

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente

**ESTUDIO TECNICO ERGONOMICO DE UNA FAENA DE RALEO
COMERCIAL MECANIZADO EN *Pinus radiata* D. Don EN TEMPORADA DE
VERANO.**

**Por
LUIS ALBERTO LLANOS CERNA**

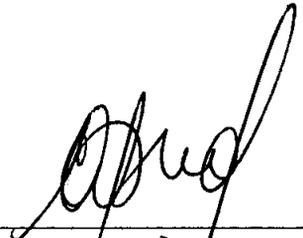
**MEMORIA DE TITULO PRESENTADA A LA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL.**

CONCEPCION-CHILE

1995

ESTUDIO TECNICO ERGONOMICO DE UNA FAENA DE RALEO COMERCIAL
MECANIZADO EN *Pinus radiata* D. Don EN TEMPORADA DE VERANO

Profesor Asesor



Dr. Elías Apud Simon
Profesor Titular

Director de Departamento
Manejo de Bosques
Medio Ambiente



Fernando Drake Aranda
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

Decano Facultad
Ciencias Forestales



Dr. Jaime Millán Herrera
Profesor Titular
Ingeniero Forestal

..... A Dios

..... A María mi madre

..... A Luis mi padre



Quiero expresar mis sinceros agradecimientos :

A mi profesor asesor **Dr. Elías Apud Simon** por su infinita paciencia, su incondicional ayuda, dedicación y amistad, aspectos fundamentales que hicieron posible la concreción de este trabajo.

A Don **Julio Vega** por su constante disposición cada vez que necesité de su ayuda y a todas las personas del Laboratorio de Ergonomía de la Universidad de Concepción porque desde el primer momento me acogieron de la mejor forma proporcionandome todo cuánto necesité.

A todos mis compañeros y amigos quienes estuvieron a mi lado en los malos y buenos pasajes de mi carrera, en especial a **Luis Moraga V.** quien con su integridad, consecuencia y perseverancia me mostró a cada instante que aún en este mundo es posible encontrar un amigo de verdad.

A mis hermanos, hermanas y en especial a mis padres quienes desde el momento que nací me han guiado por la senda del bien, me han entregado los valores necesarios para enfrentar la vida y me han apoyado incondicionalmente en cada momento de mi formación, estoy seguro que sin su amor, fortaleza y dedicación, talvés, no hubiese podido llegar con éxito al final de esta etapa, fundamental para enfrentar mis futuros desafíos.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Gasto de energía durante el trabajo muscular	7
2.2 Concepto de capacidad física de trabajo	8
2.3 Objetivos	13
2.3.1 Objetivo general	13
2.3.2 Objetivos específicos	13
III MATERIALES	15
3.1 Area de estudio.....	15
3.2 Recurso humano.....	15
3.3 Equipo de trabajo.....	16
3.4 Equipo de investigación	17
IV METODOLOGIA	18
4.1 Descripción de la faena	18
4.2 Mediciones en el trabajo	20

4.2.1 Carga física de trabajo	20
4.2.2 Variables del rodal	21
4.3 Variables del terreno	22
4.4 Variables climáticas	23
4.5 Tiempos asociados a las actividades	23
4.6 Jornada de trabajo	25
4.7 Producción	25
4.7.1 Motosierristas	25
4.7.2 Engavilladores	26
4.7.3 Arrumador	26
4.7.4 Madereo	26
V RESULTADOS Y DISCUSION.....	27
5.1 Motosierristas.....	29
5.2 Engavilladores.....	44
5.3 Arrumador	54
5.4 Madereo	58
5.5 Análisis general	62
VI CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67

VII	RESUMEN	68
	SUMMARY.....	69
VIII	BIBLIOGRAFIA.....	70
IX	APENDICE.....	73
X	ANEXOS.....	74



INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el Texto.</u>	
1 Número de jornadas evaluadas por operarios en cada actividad.....	63
2 División del trabajo por actividad según función.....	24
3 Programación de la jornada de trabajo.....	25
4 Características de la edad, del tamaño y de la capacidad aeróbica de los integrantes de la cuadrilla de trabajo.....	27
5 Características del rendimiento, de la carga física, de las variables del rodal, del terreno y del clima para la actividad motosierristas.....	30
6 Distribución del tiempo y frecuencia cardíaca media durante las actividades principales y secundarias realizadas por los motosierristas	33
7 Predicción de rendimientos para los motosierristas utilizando la función 1.....	38
8 Predicción de rendimiento para los motosierristas con las variables de DAP y %CC transformadas (función 2)	42
9 Características del rendimiento, de la carga física, de las variables del rodal, del terreno y del clima para la actividad engavilladores.....	45
10 Distribución del tiempo y frecuencia cardíaca media durante las actividades principales y secundarias realizadas por los engavilladores.....	47

