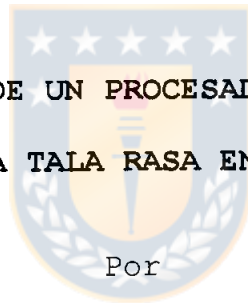


UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
Departamento de manejo de bosques y medio ambiente



RENDIMIENTOS Y COSTOS DE UN PROCESADOR DENHARCO MODELO 3500  
EN FAENA DE COSECHA A TALA RASA EN Pinus radiata D Don.



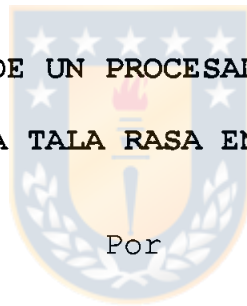
EDGAR PAUL ALTAMIRANO CAMPOS

MEMORIA PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO  
FORESTAL.

CONCEPCION-CHILE  
1997

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
Departamento de manejo de bosques y medio ambiente

RENDIMIENTOS Y COSTOS DE UN PROCESADOR DENHARCO MODELO 3500  
EN FAENA DE COSECHA A TALA RASA EN Pinus radiata D Don.



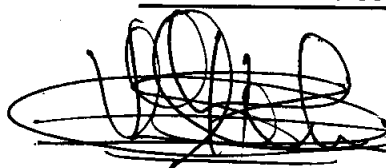
Por

EDGAR PAUL ALTAMIRANO CAMPOS

MEMORIA PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO  
FORESTAL.

CONCEPCION-CHILE  
1997

RENDIMIENTOS Y COSTOS DE UN PROCESADOR DENHARCO MODELO 3500  
EN FAENA DE COSECHA A TALA RASA EN Pinus radiata D Don.



Profesor Asesor

---

Manuel Lineros Parra  
Profesor Asistente  
Ingeniero Forestal Mg Sc.

Profesor Asesor

---

Ulises Messer Meya  
Profesor Instructor  
Ingeniero Civil Industrial

Director Departamento de  
Manejo y Medio Ambiente

---

Pedor 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 Lineros Parra: Noventa puntos.

Ulises Messer Meya : Ochenta y dos puntos.



Agradezco a Dios,  
a mis padres y  
a todas las personas que de  
algún modo me ayudaron en  
este trabajo.

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS		Pág.
1.	INTRODUCCION .....	1
11.	MATERIALES Y METODOS .....	3
	2.1. Material y equipo .....	3
	2.1.1 Material .....	3
	2.1.2 Equipo .....	3
	2.2. Metodología .....	5
	2.2.1 Area de estudio .....	5
	2.2.2 Sistema de producción .....	5
	2.2.3 Estudio de tiempos y rendimientos	6
	2.2.3.1 Tamaño de la muestra .....	7
	2.2.3.2 Ciclo de trabajo del equipo ....	8
	2.2.3.3 Modelos Matemáticos .....	8
	2.2.3.4 Estimación del volumen .....	9
	2.2.3.5 Rendimiento .....	9
	2.2.4 Calidad .....	10
	2.2.5. Costos .....	11
111.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	12
1V.	CONCLUSIONES .....	20
V.	RESUMEN .....	22
VI.	SUMMARY .....	23
V11.	BIBLIOGRAFIA .....	24
V111.	APENDICE .....	30

## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1.	Características generales de los predios	5
2.	Esquemas de trozados .....	6
	<u>En el anexo</u>	
1A.	Tabla de ubicación de árboles individuales según función de ahusamiento Pinus radiata de Bosques Arauco .....	29
	<u>En el Apéndice</u>	
1B.	Funciones ajustadas en el estudio .....	30
2B.	Estudio de largos .....	31
3B.	Costos directos de operación .....	33
4B.	Costos mano de obra .....	34
5B.	Costos implementación .....	34
6B.	Costos de desrame, trozado y clasificado para los diferentes esquemas .....	35

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
1.	Procesador en faena .....	3
2.	Cabecal del procesador en operación	4
3.	Producción media esquemas 1 y 2 .....	12
4.	Participación porcentual de los elementos en el ciclo del equipo ....	13
5.	Porcentaje de producto obtenido en cada esquema .....	15



## 1. INTRODUCCION

El aumento de las plantaciones, la maduración de los bosques en los últimos 15 años, 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 2000, hacen necesario el uso y desarrollo de nuevas técnicas y, por ende, un personal debidamente especializado (Becker, 1989; Poo, 1992). El crecimiento de estas técnicas se ha visto favorecido por un mayor número de proveedores e industriales que comienzan a prestigiar la fabricación en Chile de maquinaria forestal (Kunze, 1989).

