas del equipo se presentan en la tabla 1.

TABLA 1. Especificaciones técnicas de la torre y carro koller K-300.

Torre	<ul style="list-style-type: none"> . Altura de mástil: 7.0 m, abatible. . Peso de torre: 1500 kg, incluido winches. . 2 tambores, uno para el cable aéreo y otro para el de arrastre o tractor. . Cable aéreo de 350 m y diámetro 16 mm. . Cable tractor de 350 m y diámetro 9.5 mm. . Potencia mínima requerida del tractor medida en la toma fuerza, 50 HP. . 3 vientos de 30 m y 15 mm de diámetro. . 8 estobos.
Carro	<ul style="list-style-type: none"> . Modelo SK-1, con sistema de frenado hidráulico. . Peso del carro, 150 kg. . Capacidad de carga, 1000 kg.

La cuadrilla de trabajo está conformada por 8 a 12 personas, cada una con puestos de trabajo bien definidos, detallados a continuación:

- 1 Operador de Torre.
- 2 Motosierristas en Bosque.
- 1 Motosierrista en Cancha.
- 1 ó 2 Estroberos.
- 2 ó 3 Arrumadores.
- 1 Despicator. ⁽¹⁾
- 2 Hacheros. ⁽²⁾
- 1 Boyerizo. ⁽³⁾

(1) Despica, arruma y tira cable para madereo en cancha con roldana cuando es necesario.

(2) Usados en bosque con motosierristas tradicionales.

(3) Muchas veces ausente en la cuadrilla, por dificultad de encontrarlo en la zona.

2.1.3 Antecedentes del Bosque en Estudio. El estudio se centró en tres predios pertenecientes a Forestal Chile S. A., ubicados en las regiones VII y VIII, todos con similares características dasométricas (Tabla 2), y pendientes superiores a 30%. Se identificaron para efecto de este estudio como rodal n°1, rodal n°2 y rodal n°3, a los rodales intervenidos en los predios Casas de Tablas, Junquillos y Cerro Las Piedras respectivamente.

TABLA 2. Características dasométricas por rodal (*).

Rodal N°	AP	N árb/ha	AB m ² /ha	Dap cm	H Dom m	Vol. m ³ ssc/ha	Vol. m ³ ssc/árb
1	83	539	21.9	22.4	23.9	169.8	0.32
2	83	740	21.5	18.6	19.6	127.3	0.17
3	81	641	24.5	21.6	22.8	179.7	0.28

(*) Datos proporcionados por Forestal Chile S. A.

Todos los rodales presentan similar manejo silvícola, un primer raleo a desecho y podados a altura promedio de 7.0 m. La cantidad de árboles a dejar en cada rodal fue de 350 árb/ha.

2.1.4 Equipo usado en las mediciones. Para lograr las mediciones en terreno se utilizó el siguiente equipamiento: calculadora, huincha para medir, brújula y clinómetro Sunnto, medidor de distancia Chainman, cintas plásticas (usadas como jalones), machete, pintura spray, computador personal con el respectivo software, planos y fotografías aéreas de cada rodal observado.

2.2 Metodología.

2.2.1 Descripción del método de madereo. El trabajo realizado por las tres empresas de servicios involucradas, corresponde a una faena de raleo comercial de verano en bosques de *Pinus radiata* D. Don, en terrenos con pendientes superiores al 30%, aptos para el funcionamiento de la torre Koller K-300. La extracción de la madera se realizó en corredores previamente

habilitados (con el correspondiente volteo y desrreme de la madera a extraer y con un adecuado diseño de la instalaciones dependiendo de la topografía existente). El ancho de este corredor fue de 40 m y de largo variable dependiendo del lugar específico en el cual se encuentre, tratando siempre que fuera lo más próximo a los 300 m, correspondiente al máximo de su capacidad (figura 1). En el centro del corredor se ubicó una faja de terreno libre de árboles por donde se trasladó el carro en viaje cargado. La comunicación entre el operador y los estroberos se realizó mediante radio transmisor, lo que permitió una comunicación y coordinación expedita.

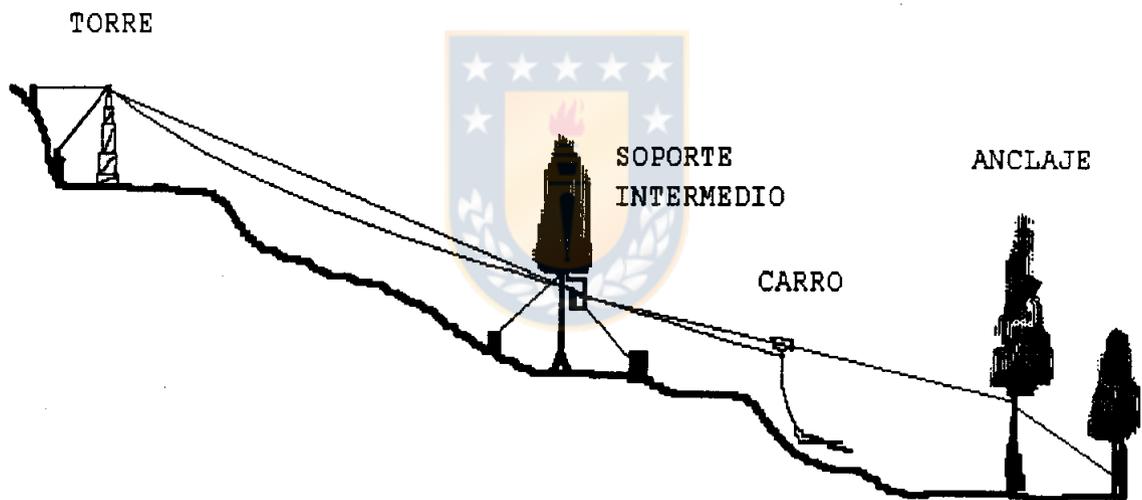


FIGURA 1. Esquema del tendido utilizado por la torre.

2.2.2 Medición de la producción diaria. Al final de cada jornada de trabajo se registró el volumen producido por la torre seleccionada con anterioridad. Los trozos extraídos, destinados a madera pulpable, fueron de 2,44 m de largo o múltiplo, y se arrumaron a orilla de camino. Se midió el largo y el alto de cada ruma, y se obtuvo los MR realizados, dicho volumen se

multiplicó por el factor 1.68 (INFOR, 1979), para determinar los metros cúbicos sólidos sin corteza realizados. La medición se realizó tanto para las líneas trazadas con el método tradicional (el usado normalmente por el capataz de faena o el operador de torre), y las líneas que se trazó utilizando un diseño dado por el software Loggerpc.

2.2.3 Trazado de las líneas de madereo. Se realizó previamente un trazado de las líneas sobre el plano del rodal en estudio escala 1:5000, en forma perpendicular al camino y dejando una distancia de separación entre ellas de 30 a 40 m. Esto generó hasta 20 m de madereo lateral desde la línea principal, siendo la separación entre líneas función de la densidad del rodal y del tamaño de los árboles (Aicon et. al., 1995), criterio que fue tomado en cuenta para dar la separación final a las líneas.

Se determinó el azimut en el plano para cada línea, el que se siguió a lo largo de ella. Sobre el perfil, se midió distancia y pendiente para cada tramo, estos tramos quedaron determinados por cambios en la pendiente del terreno y/o cambios en las características del rodal (sectores con árboles muy delgados para usarlos como soportes o la inexistencia de ellos). A lo largo del perfil se ubicaron cintas para permitir la visibilidad de éste. Los árboles utilizados como posibles soportes y el mástil inferior, fueron marcados con pintura spray a una altura de 1.4 m. Una vez realizada la medición del perfil, se procedió a ingresar los datos al computador para ser analizados por el Loggerpc y determinar la solución para el diseño de la línea en cuestión, es

decir, indicar la posición exacta para cada soporte intermedio si es que se requiere y su respectiva altura, al igual que la del mástil inferior. Esta solución se materializó en terreno y se midió el volumen realizado al final de la jornada.

El trazado de las líneas utilizando el método tradicional, fue de responsabilidad del capataz de la faena o el operador de torre, los que en definitiva, sólo a través de su experiencia determinaron la posición y altura de soportes intermedios si son necesarios y ubicación y altura del mástil inferior.

2.2.4 Madereo con Loggerpc v/s madereo tradicional.

Tanto para la evaluación de la producción diaria en líneas con instalaciones diseñadas con Loggerpc y líneas con diseño tradicional, como para el estudio de tiempo y rendimiento de las mismas, se usó el universo de los datos proporcionados por Forestal Chile S. A., por tratarse de muestras pequeñas y homogéneas.

2.2.4.1 Comparación de la producción diaria.

El método que se aplicó para determinar si existe diferencia significativa entre las medias de las producciones diarias para cada rodal por separado, con diseño de líneas tradicional y diseño de líneas con Loggerpc, se basa en la teoría siguiente: si \bar{x}_1 y \bar{x}_2 son las medias de dos muestras pequeñas ($n < 30$) aleatorias e independientes, la distribución t , proporcionará el criterio de decisión adecuado suponiendo además, que las dos poblaciones que se muestrean tienen forma de distribuciones normales con varianzas iguales (Scheaffer y McClave, 1993). En forma específica, la hipótesis

nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ (la media de la población 1 es igual a la media de la población 2), contra una alternativa $H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (la media de la población 1 es diferente a la otra), con un nivel de confianza del 10% y 5%.

2.2.4.2 Estudio de tiempos. La evaluación del trabajo realizado por las torres en la faena de raleo, fue en base a funciones de tiempo y rendimiento, tanto para las líneas con Loggerpc como para las líneas trazadas en forma tradicional. La medición se realizó en base un estudio de tiempo continuo, el cual Carrasco (1984), define como la medición del tiempo que demora la torre al ejecutar la faena de maderero dividida en etapas o fases, ciclos de maderero y cambios de instalación. Por consiguiente, se midió el tiempo, que demoró la torre en ejecutar el ciclo normal de maderero (viaje vacío, carga, viaje cargado y descarga), con los cambios de instalación (instalación, desmontaje y traslado) y las demoras que involucran cada una de las etapas. La unidad de tiempo usada para cada uno de los componentes del ciclo fue el minuto.