11	Predicción de rendimientos para los engavilladores utilizando la función 4	53
12	Características del rendimiento y el nivel de carga física para la actividad arrumador.....	55
13	Distribución del tiempo y frecuencia cardíaca media durante las actividades principales y secundarias realizadas por el arrumador	57
14	Características del rendimiento, del tiempo y de las variables del terreno para la actividad madereo	59
15	Distribución del tiempo de cada actividad realizada durante el madereo	61
16	Número de trabajadores requeridos por puesto de trabajo según el rendimiento de la máquina (m^3/hr) y los distintos volúmenes (m^3/hr) que éstos pueden alcanzar bajo diferentes niveles de carga física (%CC)	62

En el Apéndice.

1A	Presentación de funciones de rendimiento que el programa computacional SAS orrojó como significativas para los motosierristas.....	71
----	--	----

En el Anexo.

1B	Antecedentes del rodal preintervención. Raleo comercial. Variables ambientales (modales) y dasométricas (promedio)	72
2B	Formulario para telemetría y distribución de tiempo. Actividad motosierristas.....	74
3B	Formulario para variables del rodal. Actividad engavilladores.....	75

4B Formulario para telemetría y distribución de tiempo. Actividad arrumador.....	76
5B Formulario para distribución de tiempo. Actividad madereo.....	77



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el Texto</u>	
1 Organización del trabajo en terreno.....	19
2 Relación entre el rendimiento (m^3/hr) alcanzado por los motosierristas versus el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles, en cm.....	37
3 Relación entre el rendimiento (m^3/hr) logrado por los motosierristas y el nivel de carga física (%CC) que éstos alcanzan	37
4 Relación entre el rendimiento (m^3/hr) logrado por los engavilladores versus la pendiente (P) media del terreno, expresada en porcentaje	49
5 Relación entre el rendimiento (m^3/hr) logrado por los engavilladores versus el nivel de carga física (%CC) alcanzado por éstos.....	49
6 Relación entre el rendimiento (m^3/hr) logrado por los engavilladores versus el número de trozos que éstos ordenan por hora (NTH).....	50
7 Relación entre el rendimiento (m^3/hr) alcanzado por los engavilladores y la pendiente del terreno, expresada como Log P.....	50

I INTRODUCCION

Como consecuencia del crecimiento dinámico de las inversiones efectuadas en el sector forestal y el fuerte aumento que experimentará la disponibilidad de madera en las próximas tres décadas, las empresas forestales deberán aumentar su eficiencia en lo que respecta a la utilización del recurso bosque, a través de la búsqueda de nuevos y eficientes sistemas de cosecha forestal que consideren la protección del medio ambiente y factores de estabilidad y seguridad laboral.



Lo anterior involucra invertir en investigación y estudios que tiendan a la especialización del trabajador forestal. Esta especialización no sólo debe incluir capacitar a la gente en el uso de una determinada herramienta o maquinaria sino, tan importante como ello, mejorar las condiciones de vida en el lugar de trabajo mediante la implementación de campamentos cómodos y alimentación adecuada acorde con el trabajo del bosque. Se requiere, también, aplicación de criterios ergonómicos tanto para la organización del trabajo como para la elección de métodos adecuados y el diseño de sistemas de remuneración acordes con el nuevo concepto de trabajadores profesionales, donde su nivel de salarios sea el reflejo del grado de compromiso y especialización logrado en la labor que realizan. En los últimos años se ve una tendencia en las empresas forestales a

considerar los aspectos antes mencionados tomando en cuenta los múltiples factores que inciden para conseguir un sector forestal sólido y estable. Forestal Millalemu S.A. motivada por lo anterior realizó diferentes estudios, a través del Proyecto de Ergonomía y Productividad. Este programa, terminado en 1994, se inspiró en la necesidad de diseñar formas de trabajo que, haciendo buen uso de las capacidades humanas, permitan lograr una óptima productividad.