La corta mecanizada se está expandiendo rápidamente en Chile, siendo en la mayoría de los casos casi exclusivamente con el empleo de motosierras (Fundación Chile, 1992). Según Wenger (1984), ésta ofrece oportunidad de incrementar la eficiencia de las operaciones de cosecha. Este incremento en eficiencia puede resultar debido a numerosos factores, incluyendo incremento en la productividad del volteo y mejoramiento del madereo como resultado de realizarlo en forma direccional junto con el apilado de los árboles. La mecanización de estas faenas aumenta la seguridad de las operaciones de corta y permite



trabajar en sectores donde el volteo tradicional sería difícil. Conway (1978), señala que las más sofisticadas y complejas corresponden a feller- buncher y harvester, la primera voltea y apila; y la segunda, además, desrama y troza. Otro tipo de maquinaria que en la actualidad se utiliza son los cabezales procesadores, estos equipos están masificados en países forestales como Austria y Finlandia. Según Marquez (1995), se utilizan en canchas de torres de madereo, así como también en faena de tala rasa con feller buncher y madereos con skidder grapple. Además, se utilizan en faenas de raleo y/o de árboles enteros donde el desrame y trozado es efectuado por un procesador, con lo cual ha aumentado la productividad en Austria y Finlandia de 0,3 m<sup>3</sup>/hr/hombre en 1950 hasta llegar en la actualidad a 2 m<sup>3</sup>/hr/hombre (Carmona 1994). Este aumento ha sido el incentivo principal para la mecanización en Suecia; la productividad m<sup>3</sup>/hr/hombre aumento en 11 veces de 1950 a 1992, Nordansjö (1994).

El objetivo de este estudio fue determinar rendimientos y costos del sistema de trabajo con procesador Denharco modelo 3500 en faenas de tala rasa, dentro de un sistema completamente mecanizado.

## II. MATERIALES Y METODO.

### 2.1 Material y equipo

2.1.1. Material. Cronómetro, huincha, forcípula, formularios, base datos, tablas de cubicación, computador ( Word, Excel, Table Curve), scanner.

2.1.2 Equipo. El Procesador Denharco modelo 3500 es un desramador de pluma, capaz de desramar, trozar y seleccionar. El brazo o pluma tiene un alcance de 16 metros. El procesador trabaja sobre una excavadora marca Caterpillar modelo 320 L, como se aprecia en la Figura 1.



Figura 1. Procesador en faena.

El procesador Denharco modelo 3500 procesa árboles enteros en cancha u orilla de camino. El cabezal posee cuchillos desramadores, los cuales impactan con el filo de estos a las ramas produciendo el desrame, como se aprecia en la Figura 2.



FIGURA 2. Cabezal del procesador en operación.

El equipo está implementado con luces para trabajo nocturno, es gobernado por un microprocesador, el que permite adaptarse a las necesidades de producción y

clasificación de producto terminado. Gracias a la movilidad de la excavadora y largo de la pluma permite seleccionar los productos en diferentes rumas, requiriendo un mínimo de espacio que oscila alrededor de los 20 m de diámetro para maniobras.

## 2.2 Metodología

2.2.1 Area de estudio. El estudio se realizó durante Febrero de 1996 en los Predios Yane Efa y Los Guindos de propiedad de Bosques Arauco S.A. Los predios están situados en la provincia de Arauco comuna de Curanilahue en la cordillera de la costa, los cuales están conformados por plantaciones de Pinus radiata D Don.

Las características de los predios se indican en Tabla 1.

Tabla 1. Características generales de los Predios.

Predios	Yane Efa	Los Guindos
Manejo	Sin manejo	Poda y raleo
Edad	22 años	25,1 años
Densidad (arb/ha)	1398	334
Dap cuadrático (cm)	26.7	40.1
Altura Dom (m)	30.1	35.7
Pendiente (%)	10-40	10-30

2.2.2 Sistema de producción. El sistema de aprovechamiento que se utilizó fué el de árbol entero; aquí los árboles son

cortados, luego transportados enteramente a cancha u orilla de camino donde se realiza el desrame y trozado (Linerós 1994). Los esquemas evaluados fueron dos, los que se describen en Tabla 2.

Tabla 2. Esquemas de trozado.

Esquema	Lugar	Prioridad	Producto	Largo (m)	Diám. límite (cm)
1	Cancha	1	Aserrable	16.5	16
		2	Aserrable	Variable	16
		3	Pulpable	Variable	16-8
2	Camino	1	Podado	13.22	28 (5 m)
		2	Aserrable	16.5	16
		3	Aserrable	Variable	16
		4	Pulpable	Variable	16-8

2.2.3 Estudio de tiempos y rendimientos. El estudio de tiempo es una técnica de medición del trabajo empleado para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondiente a los elementos de una tarea definida efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos, a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar las tareas, según una norma de ejecución preestablecida.

Anaya y Quevedo (1986), citados por Pinto (1990), señalan que se debe considerar la variación de rendimiento durante el día para lograr una mayor precisión en el resultado.

Basándose en estudios de tiempo - rendimiento es posible determinar rendimientos de las faenas y, con esta información, establecer los rendimientos normales, los cuales a su vez se utilizan para calcular costos, planificar, fijar remuneraciones (Klagger 1989, citado por Rovera 1992).

2.2.3.1 Tamaño de la muestra. Según Becker (1989) y Cabezas (1992), para determinar el tamaño de la muestra que se ajusta a la precisión estadística requerida, es necesario un estudio preliminar de tiempos; se consideró una población infinita, a fin de obtener una media y una varianza que permita estimar en forma correcta el número de observaciones a realizar.

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

Donde:

$n$  = Número de unidades muestrales.

$cv$  = Coeficiente de variación del muestreo (%).