Los tiempos del ciclo normal de maderero, quedan finalmente divididos en tiempos fijos y tiempos variables, los últimos en función sólo de la distancia de maderero, identificándose así:

$$TF = TC + TD + D ; \left[\frac{\text{min}}{\text{ciclo}} \right]$$

$$TV(d) = TVV + TVC + D ; \left[\frac{\text{min}}{\text{ciclo}} \right]$$

donde:

TF	=	Tiempo fijo total.
TV(d)	=	Tiempo variable total.
d	=	Distancia de madereo.
TC	=	Tiempo de carga.
TD	=	Tiempo de descarga.
TVV	=	Tiempo de viaje vacío.
TVC	=	Tiempo de viaje cargado.
D	=	Demoras.

Para incorporar los tiempos de cambio de instalación a las funciones de tiempo total de madereo, fue necesario promediarlo y asignarlo a cada ciclo realizado, de este modo pasó a ser considerado como un tiempo fijo, ya que no depende de ninguna variable explicatoria. Giacaman (1993), presenta la siguiente relación para tal efecto:

$$TCI_{p/c} = \frac{TCI * v}{V * AC * L/10\ 000} ; \left[\frac{\text{min}}{\text{ciclo}} \right]$$

donde:

$TCI_{p/c}$	=	Tiempo cambio de instalación (min/ciclo).
TCI	=	Tiempo promedio de cambio de instalación, incluye montaje, desmontaje y traslado (min).
v	=	Volumen medio por ciclo ($m^3\text{ssc/ciclo}$).
V	=	Volumen a extraer ($m^3\text{ssc/ha}$).
AC	=	Ancho del corredor (m).
L	=	Longitud total media del corredor (m).

La función de tiempo total (TT(d)), dependiendo sólo de la distancia de madereo y teniendo como unidades minutos por ciclo, finalmente queda expresada como:

$$TT(d) = TF + TV(d) + TCI_{p/c} + D ; \left[\frac{\text{min}}{\text{ciclo}} \right]$$

Para determinar las funciones de rendimiento, se utilizaron las funciones de tiempo total y el volumen promedio por ciclo de madereo, para cada torre usando la siguiente relación:

$$R = \frac{V * 60}{TT(d)} ; \left[\frac{\text{m}^3 \text{ ssc}}{\text{hr}} \right]$$

R = Rendimiento (m³ ssc/hr).

V = volumen promedio por ciclo (m³ ssc)

2.2.5 Evaluación del daño. En cada una de las líneas de madereo en estudio en las diferentes etapas de la faena de raleo con torre (volteo y desrame de cada corredor, instalación de la torre y posterior extracción de la madera), se observó y evaluó cualitativamente el daño producido al suelo y árboles remanentes, identificándose sus principales causas producto de dichas labores.

III. RESULTADOS Y DISCUSION.

3.1 Antecedentes generales.

La faena de raleo fue ejecutada normalmente en cada uno de los rodales en estudio. En ellos 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 y posterior arrumado (a orilla de camino).

El volteo se realizó en toda la faja de instalación del tendido (3 m de ancho) y en los árboles demarcados con anterioridad en el corredor en forma de espina de pescado (figura 2).

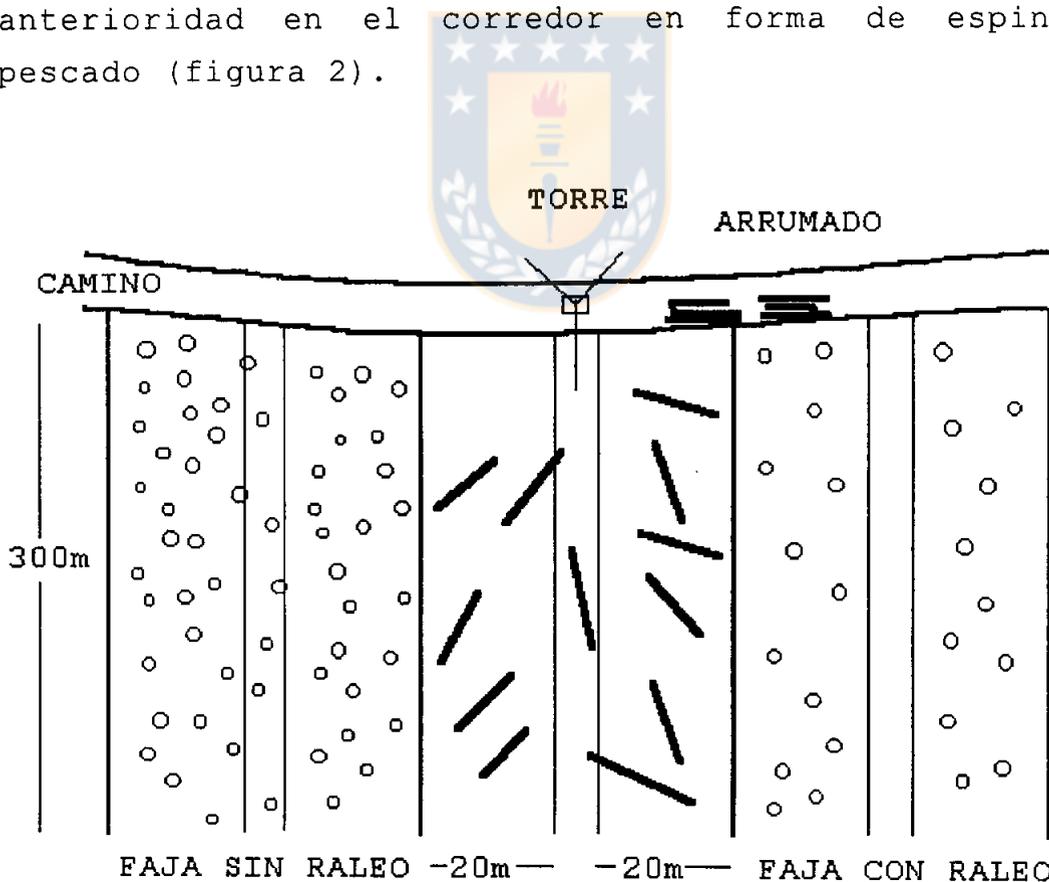


FIGURA 2. Esquema de madereo utilizado por la torre.

3.2 Resultados entregados por Loggerpc 3.0.

Una parte importante en la planificación del maderero con torre es poder determinar la adecuada carga que puede ser transportada desde el bosque a orilla de camino sin sobrepasar los límites de tensión de cada cable para evitar rupturas. Otros parámetros importantes son la altura libre entre los trozos y el suelo en viaje cargado a través del perfil y la tensión en la línea principal cuando el carro realiza el viaje cargado. La primera determina el daño potencial al suelo y los árboles que quedan a lo largo del corredor y si se usan soportes intermedios en la línea, para determinar si el carro puede pasar sin problemas sobre éstos. La segunda, determina la velocidad a la cual el carro puede ser llevado hasta el punto de descarga.

La planificación del maderero con torre basada en programas computacionales, no es nueva, Gibson (1978), ya evaluaba un programa el cual representaba el perfil del terreno en pantalla y realizaba análisis de tensiones y deflección. Sin embargo, este análisis lo desarrollaba sólo por tramos y no a lo largo de todo el perfil.

Kendrick y Sessions (1991), desarrollaron un algoritmo sencillo y eficiente para determinar la máxima carga en viaje, pero sólo es válido en perfiles homogéneos, es decir, no considera los posibles puntos críticos, en los cuales los trozos varían su altura libre desde el suelo en viaje cargado. Cameron y Sessions (1994), dan solución a este problema, modificando el algoritmo anterior pudiendo así determinar la máxima carga en viaje a lo largo de todo el perfil cualquiera sea la topografía de éste.

Loggerpc 3.0 es uno de los últimos en su tipo, usado actualmente a nivel operacional por algunas empresas, su importancia radica en que entrega la máxima capacidad de carga permisible, para no subestimar ni sobrestimar la potencia de la torre.

En la figura 3, se aprecia el diseño de una línea escogida al azar, trazada de manera tradicional analizada con Loggerpc, mientras que la figura 4 muestra la misma línea, pero diseñada con ayuda de loggerpc. En el primer trazado se obtiene como resultado una capacidad de carga en viaje de 586 kg (Tabla 3), con un soporte en el punto 8 a 7,0 m de altura y el mástil inferior a 1,0 m de altura en el punto 12. En la figura 4, se observa un soporte adicional en el punto 3 a 4,0 m de altura un segundo soporte entre los puntos 8 y 9 a 5,0 m de altura y el mástil inferior a 4,0 m. Se observa en la Tabla 4, que con este diseño, la capacidad de carga en viaje aumenta a 1246 kg, lo que implica que con este nuevo diseño, se puede transportar el doble de carga para el mismo equipo, aumentando así el volumen por viaje y la producción diaria manteniendo el mismo número de ciclos. Otra información que entrega Loggerpc, se refiere a las tensiones y las alturas libres del cable aéreo y tractor en viaje a lo largo de cada punto del trazado y muestra además el perfil del terreno en el cual se materializará en terreno.

TABLA 3. Resultados obtenidos de una línea tradicional analizada por Loggerpc.

Ptos. n°	Carga En Viaje (kg)	Tensión Cables (kg)		Altura Libre (m)	
		Aéreo	Tractor	Cable Aéreo	Trozos
1	----	----	----	----	----
2	2247	5400	1668	3,3	1,8
3	855	5400	646	2,9	1,4
4	586	5400	436	4,4	3,0
5	586	5400	448	7,7	6,0
6	586	5400	483	7,5	5,8
7	586	5400	708	6,5	4,8
8	----	----	----	----	----
9	586	5400	844	3,7	2,3
10	586	5400	901	3,7	2,2
11	586	5400	1279	2,5	1,0
12	----	----	----	----	----

Punto n°1 : Mástil frontal de la torre.