En ese contexto, este trabajo pretende evaluar una faena de raleo comercial, en una cuadrilla previamente capacitada en las labores a realizar, con un compromiso de equipo y organización de trabajo adecuado y bajo condiciones de campamento, alimentación, recreación y salarios apropiados. El propósito es tener una base objetiva para la toma de decisiones en lo que respecta a tarifas y presupuesto asignado a la faena en cuestión.

En el presente estudio se evalúa la distribución de tiempos y los niveles de carga física para las distintas actividades. Se considera, además, el análisis de posibles relaciones funcionales entre el rendimiento y variables del sujeto, del terreno, del rodal y climáticas, de modo de determinar funciones que permitan generar tablas de rendimiento considerando las variables evaluadas.

II REVISION BIBLIOGRAFICA

En Chile, el raleo generalmente se realizaba en forma tradicional, utilizando para el madereo bueyes y/o caballos y para las labores afines un gran número de personas. Este sistema de extracción que se ha caracterizado por ser un sistema barato no ha sido consecuente con el principio de "mínimo costo y mayor productividad" que casi siempre se busca. Los rendimientos eran bajos, ya que el personal no contaba con ningún tipo de capacitación y las condiciones de vida en su trabajo eran malas haciendo de ésta una actividad poco atractiva.



Es a principio de los años 80, cuando las fuertes inversiones en proyectos forestales que se venían efectuando a causa del D.L. 701 de Fomento Forestal de 1974, provocan que, por los grandes volúmenes de producción de las empresas, éstas mecanicen cada vez más las faenas. El incremento de la masa boscosa (plantaciones), aumento de la calidad de los productos a obtener del bosque, así como el paso de producir 11 millones de m³/año en 1988 a 27 millones de m³/año en el 2000, hacen necesario el uso de nuevas técnicas y personal debidamente especializado para lograr las metas de producción (Becker, 1989).

El empleo del cargador trineumático (Bell-220), en terrenos con pendientes inferiores a 12%, ha sido la respuesta para ralear los bosques y para aumentar los rendimientos. Esta máquina, que fue diseñada para usos múltiples como maderear, ordenar y cargar, es fácil de maniobrar sobre todo en espacios reducidos y su costo es inferior al de un cargador frontal o un skidder.

La mecanización del desrame, mediante la aplicación de la técnica Nordfor, ha permitido aumentar la producción debido a una mayor eficiencia en el desrame de los árboles. Además, es importante destacar que el trozado del árbol se puede realizar también en el bosque, concentrando todo el trabajo en el lugar de volteo, lo que facilita el madereo.

Los antecedentes acerca de faenas de extracción no son muchos; la investigación se ha orientado principalmente a la silvicultura, sólo en época muy reciente se ha investigado en el área de cosecha (Becker, 1989).

Forestal Minínco S.A., llevó a cabo un plan piloto en raleo comercial mecanizado, encontrándose un rendimiento promedio para el Bell-220 madereando en invierno, suelo arenoso y segundo raleo, de 19.05 m³/hr (Becker et al, 1987).

No se puede desconocer que la mecanización de las faenas ha sido fundamental en el logro de los niveles de producción ya señalados. Serón (1988), señala que la elección de un equipo mecanizado debe verse en el contexto de las condiciones topográficas del sector a ralear, del tamaño de las piezas a extraer, de la distancia de madereo, de la inversión necesaria y el rendimiento teórico de los equipos.

Cabe destacar que no se considera a los trabajadores como factor en la elección de un equipo, especialmente cuando países en vías de desarrollo, como Chile, son en gran medida tecnológicamente dependientes de las naciones industrializadas. Por lo tanto, equipos muy bien diseñados para tales poblaciones pueden ser altamente inadecuados para trabajadores chilenos (Apud, 1987).

Con pocas excepciones, en nuestro medio aún persiste como criterio de selección de máquinas el costo y el posible incremento en la producción. No obstante, detrás de cada máquina hay un trabajador que la opera y de su adaptación depende que tales tecnologías se usen eficientemente (Apud y Valdés, 1993).

Tradicionalmente al trabajador forestal se le ha exigido elevar su rendimiento, el cual está en función de una organización de trabajo arbitraria, sin considerar si las condiciones de

su entorno laboral (alimentación, campamento, seguridad, capacitación y salarios) son las adecuadas y menos aún se ha considerado el esfuerzo a que éste se expone, como parte de un sistema dinámico, para lograr dicho rendimiento (OIT, 1992).