$E$  = Error Máximo admisible. (10%).

$t$  = Valor "t" de Student, con  $n-1$  grados de libertad.

2.2.3.2 Ciclo de trabajo del equipo en estudio. El ciclo de trabajo corresponde a la sucesión completa de los elementos para llevar a cabo una actividad o tarea determinada o para obtener una unidad de producción. Puede incluir elementos que no se repiten en cada ciclo (Alvarez 1992); en el caso del procesador corresponden a todas las operaciones que realiza para desramar, trozar, y clasificar los árboles en cancha u orilla de camino. Los elementos del ciclo de trabajo se describen a continuación:

a. Tomar árbol: Desde que deja la última troza hasta que se posesiona en el nuevo árbol completo.

b. Desrame: Una vez que toma el árbol completo, hasta que lo despoja de todas sus ramas y lo despunta.

c. Trozado y clasificado: Después de despuntado comienza la medición de los largos que se desea obtener, al mismo tiempo que se realiza la clasificación.

2.2.3.3 Modelos matemáticos. Se procedió a analizar una serie de modelos para estos elementos. La mejor ecuación fue definida por las pruebas estadísticas; Coeficientes de

determinación ( $R^2$ ), Error Estándar de estimación (EEE) y Análisis de Varianza (Prueba F).

2.2.3.4 Estimación del volumen. Para la cubicación de los árboles procesados se determinó el DAP de éstos a 1,2 m de la base del árbol, debido a que el feller- buncher deja un Tocón de 10 cm como promedio. Luego, con la Función de Altura ajustada en el informe de precosecha, se determinó la altura y, por medio Tabla de Cubicación de árboles individuales, según función de ahusamiento Pinus radiata de Bosques Arauco, se determinó el volumen de los árboles procesados.

2.2.3.5 Rendimiento. Fue calculado posteriormente a través de la fórmula (Guell, 1973). Donde la función de rendimiento se construyó a partir de las funciones de tiempo total (Tt) y el volumen promedio por ciclo de trabajo (V) en cada una de las modalidades estudiadas de acuerdo a la siguiente relación:

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



2.2.4 Calidad. Se evaluaron las variables de desrame, corte, largo y diámetro. La medición se realizó por medio de muestreos aleatorios en los cuales se observó y midió los parámetros antes mencionados en los distintos esquemas de trozado.

a. Desrame. La calidad se determinó visualmente; se observó las imperfecciones del trozo, una vez desramado, ya sea, muñones, rasgado del fuste, arranque de la rama, grietas.

b. Largos. Están dados por la precisión del Procesador, si éste cumple con las medidas de los esquemas de trozado. Las mediciones se realizaron al azar.

c. Diámetro. Se analizó si el diámetro real fue bien estimado, es decir, si cumple con las restricciones de los esquemas de trozado.

d. Corte. Se observó si éste fue perpendicular al eje del fuste.

e. Desecho. Se observó la distribución del desecho en cancha u orilla de camino y en el sitio.

2.2.6 Costos. Diversos autores entre ellos Anaya y Quevedo (1975); Alvarez y Kunz (1988); Buckley (1991); Caterpillar (1993) y Alvarez (1994), concuerdan en señalar que luego del estudio de tiempo y rendimiento, el siguiente paso es calcular los costos de posesión y operación por unidad de tiempo de cada componente del sistema.

Dentro de los costos de posesión es necesario considerar el Costo del capital (IIMA), Depreciación, Seguros y Patentes. Para los costos de operación se consideraron todos los costos inherentes a la operación del equipo; es decir, insumos, reparaciones, herramientas de mantención, rodado, personal, equipo de trabajo.

Los costos del trabajo con procesador se compararon con los costos actuales (Febrero 1996) de realizar la actividad de desrame y trozado con motosierristas.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

La gran cantidad de árboles procesados en el esquema N°1, como se aprecia en la Figura 3, se debió a la baja dimensión de éstos,  $0.55 \text{ m}^3\text{ssc/arb}$ , en cambio en la otra situación donde el volumen por árbol llega a los  $1,5 \text{ m}^3\text{ssc/arb}$  la cantidad procesada fue solo de 26 árboles por hora.

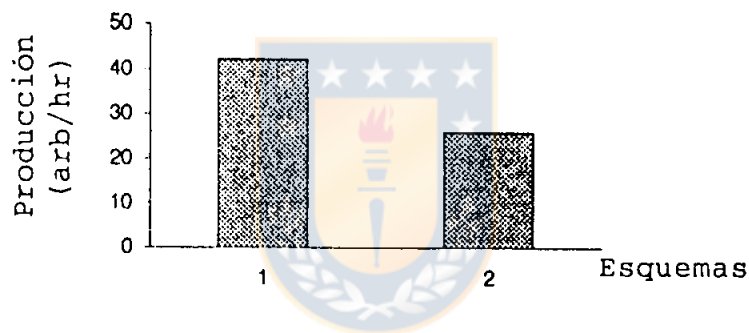


FIGURA 3. Producción media de los esquemas.