Punto n°8 : Soporte intermedio.

Punto n°12: Mástil posterior de la torre.

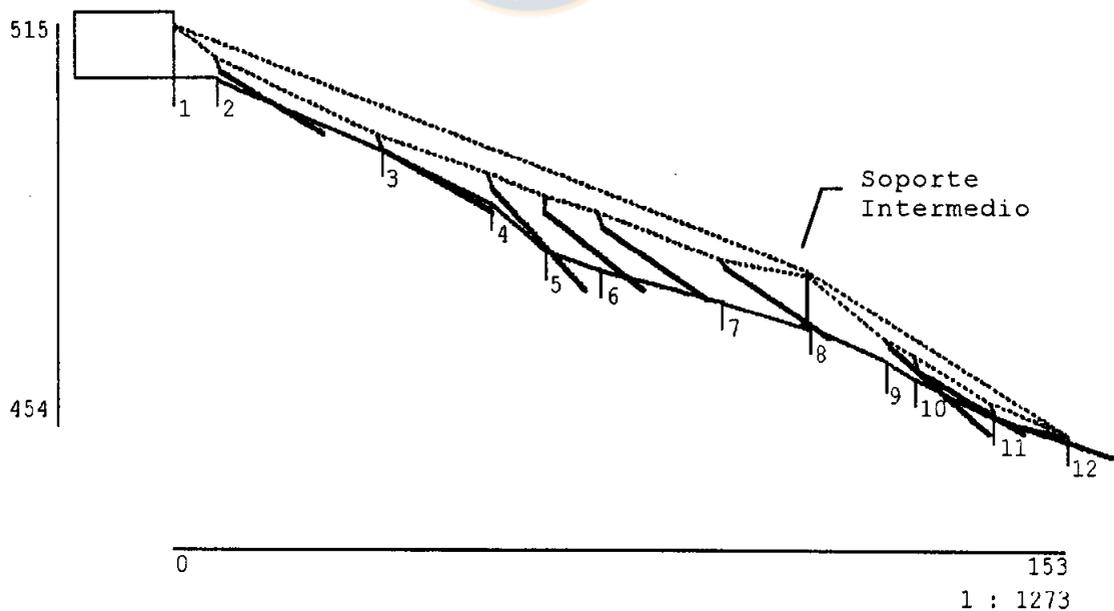


FIGURA 3. Análisis de la línea trazada en forma tradicional.

TABLA 4. Resultados obtenidos para la línea, modificada a través del uso de Loggerpc.

Ptos. n°	Carga En Viaje (kg)	Tensión Cables (kg)		Altura Libre (m)	
		Aéreo	Tractor	Cable Aéreo	Trozos
1	----	----	----	----	----
2	2539	3068	1983	2,4	1,0
3	----	----	----	----	----
4	1246	5400	1006	2,3	1,0
5	1246	5400	950	5,1	3,5
6	1246	5400	956	4,5	2,9
7	1246	5400	1175	2,8	1,3
8	1246	5400	1711	2,9	1,4
9	1246	5400	1945	2,9	1,5
10	1246	5400	1660	3,2	1,7
11	1246	5400	1679	3,5	1,9
12	----	----	----	----	----

Punto n°1 : Mástil frontal de la torre.

Punto n°3 : Primer soporte intermedio.

Punto n°12: Mástil posterior de la torre.

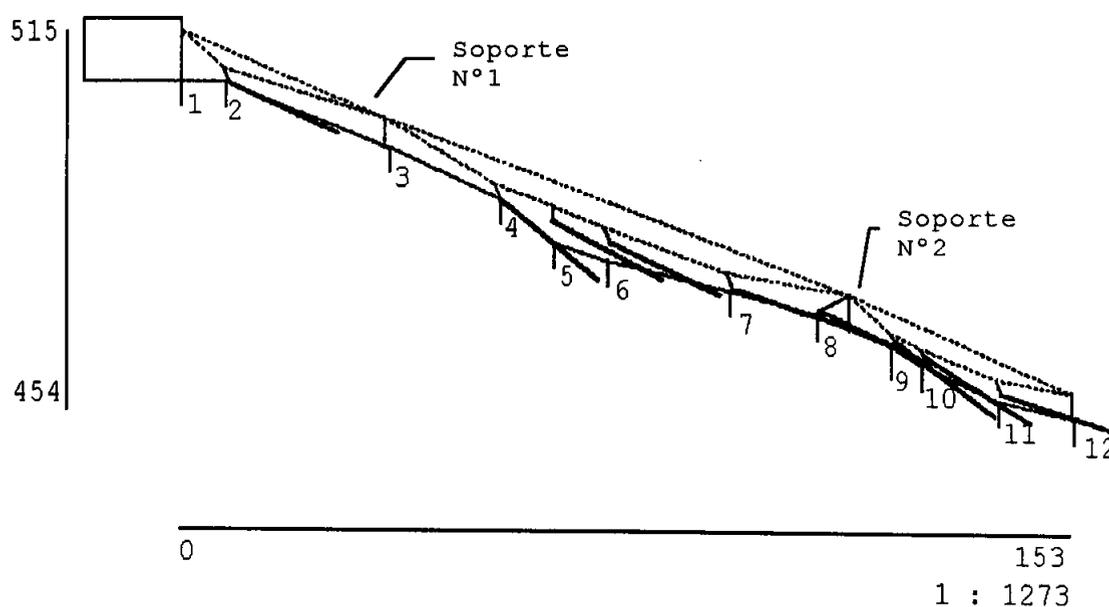


FIGURA 4. Solución a la línea utilizando Loggerpc.

3.3 Comparación de la producción diaria.

En el cuadro 5, se muestran las jornadas, número de corredores, el volumen y los ciclos promedio realizado en cada jornada de trabajo que se midieron durante el estudio. El rodal n°1, n°2 y n°3, corresponden a Casas de Tablas, Junquillos y Cerro Las Piedras respectivamente. En cada uno de ellos se realizó la misma labor de medición tanto para el volumen como para los tiempos involucrados, tarea realizada por el mismo personal en todos los predios.

TABLA 5. Resumen de jornadas, número de corredores, volumen y ciclos obtenido en cada rodal.

Item	Sin Loggerpc			Con Loggerpc		
	n°1	n°2	n°3	n°1	n°2	n°3
Jornadas	4	5	5	2	3	3
N° corredores	3	3	2	2	2	2
m ³ ssc/jor	24,5	27,7	31,5	22,9	40,3	40,0
Ciclos/jor	35,3	52,6	48,6	36,0	73,0	53,5
m ³ ssc/ciclo	0,69	0,53	0,65	0,64	0,55	0,75

Al realizar las pruebas de hipótesis correspondientes entre las producciones medias por jornada de cada rodal (Apéndice 1), se observó que no hubo diferencias significativas al nivel de confianza de 90% y 95%. Es decir, que se da por aceptada la hipótesis de que Loggerpc 3.0 no estaría influyendo en la producción de metros cúbicos diarios. Sin embargo, al analizar la figura 5, la cual muestra la producción promedio por jornada en cada uno de los rodales en estudio, se observa que por lo menos en dos de ellos hay una mejora en la producción, esto se debe principalmente a un

aumento de los ciclos promedios por jornada causado por una disminución en el tiempo de instalación de las torres (Tabla 5), puesto que al usar Loggerpc se sabe con certeza y antelación cual es el diseño más adecuado para el tendido a utilizar en la extracción, ahorrándole tiempo el operador de la torre o jefe de línea encargado de realizar dicha labor.

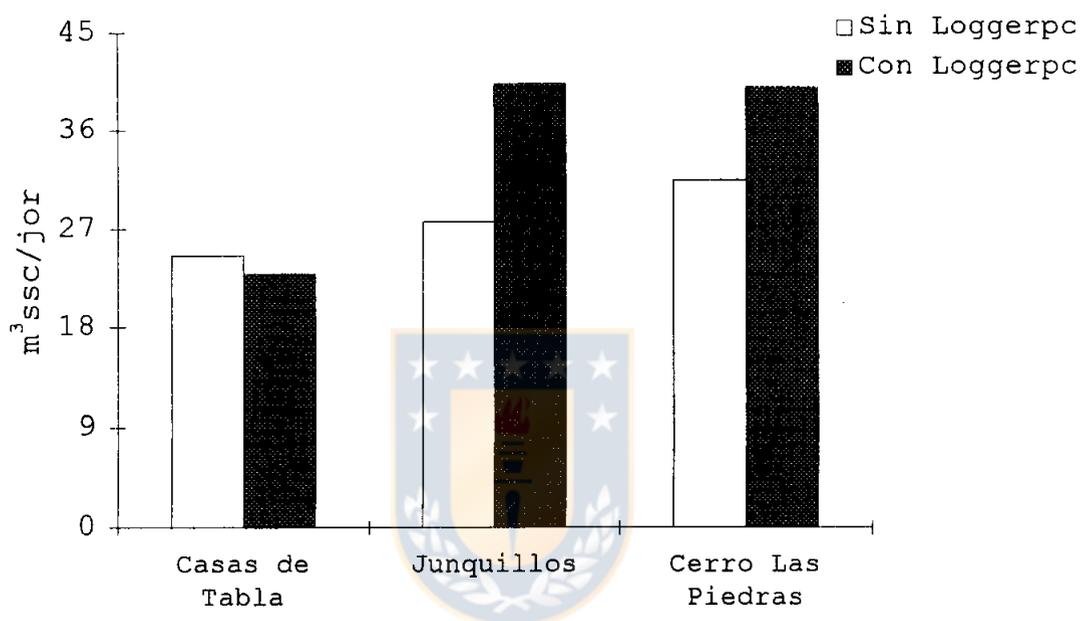


FIGURA 5. Rendimiento en maderero sin y con Loggerpc.