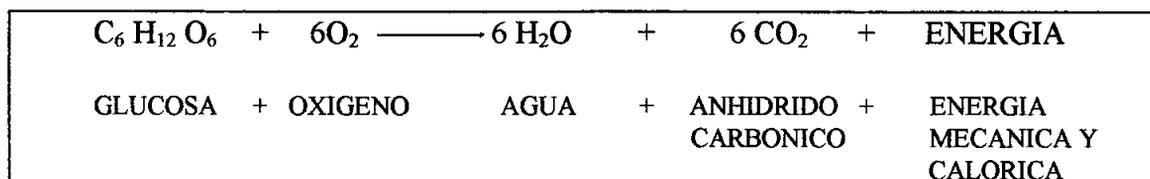
La Ergonomía, que fue definida en 1949 como "El estudio científico del hombre en el trabajo y en particular, la aplicación de conceptos de anatomía, psicología y fisiología humanas en el diseño del trabajo" (Murrell, 1969), ha sido fundamental en este aspecto pues constituye la base de los estudios relacionados con trabajo físico pesado y aquellos que dicen relación con los efectos de la transferencia tecnológica, en el sentido de contribuir a la búsqueda de tecnologías apropiadas que se adapten a nuestra población.

El rendimiento en actividades de producción forestal es función de la dificultad que impone el objeto de trabajo, sea este árboles o ramas, del efecto que ejerce el terreno y el clima y de la carga física que los trabajadores pueden tolerar sin fatiga. Como la comprensión de este último punto es fundamental para la discusión que sigue se detallarán algunos conceptos básicos de Fisiología Humana aplicada al estudio de la actividad física.

2.1 Gasto de energía durante el trabajo muscular.

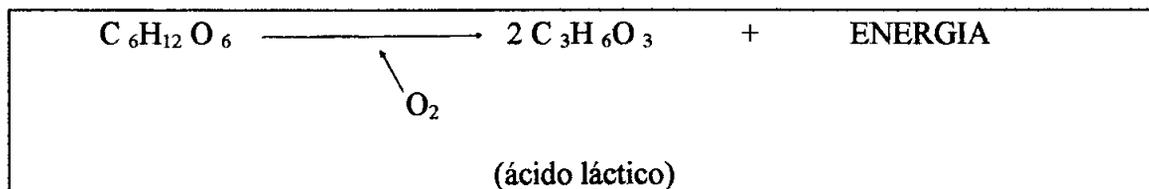
Los procesos generadores de energía humana se clasifican en aeróbicos y anaeróbicos.

Los procesos aeróbicos se pueden sintetizar como sigue:

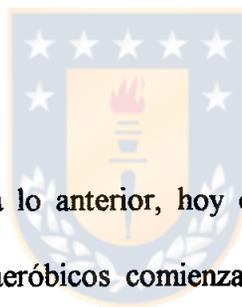


Este es un esquema elemental de procesos muy complejos. Sin embargo, destaca dos necesidades fundamentales para la ejecución de trabajos físicos de alta demanda de energía. En primer lugar el "combustible" requerido para la actividad muscular lo constituyen los alimentos, por lo que es importante que éstos se aporten en cantidad suficiente y, en segundo lugar, se requiere oxígeno por estar en presencia de una vía que es oxidativa. El aporte de este último elemento depende de los sistemas respiratorio y circulatorio que lo captan del aire atmosférico y lo transportan a los músculos en trabajo.

Durante ejercicios livianos, el aporte de oxígeno a los músculos es suficiente para obtener energía aeróbica. No obstante, en trabajos de mayor intensidad, la cantidad de oxígeno puede ser insuficiente y la energía que no se obtiene por vía oxidativa comienza a obtenerse por vía anaeróbica. Este proceso que también es muy complejo se sintetiza como sigue:



El trabajo anaeróbico lleva a la formación de ácido láctico, cuya acumulación se asocia con fatiga muscular. Mientras mayor es la participación de los procesos anaeróbicos, más pronto el trabajador se agota, requiriendo pausas. Durante el descanso posterior, el metabolismo aeróbico se mantiene elevado porque parte importante del ácido láctico es oxidado y el resto eliminado como tal.

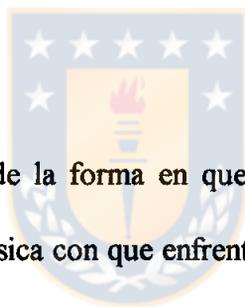


En consecuencia, si se considera lo anterior, hoy en día se acepta que un trabajo es pesado cuando los procesos anaeróbicos comienzan a contribuir significativamente al gasto de energía (Mc Ardle *et al*, 1981). El problema se centra entonces en determinar cuándo ocurre esto y para ello es necesario tener previamente un concepto claro de capacidad física de trabajo.