El alto porcentaje del tiempo empleado en tomar el árbol en el esquema 1, como se aprecia en la Figura 4, fue consecuencia de la inexistencia de poda y raleo en el rodal, por éste motivo los árboles presentaban ramas gruesas desde la base del árbol además de un fuste de mala forma, doble y triple flecha. El trabajo del procesador en estas condiciones fue más lento, demorando más en desramar la base del árbol. Este tiempo se vio influenciado

por lo entrelazadas que quedan las ramas en el interior de las gavillas formadas por el skidder grapple.

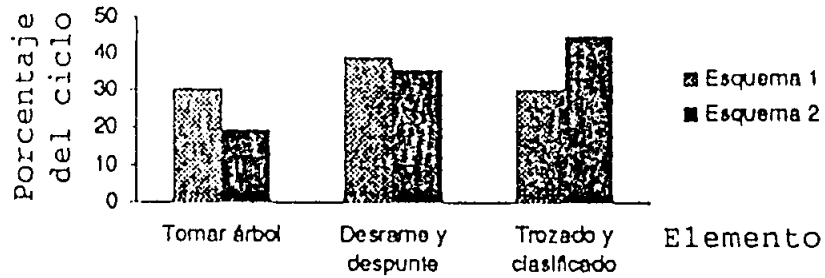


FIGURA 4. Participación porcentual de los elementos en el ciclo del equipo.

Producto de la gran cantidad de ramas gruesas y secas, en el esquema 1, existió problemas de ruptura de mangueras, cables, parabrisas y foco delantero; esto porque al desramar el cabezal del procesador con sus tenazas impactaba las ramas, las cuales se quebraban produciendo los daños antes mencionados, además de un desrame de regular calidad.

Por otra parte, el bajo porcentaje del elemento tomar el árbol en el rodal El Guindo, fue porque éste presentaba manejo, lo que origina la no existencia de ramas en la base del fuste, además de buena forma de los árboles; por lo

tanto, el procesador no gasta tiempo en destroncar y desramar la base del árbol, además el entrelazado en el interior de las gavillas se ve disminuido por una menor cantidad de ramas y a su vez más delgadas.

El bajo porcentaje del ciclo, empleado en trozado y clasificado en el esquema 1, obedece a la mala calidad del rodal, del cual rara vez se obtenían largos de 16,5 m; no así en el esquema 2, en el cual este tiempo era considerablemente mayor debido a la remediación del largo, ya que la tenaza se resbalaba al tirar el árbol para desramar, con lo que se produce un error de medición.

Dadas las características del bosque, en el esquema 1, el porcentaje promedio de producto a obtener fue considerablemente alto el porcentaje de pulpa y de largo variable con un 47,98% y 43,48% respectivamente, como se aprecia en la Figura 5.

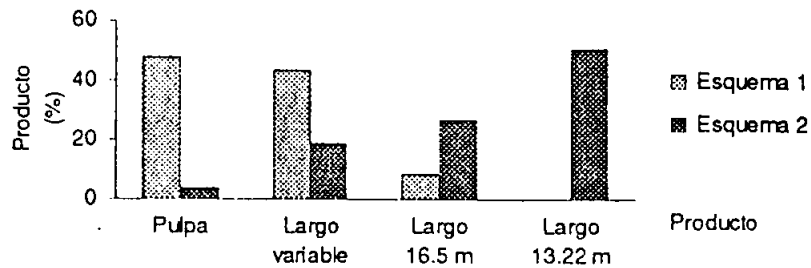


FIGURA 5. Porcentaje de Producto obtenido en cada esquema.

En el esquema 2, el alto porcentaje de producto de 13.22 m, 50.4 %, es causa del manejo intensivo realizado en el rodal. Por el contrario, el producto pulpable es casi nulo; sólo representa el 3,8% del volumen total producido. La excelente calidad del rodal se manifiesta en el alto porcentaje de productos de altas dimensiones con un 77,5%.

Estudio de rendimientos del Procesador Denharco 3500. Se ajustaron una serie de modelos, Tabla 1B, la mejor función ajustada correspondió a:

$$Y = -23.065 + 4.252 * dap$$

Donde: Y = ciclo de trabajo, seg/arb.

dap= Diámetro a la altura del pecho, cm.

con:

$$R^2 = 0.60; \quad EEE=26; \quad F=230$$

Función Tiempo Totales.

$$TT = -0.384 + 0.071 * dap \text{ min/arb.}$$

La función de Rendimiento :

$$R = 60 * V / (-0.384 + 0.071dap) \text{ m}^3\text{ssc/ hr.}$$

V= Volumen árbol medio, m'ssc.

dap= Diámetro a la altura del pecho, cm.

Calidad del Desrame. El desrame se produce por el impacto del filo de la tenaza delantera y trasera con las ramas del fuste. La calidad del desrame se evaluó desde dos perspectivas, que son los predios en los cuales se realizó el estudio.

- Situación esquema 1. La mala calidad del bosque, sin manejo, mala forma, ramas gruesas desde la base del fuste; dadas estas condiciones el Procesador no tenía la capacidad de trabajar en forma adecuada. Las tenazas de éste son rígidas, no poseen un sistema de resortes de modo que éstas se abran en caso de encontrarse con alguna protuberancia; solo la pericia del operario evitaba la entrada de la tenaza en el fuste. Generalmente se presentaban los siguientes problemas:

- Rasgado del fuste; Producto que el filo de la tenaza se incrustaba en el fuste al ir desramando.
- Arranca rama desde la base; Esta situación se producía al al desramar ramas demasiado gruesas, las tenazas arrancaban la rama desde la base produciendo el astillado en el nudo propiamente tal.
- Desrame dirección apice-base; Producto del grosor de las ramas se producían grietas en el fuste.
- Arbol se parte; La presión que ejercen las tenazas en el fuste con mala forma provocó este efecto.