En el predio Casas de Tabla, no se observó influencia del Loggerpc a causa de problemas ajenos a éste, como la son las demoras producidas por fallas mecánicas tanto en la torre como el carro trayendo como consecuencia un menor número de ciclos diarios y producción en comparación con el resto de los rodales.

3.4 Estudio de tiempos.

La información se encuentra agrupada en un sólo rango de pendiente real para la línea aérea. No fue posible subdividir en más rangos ya que por diversas

circunstancias (personal sin experiencia, objetivos de la empresa, entre otros), los resultados obtenidos son similares para las diferentes pendientes. Los tiempos directamente productivos de la torre están compuestos por las actividades de viaje vacío, carga, viaje cargado, descarga y los tiempos ocupados en los cambios de corredor; desmontaje, traslado e instalación de la torre. Las demoras involucradas en cada una de las etapas, son consideradas como tiempos indirectamente productivos.

3.4.1 Tiempos fijos. Corresponden a aquellos tiempos que no guardan relación alguna con la distancia de madereo, estos se presentan en los cuadros 6 y 7 para cada rodal en minutos por ciclo y en porcentaje respectivamente, sin y con uso de Loggerpc.

TABLA 6. Tiempos fijos registrados para el ciclo de madereo en minutos por ciclo.

Item	Rodal n°1		Rodal n°2		Rodal n°3	
	sin	con	sin	con	sin	con
TC	2,67	2,73	2,79	2,74	2,96	2,82
TD	0,81	0,73	0,73	0,67	0,79	1,00
D	0,97	1,01	0,64	0,60	0,84	0,53
Total	4,45	4,47	4,16	4,01	4,59	4,35

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, el tiempo de carga es el que tiene una mayor incidencia dentro de los tiempos fijos. Las principales causas que provocan tal fenómeno, se pueden explicar dentro de las siguientes:

1. Complejidad en el proceso de estrobado acompañado de estroberos sin la suficiente experiencia y/o falta de capacitación.

2. Bosque con exceso de desechos y sotobosque, lo que dificulta el desplazamiento de los estroberos.
3. Topografía compleja, con presencia de contrapendientes que hacen disminuir la línea aérea, dificultando la bajada del carro y cable tractor.

TABLA 7. Tiempos fijos registrados para el ciclo de maderero en porcentaje.

Item	Rodal n°1		Rodal n°2		Rodal n°3	
	sin	con	sin	con	sin	con
TC	60,0	61,1	67,1	68,3	64,5	64,8
TD	18,2	16,3	17,5	16,7	17,2	23,0
D	21,8	22,6	15,4	15,0	18,3	12,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

El tiempo de descarga fue afectado por:

1. La falta de espacio en la zona de descarga de los trozos, lo que dificulta la movilidad del boyerizo y sus bueyes al momento de desestrobar la madera y su posterior enganche.
2. El uso de roldana para el reemplazo de bueyes en algunos casos, hace demorar la labor de descarga al tener que cambiarla continuamente de posición debido al reducido espacio que va quedando a medida que se arruma.
3. La altura de las rumas, las cuales llegaba hasta 1,5 m de altura en promedio en todas las faenas, disminuyendo el espacio disponible que se podría tener con rumas más altas y con la misma cantidad de madera.

En cuanto a trabajo realizado en las líneas sin y con loggerpc, no se observan grandes diferencias que lleven a concluir que éste influye en los tiempos fijos del ciclo de madereo de la torre (figura 6). Las demoras serán analizadas con mayor detalle más adelante.

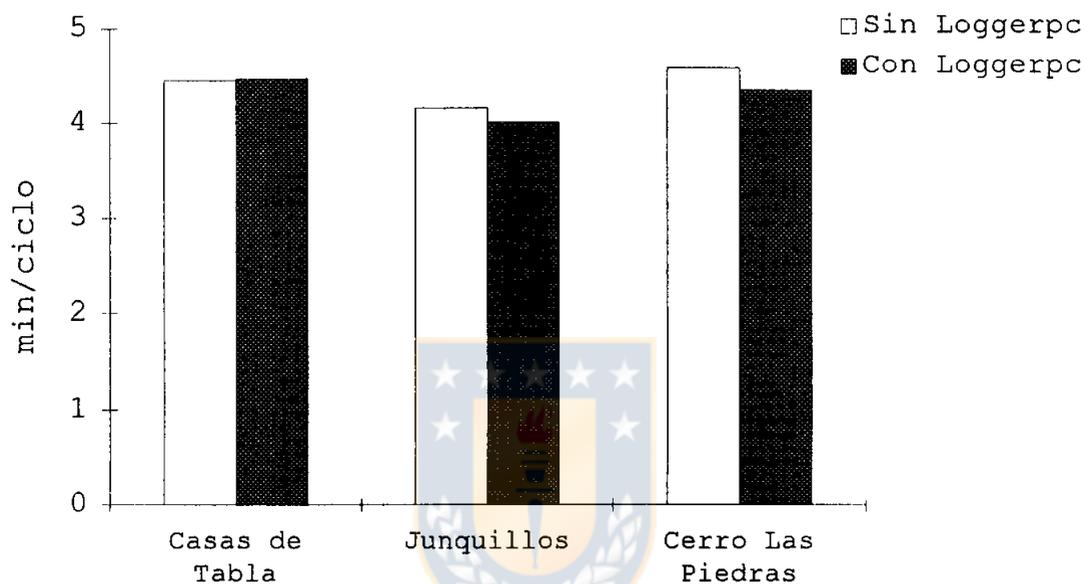


Figura 6. Distribución de los tiempos fijos por rodal.

3.4.2 Tiempos variables. Estos tiempos se encuentran en función directa de la distancia de madereo ($TV(d)$), y se presentan a continuación para cada predio, sin y con uso de loggerpc. Las funciones de tiempo en viaje vacío y cargado para cada predio se muestran en el apéndice 2.

Tabla 8. Funciones de tiempo variable (TV(d)), en minutos por ciclos sin con uso de loggerpc.

Rodal		Modelo	r^2	EEE	F
N° 1	s/log	$TV = 0,660757 + 0,011353*d$	0,89	0,32	755
	c/log	$TV = 0,614941 + 0,012123*d$	0,86	0,30	286
N° 2	s/log	$TV = 0,631430 + 0,015624*d$	0,80	0,34	725
	c/log	$TV = 0,650333 + 0,013916*d$	0,77	0,27	257
N° 3	s/log	$TV = 0,410628 + 0,012354*d$	0,89	0,34	1222
	c/log	$TV = 0,350998 + 0,011800*d$	0,90	0,31	657

El indicador r^2 expresa la bondad de ajuste e indica que proporción de la variable dependiente es explicada por la variable independiente o explicatoria. Este es significativo para todas las funciones con una probabilidad de 1 en 20. El análisis de varianza (F), indica que todos los modelos son significativos al nivel escogido de probabilidad (5 %).

Es necesario indicar que la distancia máxima que pudo ser alcanzada por cada uno de los tendidos fue de 300 metros, ya que existe pérdida de cable en el anclaje final y en el tambor de la torre como factor de seguridad (a lo menos 50 metros más). La longitud total media de los corredores intervenidos y las correspondientes distancias medias de madereo, se muestran en el cuadro siguiente.

Tabla 9. Distancia total y media de madereo para cada rodal, sin y con Loggerpc.

Rodal n°	Longitud total media (m)		Distancia media de madereo (m)	
	sin	con	sin	con
1	239	218	128	104
2	160	150	72	56
3	262	282	104	148

3.4.3 Tiempo del cambio de instalación. El tiempo que toma el hacer un cambio completo de instalación (desmontaje, traslado e instalación), incide fuertemente en el tiempo total de trabajo por jornada. Pinto (1993), observó que para una longitud total media de 233 metros, el tiempo promedio ocupado en cambios de instalación correspondió a 146,0 minutos (2 horas y 26 minutos), tiempo importante si se considera que en ocasiones se debe realizar hasta un cambio diario de instalación y que además este debe ser tomado como tiempo productivo.

En el cuadro 10, se entrega el promedio del tiempo total del cambio de instalación y su desglose en cada una de las etapas de éste, por rodal e incluyendo las instalaciones con uso de loggerpc.

TABLA 10. Tiempos promedios de cambio de línea (min).

Item	Rodal n°1		Rodal n°2		Rodal n°3	
	sin	con	sin	con	sin	con
TIL	103,8	90,9	66,1	48,2	93,4	70,6
TT	7,1	6,7	9,7	8,5	8,5	6,1
TDL	33,9	30,7	34,4	30,7	30,0	34,2
Total	144,8	128,3	100,1	87,4	131,9	110,9

En el cuadro anterior, se puede apreciar que en todos los rodales el tiempo total promedio de cambio de instalación fueron menores para aquellas líneas en las que se usó loggerpc para el diseño del tendido, producto de una notable disminución en el tiempo de instalación promedio de la torre (figura 7). Esto se debió a que la labor del diseño del tendido ya había sido ejecutada con anterioridad, se sabía exactamente donde ubicar la torre, los soportes y su altura y la ubicación del mástil inferior, y al operador de la torre o jefe de línea encargados de tal diseño, sólo tuvieron que seguir las especificaciones dadas, pudiendo destinar ese tiempo a realizar otras tareas. Los tiempos de desinstalación y traslado de torre no presentaron diferencias importantes.