2.2 Concepto de capacidad física de trabajo.

Si bien es imposible encontrar una fórmula única que defina la capacidad física de una persona, hoy en día se acepta internacionalmente que la capacidad aeróbica es un buen

índice de aptitud para realizar trabajos dinámicos de larga duración. La capacidad aeróbica se define como el consumo de oxígeno más alto que una persona puede alcanzar durante un ejercicio de intensidad máxima. En otras palabras, representa la capacidad integrada de los sistemas cardiovascular y respiratorio para captar, transportar, y entregar oxígeno a los músculos en trabajo, como asimismo la capacidad de éstos para utilizar este elemento en la transformación de la energía química de los alimentos en energía mecánica y calórica. Usualmente la capacidad aeróbica se expresa en litros de oxígeno consumido por minuto y también en mililitros de oxígeno por minuto y por kilogramo de peso corporal.



Después de este breve análisis de la forma en que el hombre obtiene energía para el trabajo muscular y la capacidad física con que enfrenta dichas actividades, se puede ahora definir el concepto de "trabajo pesado" y, sobre esa base establecer límites de actividad física para jornadas de duración normal. El "umbral anaeróbico" se define como el punto de esfuerzo en el cual la vía aeróbica de liberación de energía comienza a hacerse insuficiente para aportar todo el oxígeno requerido y parte de la energía comienza a obtenerse por vía anaeróbica. Como consecuencia se produce acumulación de ácido láctico y fatiga muscular. En la mayoría de las personas el umbral anaeróbico se sobrepasa frente a esfuerzos que demanden consumos de oxígeno equivalentes al 40 a 50% de la capacidad aeróbica. No obstante, también se ha observado que sujetos bien entrenados pueden alcanzar umbrales anaeróbicos más altos. En todo caso, desde un

punto de vista práctico hoy en día se acepta que un trabajo comienza a ser pesado cuando demanda un consumo de oxígeno igual o superior al 40% de la capacidad aeróbica. El considerar este valor como límite, asegura que una persona trabaje sin riesgos de fatiga (Astrand y Rodahl, 1977).

En base al análisis anterior se puede deducir que la forma de evaluar la carga física de trabajo es conociendo la capacidad aeróbica del sujeto y midiendo el consumo de oxígeno requerido por cada una de las actividades que realiza durante la jornada. Si bien este es el procedimiento más preciso para evaluaciones en terreno, es muy difícil de aplicar y sólo se justifica usarlo en algunos casos, como por ejemplo cuando se realizan estudios para verificar detalladamente el balance de energía. Sin embargo, es muy poco práctico ya que el sujeto debe trabajar con un respirómetro, conectado a una válvula respiratoria, con la nariz tapada, condición que puede alterar su forma de trabajo habitual (Apud,1987).

Por lo expuesto en el párrafo anterior, cuando sólo nos interesa evaluar la carga física, la frecuencia cardíaca, expresada en latidos cardíacos por minuto, es el criterio más utilizado actualmente. La frecuencia cardíaca es variable, pero se sitúa alrededor de 60 latidos por minuto en reposo y se puede aumentar, durante esfuerzos máximos, hasta aproximadamente 220 menos la edad de la persona (Apud, 1987). Berggren y Christensen (1950) demostraron que el aumento de la frecuencia cardíaca es directamente

proporcional a la intensidad del esfuerzo. El denominado costo cardíaco relativo o porcentaje de carga cardiovascular, como habitualmente se denomina en Chile, es la expresión porcentual del aumento de la frecuencia cardíaca entre el reposo y el máximo estimado. Se calcula como sigue:

$$\% \text{ C.C.} = \frac{\text{FC trabajo} - \text{FC reposo}}{\text{FC máxima} - \text{FC reposo}} \times 100$$

donde:

%CC = porcentaje carga cardiovascular.

FC = frecuencia cardíaca (lat/min).

Como el aumento de la frecuencia cardíaca es dependiente del gasto energético de las actividades, se acepta que mientras se realiza un trabajo dinámico, el 40% de carga cardiovascular va a corresponder aproximadamente al 40% de capacidad aeróbica. Esto simplifica las evaluaciones en terreno porque existen contadores electrónicos de frecuencia cardíaca, que permiten medirla a distancia sin interferir el trabajo. Estos contadores son de bajo peso y no plantean inconvenientes para el trabajador (Apud, 1987).