- Situación esquema 2. El desrame es de buena calidad, ya que se trataba de un bosque manejado; es decir, ramas delgadas y fuste de una buena calidad.

Estudio de largos. Con la finalidad de determinar los rangos en los cuales fluctúan los largos de los productos, se realizó un muestreo aleatorio de los distintos productos, 13,22 m y 16,5 m. La prueba de diferencias entre el largo óptimo y el largo real, Tabla 1B, para 13.22 y 16.50 m, entregó como resultado que estadísticamente no



existía diferencia significativa; lo cual no es relevante puesto que las exigencias para el trabajo de trozado con motosierristas es de un rango no mayor a 2 cm ya sea superior o inferior al largo requerido; bajo ésta perspectiva existió un error de un 67% y 38% para los largos 16.50 m y 13.22m respectivamente, tabla 1B, por lo cual los productos obtenidos por el procesador serían rechazados.

La diferencia existente entre el largo óptimo y el real se debe a las siguientes causas:

- La tenaza delantera al tomar el árbol para pasarlo por las fotoceldas, se corre, con lo cual la medida que da el computador es sesgada con respecto al largo real medido.
- Otro factor que influye en el sesgo de la medición es la existencia de astillas o restos de corteza en la superficie de la base del trozo. Estas son captadas por las fotoceldas con lo que el largo que aparece en el computador es mayor al del largo real del trozo.

Corte. El corte es siempre recto y sin inclinación producto de las características del Procesador Denharco 3500.

Diámetro. Según la muestra analizada, el diámetro es bien estimado en un 96%.

Desecho. El desecho producido por el procesador queda alrededor de éste, ya sea en cancha u orilla de camino, lo cual traerá problemas de erosión en el sitio, ya que el skidder grapple no cumple con la función de redistribución de desecho.

Costos. El costo utilizando Procesador fue de 932 \$/m<sup>3</sup>ssc y de 546 \$/m<sup>3</sup>ssc para los esquemas 1 y 2 respectivamente, Tabla 6B, los cuales son superiores al trabajo realizado tradicionalmente, el que es de 360 \$/m<sup>3</sup>ssc, el que incluye además el trozado, con lo cual el sistema de trabajo utilizando procesador es aún más alto, debido a que el producto final que entrega procesador el es un producto pretrozado de grandes largos, 13.22m y 16.50m, por lo tanto; es necesario incluir costos de cargar, descargar además de trozar en cancha centralizada con un costo de \$783. Traverso 1996\* sin incluir costo de traslado.

(\*) Comunicación personal con Pier Traverso, Jefe unidad de cosecha BASA.

#### IV. CONCLUSIONES.

1. La función de tiempo total fue la siguiente:

$$TT = a + b \cdot d_{ap} \text{ min/ciclo}$$

2. El rendimiento obtenido en el Esquema 2 fue superior un 71% con respecto al esquema 1.

3. Los largos de los productos obtenidos no cumplían con los largos requeridos en los esquemas de trozado. En el mejor de los casos un 62% de los productos cumplió con las exigencias de trozado.

4. La calidad del corte siempre cumplió con las exigencias requeridas, es decir; siempre el corte fue perpendicular al eje del fuste; en cambio la calidad del desrame en el esquema 1 fue de mala calidad (rodal no manejado) no así en el caso del esquema 2 (rodal manejado).

5. Los desechos producidos por el procesador quedan al rededor de éste ya sea en cancha u orilla de camino, lo que posteriormente, postcosecha, el suelo presentará problemas erosivos al no tener una capa orgánica protectora.

6. El costo de la faena utilizando Procesador Denharco es un 52% superior al trabajo tradicional con motosierra en el mejor de los casos, es necesario considerar que el costo del procesador es aún más alto, esto porque el producto final del procesador es un producto pretrozado de grandes largos, 13.22m y 16.50m, el cual es necesario llevar a una cancha centralizada de trozado con lo cual se encarece en 783 \$/m<sup>3</sup>ssc sin incluir costos de traslado a cancha centralizada.

7. El reemplazo del trabajo de desrame y trozado tradicional, con motosierra, por el trabajo con procesador Denharco modelo 3500 no es conveniente en calidad y costo del trabajo



## V. RESUMEN

Se determinaron los rendimientos y costos del procesador Denharco modelo 3500, en faenas de cosecha a tala rasa de Pinus radiata D Don. en dos predios de propiedad de Bosques Arauco, ubicados en la provincia de Arauco comuna de Curanilahue en la cordillera de la Costa, VIII Región durante el mes de Febrero de 1996. Se evaluó un esquema de trozado en cada predio; en el esquema 1, predio Yane EFA, éste se caracterizó por no tener manejo; en el esquema 2, predio El Guindo, el rodal presentaba manejo.