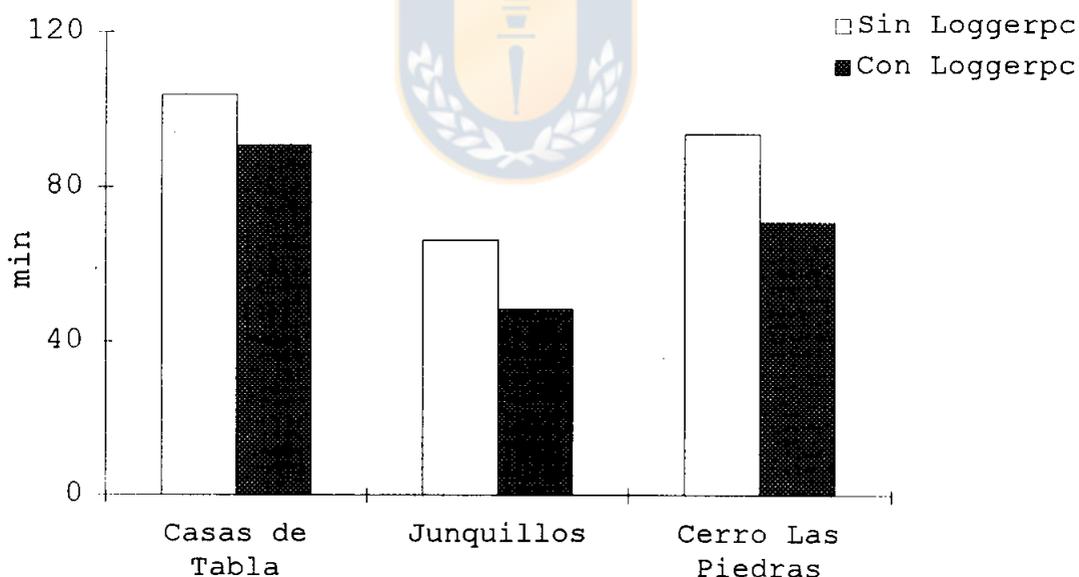


Figura 7. Tiempos promedios de instalación de líneas (TIL) por predio sin y con uso de Loggerpc.

En la figura 8, se muestra el resultado del cálculo de los tiempos de cambios de instalación en minutos por ciclo, para poder así, adicionarlo al ciclo de madereo.

En las líneas en que no se usó Loggerpc para el diseño del tendido, los tiempos registrados en cambios de instalación ($TCI_{p/c}$), son mayores en un 9,8 % en Casas de Tablas, 6,5 % en Junquillos y en un 9,9 % en Cerro las Piedras comparados con las líneas en que si se usó Loggerpc en cada rodal.

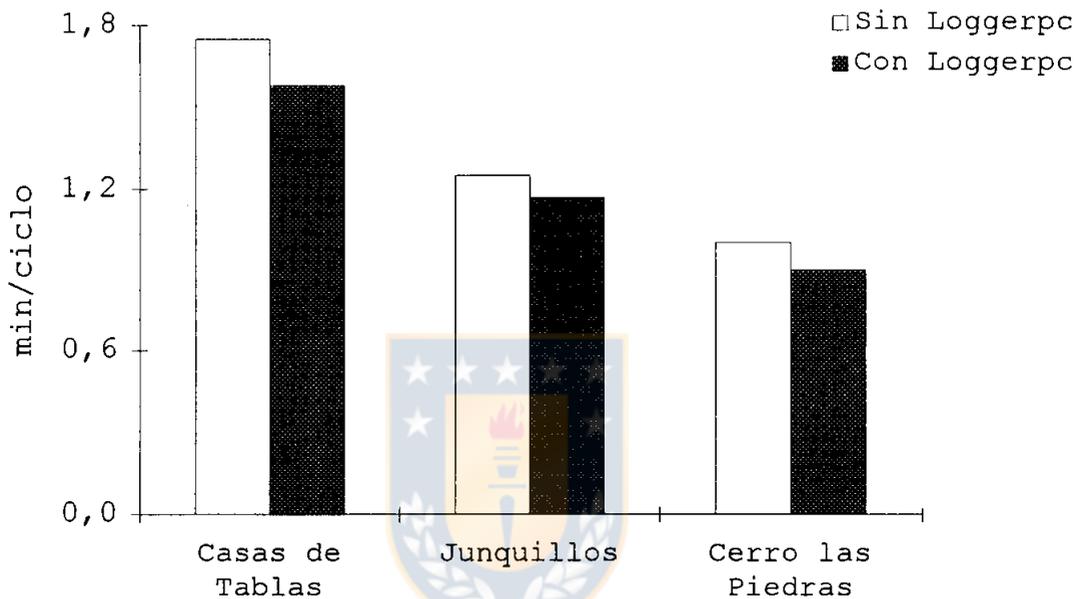


Figura 8. Tiempos de cambio de instalación por ciclo.

3.4.4 Demoras. Durante el madereo en ambas situaciones, sin y con loggerpc, se registraron demoras producto de fallas mecánicas tanto en la torre como en el carro, problemas en el estrobo produciéndose reestrobo, trabado de las trozas en madereo lateral producto de la impericia de los estroberos para indicar la detención del carro, falta de animales para el movimientos de las trozas en cancha y demoras producidas por el carguío de la madera. Además, en el madereo sin utilizar loggerpc, se registró un corte de cable tractor y dos quiebre de soportes intermedios en los predios n°2 y

n°3 respectivamente. En la figura 9, se presenta el resumen de las demoras o tiempos improductivos en minutos por ciclo.

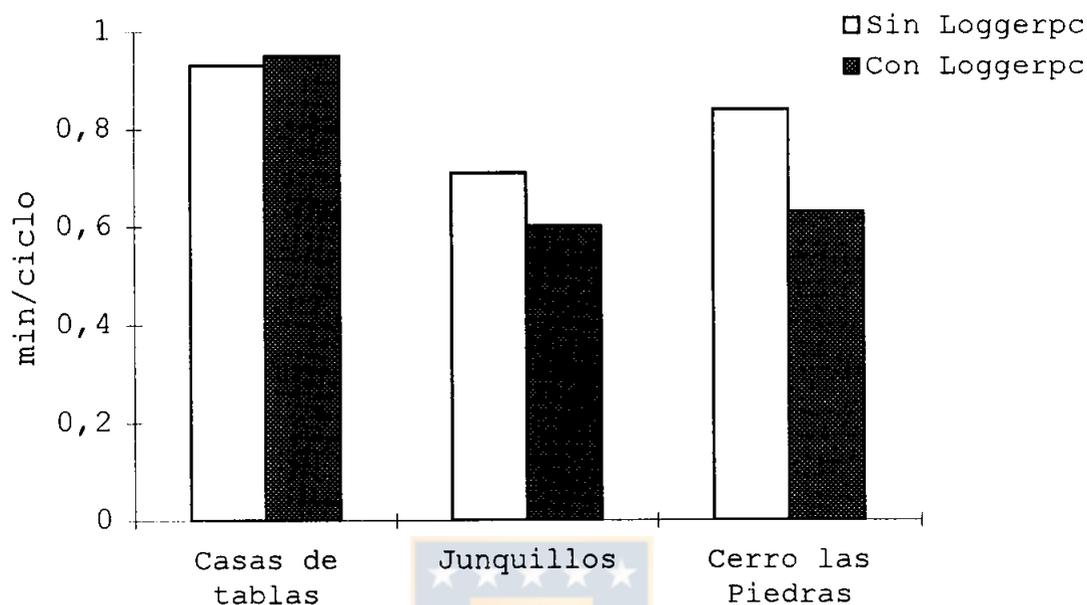


Figura 9. Demoras producidas en el ciclo de maderero.

3.4.5 Tiempo total por ciclo. Las funciones de tiempo total en minutos por ciclos para cada rodal se muestran en el cuadro siguiente; se incluyen los tiempos fijos, variables, los tiempos incurridos en cambios de instalación y las demoras.

TABLA 11. Funciones de tiempo total, en minutos por ciclo.

Rodal	Modelo	
n°1	s/loggerpc	$TT(d) = 7,790757 + 0,011353 * d$
	c/loggerpc	$TT(d) = 7,614941 + 0,012123 * d$
n°2	s/loggerpc	$TT(d) = 6,664300 + 0,015624 * d$
	c/loggerpc	$TT(d) = 6,470333 + 0,013916 * d$
n°3	s/loggerpc	$TT(d) = 6,840628 + 0,012354 * d$
	c/loggerpc	$TT(d) = 6,130998 + 0,011800 * d$

En los apéndices 3, 4 y 5 se muestran los gráficos y las distribuciones de tiempos para cada rodal y por los rango de distancia medido en terreno.

3.5. Estudio de Rendimientos.

El volumen medio transportado por ciclo en los rodales en que no se usó la planificación usando loggerpc fue de 0,70, 0,53 y 0,65 m³ssc respectivamente, y 0,65, 0,55 y 0,75 m³ en los que si se usó. Con éstos, más las funciones de tiempo total, se obtuvieron las funciones de rendimiento que se entregan en el cuadro 12. En los apéndices 6 y 7 se muestran los rendimientos para los rangos de distancia medidos en terreno sin y con Loggerpc.

TABLA 12. funciones de rendimiento sin y con uso de Loggerpc por rodal (m³ssc/hr).

Rodal	Modelo	
n°1	s/loggerpc	$R = \frac{42,0}{7,790757 + 0,011353 * d}$
	c/loggerpc	$R = \frac{39,0}{7,614941 + 0,012123 * d}$
n°2	s/loggerpc	$R = \frac{31,8}{6,664300 + 0,015624 * d}$
	c/loggerpc	$R = \frac{33,0}{6,470333 + 0,013916 * d}$
n°3	s/loggerpc	$R = \frac{39,0}{6,840628 + 0,012354 * d}$
	c/loggerpc	$R = \frac{45,0}{6,130998 + 0,011800 * d}$

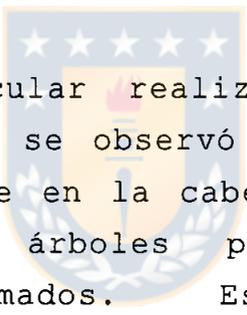
3.6 Evaluación del daño.

En la extracción forestal, el uso de sistemas mecanizados a entregado numerosos beneficios principalmente económicos, no obstante, en el sitio forestal a ocurrido un deterioro progresivo producto de dichas actividades. Donoso (1990), señala que el uso de maquinaria en el bosque a producido efectos tales como: alteración de la materia orgánica, deterioro del suelo por compactación o disgregación, aumento de la polución y sedimentación de los cursos de agua, entre otros, pero en algunos casos ha sido la única alternativa para obtener beneficios de él. En la actualidad, el uso de torres de madereo como sistema de extracción ya sea en tala rasa o raleos en áreas con topografía abrupta, ofrece buenas perspectivas de producción y como reductor de este impacto al sitio.

Gibson y Biller (1975), señalan que el madereo con sistema de cable aéreo (torres de madereo), requiere generalmente menos kilómetros de caminos por unidad de superficie comparado con un tractor forestal en igual área, lo que reduciría una importante fuente de material el cual podría llegar a producir sedimentación en los cursos de aguas más próximos a la intervención. También afirman, que en las vías de saca (corredores) se altera visiblemente el suelo en sectores con pendientes moderadas a fuertes, pero con el uso de torres al reemplazar los sistemas convencionales de tractor, la alteración al suelo sería menor.

Gayoso (1991), obtiene diferencias significativas en cuanto al porcentaje de superficie afectada al comparar tres sistemas de madereo, determinando que al utilizar

bueyes se obtiene un 23,3% de alteración de suelo, con el uso de skidder un 40,4% y con torre un 9,2% (datos promedios). En otro estudio similar, Miller (1986), comparando los efectos producidos en cosecha entre una torre y un tractor forestal (skidder) en un bosque de pino adulto, comprobó que con el uso de torre se necesita un 2% menos de terreno destinado a canchas y un 12% menos destinada al transporte primario y secundario de la madera en igual superficie. En el caso del raleo, la alteración al sitio, se concentra principalmente en la faja destinada al madereo y en los árboles que quedan en pie luego de finalizar la faena. El uso de terreno destinado a canchas no es necesario puesto que el acopio de madera se realiza a orilla de camino.



En la impección ocular realizada a cada línea de madereo intervenida, se observó un importante daño al suelo, principalmente en la cabecera de las líneas en donde llegan los árboles para ser trozados y posteriormente arrumados. Esto es producto del movimiento existente en el lugar ya que ahí convergen el mayor número de actividades de la faena (desestrobado, acarreo de árboles por animales al sector de trozado, arrumado y entrada de camiones y grúa para cargar). También, en el centro del corredor se observaron surcos de hasta 70 cm de profundidad en líneas mal planificadas.

En los árboles residuales, también se observó daño siendo sus principales causas el volteo, en donde la dirección de caída de los árboles a veces no era la más correcta dañando ramas e incluso dando quiebre a los árboles vecinos en su caída. También se observó una

deficiencia técnica en el estrobado, apreciándose daño considerable en la corteza de los árboles durante el madereo lateral y en los árboles que limitan con el corredor dejándolos expuestos al ataque de hongos o insectos (figura 10).



Figura 10. Daño causado durante el ciclo de madereo.

Otro daño observado es el causado en los árboles de anclaje para los vientos de la torre, árboles soporte y mástil inferior (figura 11), produciéndose anillamiento principalmente en la base de los árboles los cuales quedan generalmente en el bosque pasando a ser suprimidos en el futuro. No se observó ningún elemento para reducir este tipo de daño.



Figura 11. Daño causa por anclaje de vientos.

3.7 Recomendaciones.

en las figuras 12 y 13 se aprecian soluciones prácticas posibles de aplicar en terreno con buenos resultados, con los cuales se disminuyó y en algunos casos se eliminó el daño descrito anteriormente. En la primera se observa un ancle a un tocón debidamente muescado existente en el lugar, a falta de éste, otra solución factible de aplicar es la de hacer una "corbata" alrededor del árbol de anclaje, o sea, colocar piezas de madera de entre 30 a 40 cm de largo por 7 a 10 cm de diámetro provenientes de despuntes y dar más de una vuelta al cable alrededor de esta "corbata" para que de este modo la fuerza producto de la tensión no se distribuya sobre un solo punto cortándola fácilmente.



Figura 12. Anclaje a un tocón debidamente muescado.

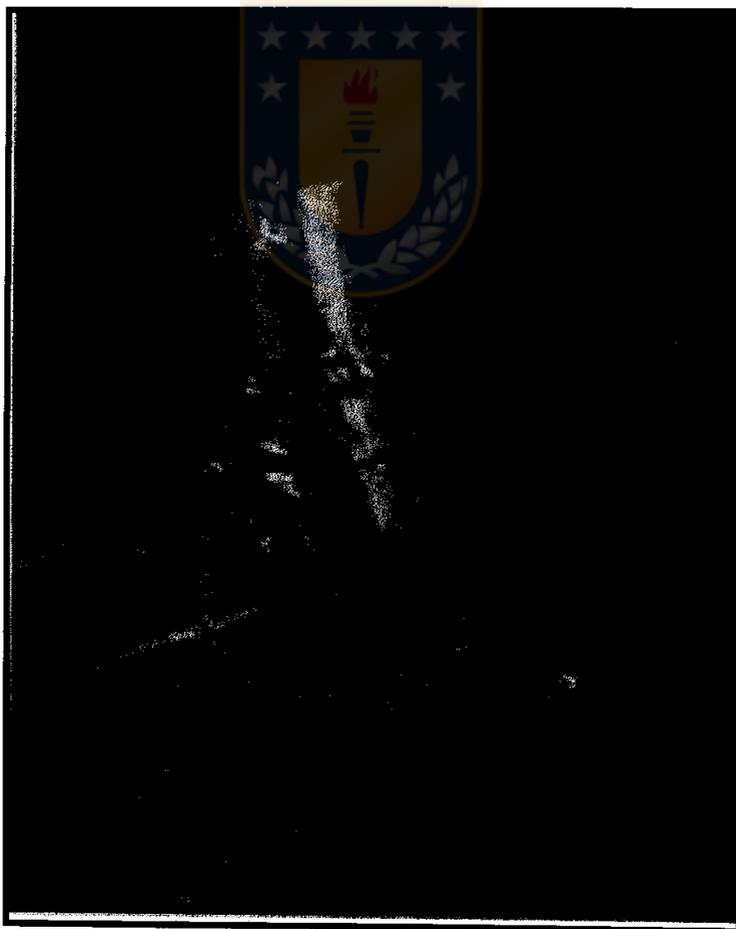


Figura 13. Anclaje a un árbol usando protección

En cuanto al daño al rodal remanente, éste puede ser minimizado con motosierristas y estroberos debidamente capacitados. Los primeros para evitar la incorrecta dirección de caída de los árboles a voltear, y los segundos para que tengan perfecta comunicación con el operador de la torre y realicen un expedito maderero lateral.

El daño causado al suelo producto del maderero, puede ser aminorado arrojando el material de desecho (ramas, ramillas y despuntes), al centro de las líneas por donde viajan los trozos una vez concluido el raleo en dicha línea.



IV CONCLUSIONES.

1. El uso de loggerpc en el diseño de las líneas de madereo, no fue un factor determinante en la diferencia de producción diaria contra el diseño de las líneas trazadas de manera tradicional a los niveles de significancia establecidos.
2. Dentro de los tiempos fijos, el elemento del ciclo de mayor peso es el tiempo de carga, con un promedio superior al 60% en todos los rodales, tanto en los que se usó loggerpc como en los que se usó el sistema tradicional.
3. Con el uso de loggerpc en el diseño de las líneas se logró una disminución promedio importante de los cambios de instalación de la torre, siendo éstos superiores a 7% en cada uno de los predios.
4. Con el análisis entregado al utilizar loggerpc, se logra disminuir los tiempos improductivos causados por problemas de quiebres en los árboles soportes y problemas producidos en los cables principalmente el tractor (línea muy baja o cortes de cables), ya que el software señala las cargas ideales a ser madereadas en cada punto del tendido lo que reduce el desgaste de los cables y motor de la torre al ser sometidos a cargas convenientes, aumentando así la vida útil del equipo.

5. Tanto las funciones de tiempo total como las de rendimiento, permiten hacer estimaciones confiables, puesto que provienen de una amplia base de datos y corroborado además, por los estimadores estadísticos obtenidos para cada función.

6. La información obtenida en terreno fue recopilada durante la temporada estival, por lo que las funciones obtenidas pueden no ser representativas para otras épocas de año.



V RESUMEN.

El estudio fue llevado a cabo en tres predios pertenecientes a Forestal Chile S. A., Casas de Tablas, Junquillos y Cerro las Piedras, circunscritos a la VII y VIII región en sectores con fuertes pendientes, durante los meses de Enero, Febrero y Marzo de 1996.

Los bosques corresponden a plantaciones de Pinus radiata D. Don de 14 años de edad promedio, en los cuales se realizó un segundo raleo del tipo comercial. Este raleo se ejecutó con torres de maderero Koller K-300 montadas sobre un tractor agrícola. Su capacidad máxima de maderero alcanza a 300 metros y 20 metros de maderero lateral.

Los datos fueron proporcionados por Forestal Chile S. A., éstos consistieron en la medición de los tiempos de cada elemento del ciclo de maderero, los cambios de instalación y volúmenes por jornada realizados por cada torre, los cuales fueron utilizados en su totalidad para determinar si es que existe diferencias en los rendimientos por jornada y a la vez desarrollar las funciones de tiempo y de rendimiento para evaluar el trabajo realizado por las torres, tanto para las líneas en que se usó diseño tradicional de las instalaciones como en las que se usó Loggerpc. Paralelamente se evaluó en forma ocular el daño causado al suelo y árboles remanentes producto del maderero.

Las funciones empleadas en este estudio fueron de tipo lineal, $F = a + b * D$, donde la distancia media de madereo es la variable explicatoria para los corredores rectangulares.

En estudio, se logró determinar que a los niveles de confianza del 10% y 5%, no hubo diferencias significativas en las producciones en metros cúbicos ssc realizados diariamente, pero se logró una importante disminución en los tiempos del cambio de instalación, siendo éstos sobre un 7% en cada predio. Además, utilizando la carga óptima durante cada ciclo de madereo, determinada por el loggerpc, también se lograron reducciones importantes de tiempo al evitarse los problemas de corte de cables y quiebre de árboles soportes, manteniendo así también, la vida útil de equipo utilizado.