Los rendimientos obtenidos en los esquemas fueron de 21.5 m<sup>3</sup>ssc para el esquema 1 y de 36.7 m<sup>3</sup>ssc para el esquema 2 con costos de 932 \$/m<sup>3</sup>ssc y de 546 \$/m<sup>3</sup>ssc respectivamente, estos costos comparados con el trabajo tradicional es superior en un 52% en el mejor de los casos.


## VI. SUMMARY

Performance and cost of Denharco processor model 3500 in clear cutting harvest labor of Pinus radiata D Don in two forms were determined in February 1996. It was evaluated a logging scheme at each form; scheme 1, Yane Efa form, without managment; scheme 2, El Guindo form, with managed stand.

The performance obtained were 21.5 m<sup>3</sup>ssc for scheme 1 and 36.7 m<sup>3</sup>ssc for scheme 2 with cost de 932 \$/m<sup>3</sup>ssc and 546 \$/m<sup>3</sup>ssc, respectively. These costs were 52% higher with regard to traditional work in the best case.



## VII. BIBLIOGRAFIA.

1. Alvarez, S., M. Kunz, 1988. Modelo predictor de rendimientos y costos de explotación. Fundación Chile. Explotación, transporte, caminos y recurso humano. Actas 1 Taller Producción Forestal, Noviembre 1988. Concepción, Chile.
2. Alvarez, J. 1994. Técnicas de Análisis de la Producción.  Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales, Concepción, Chile. Apuntes: Cátedra Utilización de Bosques.
3. Anaya, H., T. Quevedo, 1975. Metodología para determinar costos y rendimientos en operaciones de apeo y transporte forestal. El Transporte de la madera en países de América Latina. Seminario FAO (SIDA) Oaxtepec, Mexico.
4. Anaya, H., P. Christiansen, 1986. Aprovechamiento Forestal. Análisis de Apeo y Transporte. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica. 1986.

5. Becker, J., W. Cabezas y Alvarez, 1988. Aprovechamiento económico del recurso bosque. Cap. 3. Fundación Chile. Explotación, transporte, caminos y recurso humano. Actas I Taller Producción Forestal, Noviembre 1988. Concepción, Chile.
6. Becker, J., 1989. Nuevas técnicas y equipos de cosecha a utilizar en el mediano plazo. Fundación Chile. Actas II Taller Producción Forestal, Noviembre 1989. Concepción, Chile.
7. Buckley, R., 1991. Análisis de inversión en equipos forestales. Fundación Chile. Actas III Taller Producción forestal, Noviembre 1991. Concepción, Chile.
8. Cabezas, W., 1992. Experimentación de máquina trineumática Bell 220 modelo T, en diferentes sistemas de trabajo. Memoria de Título de Ingeniería Forestal. facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile.
9. Carmona, J., 1994. Exitosa gira del grupo de producción forestal por Austria y Finlandia. Revista Lignum Diciembre de 1994.



10. Caterpillar, 1993. Manual de rendimiento Caterpillar. Caterpillar Inc., Peoria, Illinois, E.U.A. Octubre 1993.
11. Conway, S., 1979. Timber Cutting Practices. Third edition. Miller Freeman Publications Inc. San Francisco, California. USA.
12. Fundación Chile, 1992. Resultados de encuestas y equipos forestales. Grupo de Producción Forestal, Fundación Chile, Informe 4. 1992.
13. Giacaman, A., 1993. Determinación de tiempos, rendimientos y tensiones de cables para la torre de madereo: Urus 1-Uni. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales, Chillán, Chile.
14. Guell, G., 1973. Madereo mecanizado en explotación de pino Insigne y tipos forestales de interés económico en bosque nativo. Infor, 1973. Santiago, Chile.
15. klagger, R., 1989. análisis de operaciones forestales. Facultad de Ciencias agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

16. Lineros, M., 1994. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Apuntes cátedra de utilización de bosques. Concepción, Chile.
17. Marquez, J., 1995. La gran lección de las giras Técnicas. Revista Lignum, Junio 1995.
18. Nordansjö, J. FORTEC, grupo de tecnología forestal Sueca. Consejo de comercio exterior de Suecia.
19. Pinto, J., 1990. Determinación de funciones de tiempos y rendimientos y costos en subsistemas de volteo, desrame y trozado. Tesis de grado. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Chillán, Chile.
20. Poo, F. 1992. Gira del Grupo de Producción Forestal a Canadá y Estados Unidos. Revista Lignum Diciembre 1992.
21. Rovera, F., 1992. Estudio de tiempos y rendimientos de poda con tijerón en plantaciones de pino. Concepción VIII Región. Memoria de Título Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 1992.

22. Valdebenito, G., 1994. Modelo matemático para el cálculo de la distancia de madereo. Documento Técnico N°83. Chile forestal.
  
23. Wenger, K., 1984. Forestry Handbook. Second Edition. 1984. USA.



ANEXO

Tabla 1A. Tabla de cubicación de árboles individuales según función de ahusamiento. Pinus Radiata de BASA.