En cuanto a los daños provocados por la ejecución de la faena, éstos fueron en su totalidad identificados, siendo los más importantes, la alteración al suelo en el centro del corredor, por donde son arrastrados los trozos y en un porcentaje variable de árboles remanentes, debido a una mala ejecución del volteo o estrobado y anillamiento producidos por anclajes.

SUMMARY.

The study was carried out on three land sectors belonging to Forestal Chile S. A., Casas de Tablas, Junquillos and Cerros las piedras, limited to the VII and VIII region in sectors with strong pendants, during the months of January, February and March of 1996.

The forests correspond to plantations of Pinus radiata D. Don with an average of 14 years, in which a second thinning of the commercial type. This thinning was executed using towers yarder Koller K-300 mounted on an agricultural tractor. The maximum wood capacity reaches 300 meters and 20 meters of lateral logging.

The data provided by Forestal Chile S. A., consisted in the measuring of the times in each element of the cycle of logging, the changes installation and volume for a working day achieved by each tower, in which they were used in their whole to determine if there exists differences in yields by session and at the same time to develop the time functions and of yield to evaluate the work done by the towers, as well as the lines in which a traditional design installation was used but also with usage of Loggerpc. Parallely it was evaluated in a ocular form the damage caused to the soil and trees remaining by the logging process.

The functions used in this study were of lineal type, $F = a + b * D$, where the average distance of logging is the variable explanatory for the rectangular corridors.

In the study, it was determined that the levels of confidence of the 10% and 5%, there were no significant changes in the productions in cubic meters ssc achieved daily, but an important decrease in the installation times change, these being over 7% in each land sector. Furthermore, using the optimum load during each logging cycle, determine by loggerpc, there were also important time reductions to be avoided the problems of cables cutting and breaking of the trees support , maintaining also, the life expectancy of equipment used.

As far as the damages provoked by the execution of the daily cativity, these were totally identified, being the most important, the alteration of the soil in the center of the corridor, were they drag the logs and in there variable percentage of the remaining trees, due to an incorrect execution of the tree felling or rigging and ringig produced by anchorages.

IV. BIBLIOGRAFIA.

- Aicon, H., P. Sapunar, C. Peña. 1995. Raleo con torres, cinco años de experiencia. En: Actas V Taller de Producción Forestal. Noviembre 1995. Cap. II. Fundación Chile. Concepción, Chile.
- Baldini, J. 1995. Resultados de la implementación del software Loggerpc en torres de maderero URUS IV. En: Actas V Taller de Producción Forestal. Noviembre 1995. Cap. XII. Fundación Chile. Concepción, Chile.
- Benavente, R. 1989. Maderero por Cable Aéreo. Tesis de Grado. Universidad de Concepción. Fac. de Ing. Mecánica. Concepción, Chile.
- Cameron, B. and J. Sessions. 1994. The standig skyline: a maximun log load solution procedure. For. Sci. 42(2): 220-227.
- Carrasco, A. 1984. Análisis de maderero mediante una torre Koller K-300 (Live Skyline System). Tesis de Grado. Universidad de Chile. Fac. de Ing. Forestal. Santiago, Chile.
- Donoso, C. 1990. Ecología Forestal. El bosque y su medio ambiente. (2a. Ed). Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

- Gayoso, J., A. Iroume, A. Ellies. 1991. Degradación de suelos forestales asociado a operaciones de cosecha. En: Actas III Taller de Producción Forestal. Noviembre 1991. Cap. XI. Fundación Chile. Concepción, Chile.
- Giacaman, A. 1993. Estudio de Tiempo, Rendimiento y Tensiones de Cables para una Torre de Madereo URUS I-UNI en Tala Rasa. Tesis de Grado. Universidad de Concepción. Fac. de Ing. Forestal. Chillán, Chile.
- Gibson, D. 1978. Interactive Computer Graphics for Planning Cable Logging Operations. Transaction of the ASAE. 30(1): 202-205.
- Gibson, H. and C. Biller. 1975. A Second Look At Cable Logging In The Appalachians. Journal of Forestry. 73 (10):649-653.
- INFOR. 1979. Prueba y Corrección de las Tablas de Volumen para Pino insigne (*Pinus radiata* D.Don). Santiago, Chile. Instituto Forestal, Informe Técnico N° 55. 40 p.
- Kendrick, L. and J. Sessions. 1991. A solution procedure for calculating the standing skyline load path for partial and full suspension. For. Prod. J. 41 (9):57-60.

- Largo, S. 1985. Planificación e Ingeniería de Extracción Forestal con Cables. Boletín de Extensión N° 39. Universidad de Concepción. Fac. de Cs. Agron., Veter. y For. Chillán, Chile.
- Lineros, M. 1995. Cátedra de Utilización Forestal II. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Lizama, M. 1987. Diseño de una Torre de Madereo. Tesis de Grado. Universidad de Concepción. Fac. de Ing. Mecánica. Concepción, Chile.
- Miller, J. and D. Sirois. 1986. Soil disturbance by skyline yarding v/s skidding in loamy hill forest. *Forestry Abstracts*. 48 (9)555.
- Pinto, G. 1993. Determinación de Funciones de Tiempo, Rendimiento y Costos para la Torre de Madereo koller K-300 Dependiente en Raleo Comercial. Tesis de Grado. Universidad de Concepción. Fac. de Ing. Forestal. Chillán, Chile.
- Scheaffer, R.L. y J.T. McClave. 1993. Probabilidad y estadística para ingeniería. (3a Ed). Iberoamericana. México.

VII * APENDICE



Apéndice 1

La comparación de cada grupo proveniente de poblaciones normales, se llevaron a cabo con el auxilio de la distribución "t", para el caso en que: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ y $n_1 \neq n_2$.

Fórmulas usadas:

Grados de libertad..... $gl = n_1 + n_2 - 2$

Varianza ponderada..... $S^2 = \frac{\sum_1^n (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum_1^n (x_2 - \bar{x}_2)^2}{gl \text{ total}}$

Error estándar..... $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{S^2 \left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right)}$

Donde: n_1 y n_2 , tamaño de cada muestra.

Décima; $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

$H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Predio n°1

$gl = 4$

$S^2 = 152,58$

$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 10,7$

$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 1,68$

$t_m = 0,16; \quad t_{(4)90\%} = 2,132$

$t_{(4)95\%} = 2,776$

Como $t_m < t_{(4)90\%}$ y $t_m < t_{(4)95\%}$, se acepta la Hipótesis nula.

Predio n°2

$gl = 5$

$S^2 = 141,19$

$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 9,94$

$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 12,64$

$t_m = 1,27; \quad t_{(5)90\%} = 2,571$

$t_{(5)95\%} = 2,015$

Como $t_m < t_{(5)90\%}$ y $t_m < t_{(5)95\%}$, se acepta la Hipótesis nula.

Predio n°3

$gl = 5$

$S^2 = 172,8$

$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 11,0$

$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 8,52$

$t_m = 0,77; \quad t_{(4)90\%} = 2,132$

$t_{(4)95\%} = 2,776$

Como $t_m < t_{(4)90\%}$ y $t_m < t_{(4)95\%}$, se acepta la Hipótesis nula.

Apéndice 2

TABLA 1. Funciones de tiempo variable para el rodal n°1 sin y con uso de Loggerpc en minutos.por ciclo.

	Modelo	r2	EEE	F
c/logger	$TVC = 0,438552 + 0,008687*d$	0,79	0,29	166
	$TVV = 0,176388 + 0,003436*d$	0,94	0,06	665
	$TV = 0,614941 + 0,012123*d$	0,86	0,30	286
s/logger	$TVC = 0,495153 + 0,007839*d$	0,82	0,30	480
	$TVV = 0,165890 + 0,003500*d$	0,93	0,08	1100
	$TV = 0,660757 + 0,011353*d$	0,89	0,32	755

TABLA 2. Funciones de tiempo variable para el rodal n°2, sin y con uso de Loggerpc en minutos por ciclo.

	Modelo	r2	EEE	F
c/logger	$TVC = 0,511693 + 0,010560*d$	0,68	0,26	164
	$TVV = 0,138640 + 0,003358*d$	0,94	0,03	1258
	$TV = 0,650333 + 0,013916*d$	0,77	0,27	257
s/logger	$TVC = 0,477605 + 0,012270*d$	0,74	0,32	495
	$TVV = 0,153825 + 0,003403*d$	0,95	0,03	3183
	$TV = 0,631430 + 0,015624*d$	0,80	0,34	725

TABLA 3. Funciones de tiempo variable para el rodal n°3, sin y con uso de Loggerpc en minutos por ciclo.

	Modelo	r2	EEE	F
c/logger	$TVC = 0,228316 + 0,007807*d$	0,87	0,24	472
	$TVV = 0,116118 + 0,004069*d$	0,88	0,12	504
	$TV = 0,350998 + 0,011800*d$	0,90	0,31	657
s/logger	$TVC = 0,248390 + 0,003465*d$	0,85	0,31	770
	$TVV = 0,164596 + 0,003465*d$	0,92	0,08	1750
	$TV = 0,410628 + 0,012354*d$	0,89	0,34	1222

Apéndice 3

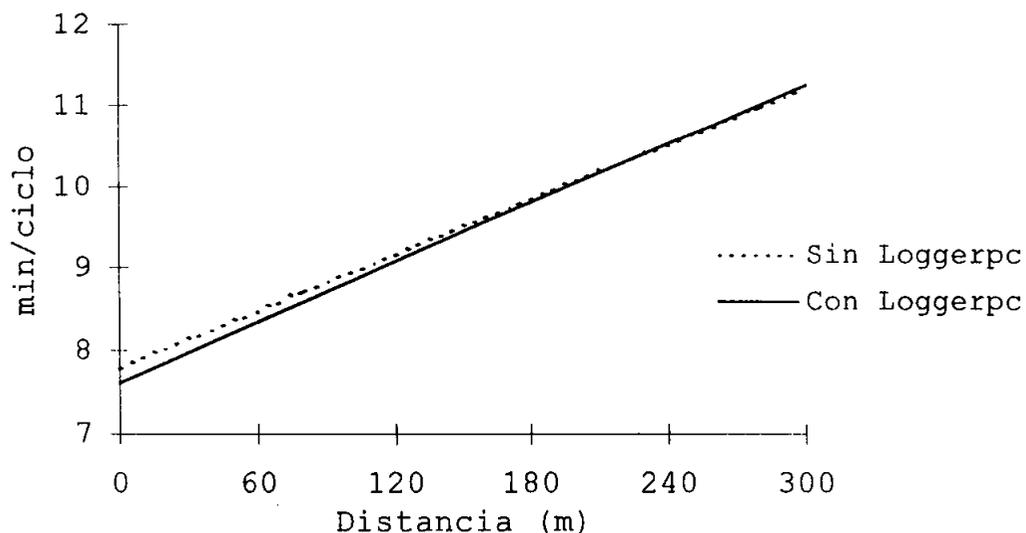


Figura 1. Tiempo total según distancia de madereo en el rodal n°1.

TABLA 4. Distribución del tiempo total de madereo en minutos por ciclo para el rodal n°1.

Dist. m	Sin Loggerpc			Con Loggerpc		
	TF	TV	TT	TF	TV	TT
20	7,13	0,89	8,02	7,00	0,86	7,86
40	7,13	1,11	8,24	7,00	1,10	8,10
60	7,13	1,34	8,47	7,00	1,34	8,34
80	7,13	1,57	8,70	7,00	1,58	8,58
100	7,13	1,80	8,93	7,00	1,83	8,83
120	7,13	2,02	9,15	7,00	2,07	9,07
140	7,13	2,25	9,38	7,00	2,31	9,31
160	7,13	2,48	9,61	7,00	2,55	9,55
180	7,13	2,70	9,83	7,00	2,80	9,80
200	7,13	2,93	10,06	7,00	3,04	10,04
220	7,13	3,16	10,29	7,00	3,28	10,28
240	7,13	3,39	10,52	7,00	3,52	10,52
260	7,13	3,61	10,74	7,00	3,77	10,77
280	7,13	3,84	10,97	7,00	4,01	11,01
300	7,13	4,07	11,20	7,00	4,25	11,25

Apéndice 4

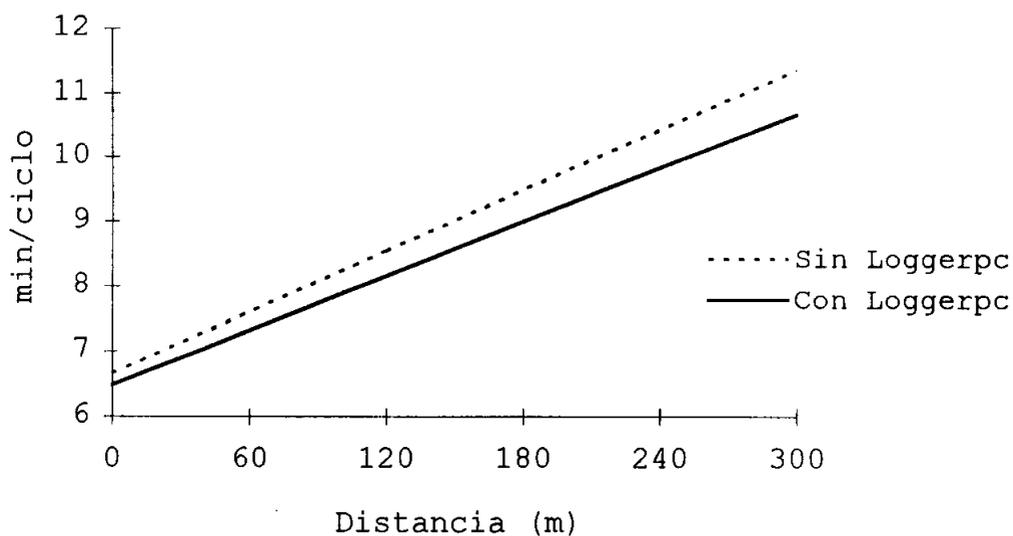


Figura 2. Tiempo total según distancia de madereo en el rodal n°2.

TABLA 5. Distribución del tiempo total de madereo en minutos por ciclo para el rodal n°2.

Dist. m	Sin Loggerpc			Con Loggerpc		
	TF	TV	TT	TF	TV	TT
20	6,05	0,94	6,99	5,82	0,93	6,75
40	6,05	1,26	7,31	5,82	1,21	7,03
60	6,05	1,57	7,62	5,82	1,49	7,31
80	6,05	1,88	7,93	5,82	1,76	7,58
100	6,05	2,19	8,24	5,82	2,04	7,86
120	6,05	2,51	8,56	5,82	2,32	8,14
140	6,05	2,82	8,87	5,82	2,60	8,42
160	6,05	3,13	9,18	5,82	2,88	8,70
180	6,05	3,44	9,49	5,82	3,16	8,98
200	6,05	3,76	9,81	5,82	3,43	9,25
220	6,05	4,07	10,12	5,82	3,71	9,53
240	6,05	4,38	10,43	5,82	3,99	9,81
260	6,05	4,69	10,74	5,82	4,27	10,09
280	6,05	5,01	11,06	5,82	4,55	10,37
300	6,05	5,32	11,37	5,82	4,83	10,65

Apéndice 5

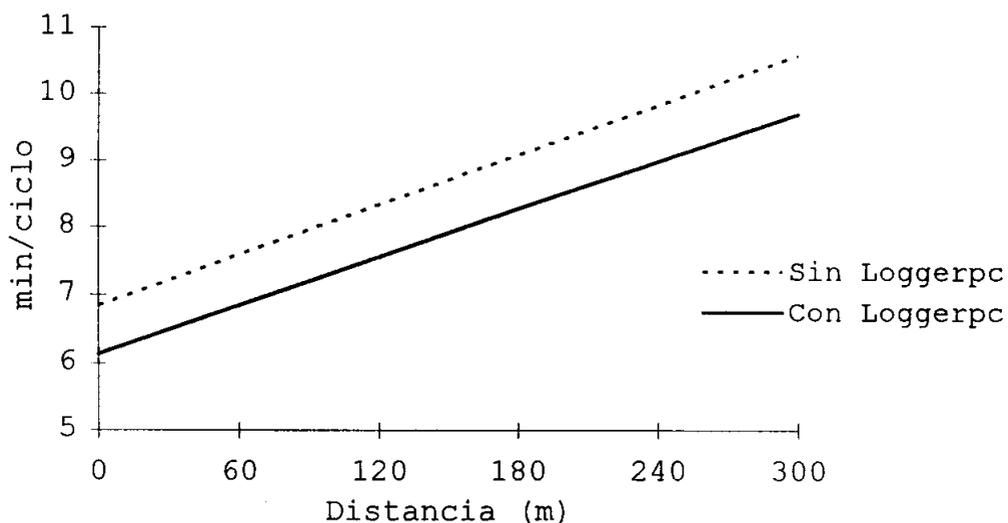


Figura 3. Tiempo total según distancia de madereo en el rodal n°3.

TABLA 6. Distribución del tiempo total de madereo en minutos por ciclo para el rodal n°3.

Dist. m	Sin Loggerpc			Con Loggerpc		
	TF	TV	TT	TF	TV	TT
20	6,43	0,66	7,09	5,78	0,59	6,37
40	6,43	0,90	7,33	5,78	0,82	6,60
60	6,43	1,15	7,58	5,78	1,06	6,84
80	6,43	1,40	7,83	5,78	1,29	7,07
100	6,43	1,65	8,08	5,78	1,53	7,31
120	6,43	1,89	8,32	5,78	1,77	7,55
140	6,43	2,14	8,57	5,78	2,00	7,78
160	6,43	2,39	8,82	5,78	2,24	8,02
180	6,43	2,63	9,06	5,78	2,47	8,25
200	6,43	2,88	9,31	5,78	2,71	8,49
220	6,43	3,13	9,56	5,78	2,95	8,73
240	6,43	3,38	9,81	5,78	3,18	8,96
260	6,43	3,62	10,05	5,78	3,42	9,20
280	6,43	3,87	10,30	5,78	3,65	9,43
300	6,43	4,12	10,55	5,78	3,89	9,67

Apéndice 6

TABLA 7. Rendimiento sin y con Loggerpc en el rodal n°1.

Dist. m	Rendimiento (m ³ ssc/hora)	
	s/loggerpc	c/loggerpc
20	5,24	4,96
40	5,09	4,81
60	4,96	4,67
80	4,83	4,54
100	4,71	4,42
120	4,59	4,30
140	4,48	4,19
160	4,37	4,08
180	4,27	3,98
200	4,17	3,88
220	4,08	3,79
240	3,99	3,71
260	3,91	3,62
280	3,83	3,54
300	3,75	3,47

TABLA 8. Rendimiento sin y con Loggerpc en el rodal n°2.

Dist. m	Rendimiento (m ³ ssc/hora)	
	s/loggerpc	c/loggerpc
20	4,56	4,88
40	4,36	4,69
60	4,18	4,51
80	4,02	4,35
100	3,87	4,19
120	3,72	4,05
140	3,59	3,92
160	3,47	3,79
180	3,36	3,67
200	3,25	3,56
220	3,15	3,46
240	3,05	3,36
260	2,96	3,27
280	2,88	3,18
300	2,80	3,10

TABLA 9. Rendimiento sin y con Loggerpc en el rodal n°3.

Dist. m	Rendimiento (m ³ ssc/hora)	
	s/loggerpc	c/loggerpc
20	5,50	7,07
40	5,32	6,82
60	5,14	6,58
80	4,98	6,36
100	4,83	6,16
120	4,69	5,96
140	4,55	5,78
160	4,42	5,61
180	4,30	5,45
200	4,19	5,30
220	4,08	5,16
240	3,98	5,02
260	3,88	4,89
280	3,79	4,77
300	3,70	4,65