		ALTURA TOTAL (m)															
DAP	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38			
		VOLUMEN TOTAL POR ARBOL (m <sup>3</sup> ssc)															
12	0.063	0.08	0.0943	0.1084	0.1219	0.134	0.1445	0.1529	0.159	0.1628	0.1645	0.1643	0.163	0.1616			
14	0.0803	0.0937	0.1078	0.1219	0.1356	0.1483	0.1596	0.1694	0.1773	0.1835	0.1879	0.1909	0.193	0.1949			
16	0.1013	0.1179	0.1358	0.1543	0.1728	0.1907	0.2077	0.2232	0.2371	0.2489	0.2586	0.2662	0.2717	0.2755			
18	0.1245	0.1444	0.1662	0.1892	0.2126	0.236	0.2588	0.2806	0.3009	0.3195	0.3359	0.35	0.3616	0.3708			
20	0.1501	0.1733	0.1991	0.2266	0.2551	0.284	0.3128	0.341	0.3682	0.3939	0.4178	0.4394	0.4585	0.475			
22	0.1779	0.2046	0.2345	0.2666	0.3003	0.3348	0.3697	0.4045	0.4387	0.4718	0.5034	0.5331	0.5605	0.5854			
24	0.2081	0.2384	0.2725	0.3093	0.3482	0.3884	0.4295	0.471	0.5123	0.553	0.5926	0.6306	0.6667	0.7005			
26	0.2407	0.2746	0.313	0.3547	0.3989	0.445	0.4923	0.5405	0.5891	0.6374	0.6851	0.7317	0.7767	0.8197			
28	0.2756	0.3133	0.3561	0.4028	0.4524	0.5044	0.5582	0.6132	0.669	0.7251	0.781	0.8362	0.8902	0.9427			
30	0.3128	0.3544	0.4018	0.4536	0.5088	0.5668	0.627	0.689	0.7521	0.816	0.8802	0.9441	1.0073	1.0693			
32	0.3523	0.3979	0.4501	0.5071	0.568	0.6322	0.699	0.768	0.8386	0.9103	0.9828	1.0554	1.1278	1.1995			
34	0.3942	0.444	0.501	0.5634	0.6301	0.7006	0.7741	0.8501	0.9282	1.008	1.0888	1.1703	1.2579	1.332			
36	0.4385	0.4924	0.5544	0.6223	0.6951	0.772	0.8523	0.9355	1.0212	1.109	1.1982	1.2886	0.3795	1.4705			
38	0.485	0.5433	0.6104	0.6841	0.7629	0.8463	0.9335	1.0241	1.1176	1.2134	1.3111	1.4104	1.5106	1.6114			
40	0.5338	0.5967	0.6691	0.7485	0.8336	0.9237	1.0179	1.1159	1.2172	1.3212	1.4275	1.5357	1.6453	1.7558			
42	0.585	0.6524	0.7302	0.8156	0.9072	1.004	1.1054	1.211	1.3201	1.4323	1.5473	1.6645	1.7835	1.9038			
44	0.6384	0.7106	0.7939	0.8854	0.9835	1.0873	1.196	1.3092	1.4263	1.5469	1.6705	1.7968	1.9252	2.0553			
46	0.6941	0.7711	0.8601	0.9579	1.0626	1.1735	1.2896	1.4106	1.4358	1.6648	1.7972	1.9325	2.0774	2.2104			
48	0.7521	0.8341	0.9289	1.033	1.1446	1.2626	1.3863	1.5151	1.6485	1.786	1.9272	2.1144	2.2197	2.3689			
50	0.8123	0.8993	1.0001	1.1107	1.2293	1.3546	1.486	1.6227	1.7644	1.9105	2.0606	2.2144	2.3712	2.5309			
52	0.8747	0.967	1.0738	1.191	1.3167	1.4495	1.5886	1.7335	1.8835	2.0383	2.1973	2.3603	2.5268	2.6963			
54	0.9393	1.0369	1.1499	1.274	1.4068	1.5472	1.6942	1.8472	2.0057	2.1692	2.3373	2.5096	2.6857	2.8651			
56	1.0082	1.1091	1.2285	1.3594	1.4996	1.6477	1.8027	1.964	2.131	2.3034	2.4805	2.6622	2.8478	3.0371			
58	1.0752	1.1836	1.3094	1.4474	1.5951	1.7509	1.914	2.0837	2.2594	2.4406	2.6269	2.8179	3.0132	3.2124			
60	1.1464	1.2604	1.3927	1.5379	1.6931	1.8569	2.0282	2.2064	2.3908	2.5809	2.7764	2.9768	3.1818	3.3909			
62	1.2197	1.3394	1.4784	1.6308	1.7938	1.9656	2.1452	2.3319	2.5251	2.7242	2.929	3.1388	3.3534	3.5724			
64	1.2951	1.4206	1.5664	1.7262	1.8969	2.0769	2.2649	2.4602	2.6623	2.8705	3.0845	3.3088	3.5281	3.757			
66	1.3726	1.504	1.6567	1.824	2.0026	2.1908	2.3873	2.5913	2.8023	3.0196	3.2429	3.4718	3.8057	3.9444			
68	1.4523	1.5896	1.7492	1.9241	2.1108	2.3072	2.5123	2.7251	2.9451	3.1716	3.4042	3.6426	3.8852	4.1348			
70	1.5339	1.6773	1.844	2.0266	2.2213	2.4282	2.64	2.8616	3.0906	3.3263	3.5683	3.8162	4.0695	4.3279			
72	1.6176	1.7671	1.941	2.1314	2.3343	2.5477	2.7701	3.0007	3.2388	3.4837	3.7351	3.9925	4.2554	4.5236			
74	1.7033	1.859	2.0402	2.2384	2.4496	2.6716	2.9028	3.1424	3.3895	3.6437	3.9045	4.1714	4.444	4.722			
76	1.791	1.953	2.1414	2.3476	2.5672	2.7978	3.0379	3.2865	3.5428	3.8063	4.0765	4.3529	4.5351	4.9228			
78	1.8807	2.049	2.2449	2.4591	2.6871	2.9264	3.1754	3.433	3.6986	3.9713	4.2509	4.5368	4.8286	5.126			
80	1.9723	2.14	2.3503	2.5727	2.8092	3.0573	3.3152	3.582	3.8527	4.1388	4.4278	4.7231	5.0245	5.3315			

APENDICE.

Tabla 1B. Funciones ajustadas en el estudio.

Ranking	Función	R <sup>2</sup>	EEE	F
1	$Y = -23,0650 + 4,2524X$	0,60	26	230
2	$Y = 9,7178 + 0,9267X \ln X$	0,60	26	229
3	$Y = -81,5641 + 21,1216X / \ln X$	0,60	26	229
4	$Y = -64,9072 + 9,1188X^{0,5} \ln X$	0,60	26	228
5	$Y = 27,2129 + 0,4682X^{1,5}$	0,60	26	228
6	$Y = -172,0734 + 50,6475X^{0,5}$	0,60	26	227
7	$Y = -137,6749 + 21,0475(\ln X)^2$	0,60	26	225
8	$Y = 52,8361 + 0,0571X^2$	0,60	27	223



Tabla 2B. Estudio de largos.

Esquema N°	Largo				Desviación Estandar	Error %	Z		n
	Optimo	Promedio	Mínimo	Máximo			m	c	
2	13,22	13,23	13,05	13,58	0,052	38	0,3	3,45	103
	16,50	16,52	16,09	16,82	0,122	67	1,28	3,54	61



Costos equipo en estudio.

## - Costos de Poseción.

Vi: Precio Adquisición. US\$ 372045.

Vr: Valor residual para el equipo  
en estudio es de un 30%. US\$ 111614.

n : Vida útil en años. 5

i : Tasa de Interés considerada. 10%

H: Periodo considerado en horas. 13500

Interés sobre la inversión media anual (IIMA).

$$IMA = \left[ (Vi - Vr) * \frac{n+1}{2*n} \right] + Vr$$



$$IIMA = \frac{IMA * i}{H}$$

$$IIMA = 823\$/hr$$

Depreciación (D):

$$D = \frac{(Vi - Vr)}{H}$$

$$D = 8006 \$/hr$$

Seguros.

$$S = \frac{Vi * 8\%}{H}$$

$$S = 91,50\$/hr.$$

Total costo poseción = 8921 \$/hr.

Costos de Operación.

Tabla 3B. Costos directos de operación.

Costos Insumos.		
Insumo	Consumo	Precio
	Lts/hr	\$/Lts
Petróleo	14	95
A. Motor	0,095	740
A. Tansmisión	0,09	640
A. Hidraulico	0,13	640
A. Mandos finales	0,015	640
A. Cadenilla	1	280
F. Aceite	0,002	5000
F. Petróleo primario	0,002	6118
F. Denharco	0,002	22950
F. Aire primario	0,0006667	22000
F. Aire secundario	0,0003333	30000
F. Transmisión	0,002	5000
F. Hidraulico	0,0005	30000
Espada	0,004	50000

Costos Insumos 2103 \$/hr.

Costo Reparaciones.

$$\text{Cr} = \frac{0,26 \times \text{Vi}}{\text{H}} \quad 2970 \text{ \$/hr.}$$

H

Costos herramientas de mantención.

Costo \$ 2500000

V. Util 13500 hrs 185 \$/hr.

Costo Rodado. 1992 \$/hr.



Tabla 4B. Costo mano de obra.

	Cantidad	Costo Empresa
Operador	1	330000
Mecánico	0,2	500000
Administrador	0,25	600000
Supervisor	0,125	300000
Controlador	0,5	180000
Secretaria	0	20000
Contador	1	12000
Oficina	1	16000
Gastos oficina	1	16000
Taller	1	30000

Costo Personal. 3763 \$/hr

Tabla 5B. Costos implementación.

Implementos	Cantidad	\$/unidad	Total
Zapatos seguridad	1	15000	15000
Protec. Oidos	0	3000	0
Ropa de trabajo	0	12000	0
Botas de agua	1	5000	5000
Vida util		Hrs.	15000

Equipo Trabajo. 7,5 \$/hr

Costo total operacion: 11.112 \$/hr

VALOR TOTAL POR HORA: 20033 \$/hr.

Tabla 6B. Costos desrame, trozado y clasificado para los diferentes esquemas.

Esquema N°	Producción m <sup>3</sup> /hr	Costo \$/m <sup>3</sup>
1	21.5	932
2	36.7	546
tradicional		360