En ese contexto, Forestal Millalemu S.A. realizó serios esfuerzos para llevar a cabo estudios que contemplaran los aspectos antes mencionados. Para ello, dispuso de

Cuadrillas de Estudios a las que se les proporcionaron aquellas condiciones, consideradas básicas, para inyectar motivación y por ende aplicación del individuo en su trabajo. Estas condiciones comprenden capacitación, implementación y técnicas de seguridad necesarias, campamentos cómodos e higiénicos, alimentación suficiente preparada por cocineros entrenados y elementos de recreación, todo esto conforme a estándares que maneja la empresa. Además de un sistema de remuneración acorde con la producción alcanzada.

Para la consecución de lo anterior, esta empresa ha realizado estudios en distintas faenas de manejo y producción forestal, en donde se han probado organizaciones de trabajo con variadas configuraciones de cuadrillas y diferentes herramientas y equipos, de modo de abarcar el mayor espectro posible y discernir cuales de estas configuraciones, bajo las condiciones de trabajo antes descritas, presentan los mejores resultados, asumiendo que los trabajadores conocen y aceptan el método de trabajo con un compromiso de equipo en beneficio de los objetivos planteados.

2.3 Objetivos.

En base a los antecedentes expuestos nace el presente estudio, el cual se enmarca dentro de la línea de producción de Forestal Millalemu S.A. y que contempla los siguientes objetivos.

2.3.1 Objetivo General. Contribuir al conocimiento de los factores que inciden en el rendimiento de una faena de raleo comercial.

2.3.2 Objetivos Específicos.

2.3.2.1 Determinar los niveles de rendimiento, utilización del tiempo y carga física resultante cuando los trabajadores ocupan un determinado método de trabajo en raleo mecanizado.

2.3.2.2 Generar funciones simples que permitan estimar los rendimientos de referencia en base a variables del sujeto (carga física), del rodal, del terreno y del medio ambiente.

2.3.2.3 Establecer si es necesario modificar el método de trabajo evaluado para aumentar la producción en un marco de equilibrio con las capacidades y limitaciones de los trabajadores.



III MATERIALES

3.1 Area de estudio.

Los estudios se efectuaron en época de verano (entre febrero y marzo de 1992 y de 1993), en el predio "Agua Fría" de propiedad de Forestal Millalemu S.A., ubicado en los $35^{\circ} 21' 55''$ de latitud Sur y $71^{\circ} 03' 40''$ de longitud Oeste. Se accede a él desde la ciudad de Molina por camino El Radal, tomando el desvío a Las Trancas sobre una distancia de 35 km. La topografía del sector es plana a ondulada, con pendientes que fluctúan entre 0-10%. Las características dasométricas de los sectores evaluados se presentan en la Tabla 1b, allí la información aparece separada por sección.

3.2 Recurso humano.

La cuadrilla de trabajo estuvo conformada por 8 motosierristas, 4 engavilladores y un arrumador. Además se contó con el operador del trineumático, un cocinero, un ayudante de cocina, un capataz y 4 controladores que registran la información en terreno.

Para seleccionar a los integrantes de la cuadrilla de trabajo se siguieron los criterios que habitualmente se usan en la evaluación de estos trabajadores. Así, se estableció las características de tamaño, composición corporal y respuesta al esfuerzo físico. La composición corporal, en términos de masa grasa (MG) y masa libre de grasa (MLG) fue estimada con la técnica de Durnin y Womersley (1974), mientras que la capacidad aeróbica se obtuvo mediante la técnica de extrapolación de Maritz et al (1961).

La dieta de campamento fue previamente determinada, con un aporte de 4.000 kcal/día, la cual sufrió modificaciones básicamente en su calidad. Esta dieta ha surgido como consecuencia de otros estudios donde se ha concluido que para la realidad de la población forestal chilena, es la más adecuada y la que permite que el individuo se mantenga en balance energético (Apud, 1987). En cuanto a las condiciones de campamento, en lo que dice relación a comodidad, higiene y espacios destinados a recreación, también fueron previamente establecidas de acuerdo a los estándares que maneja la empresa en cuestión.

3.3 Equipo de trabajo.

La faena de raleo comercial mecanizado contempla el siguiente equipo para la operación.

- Un Trineumático (Bell Ultralogger modelo 220).

- Motosierras (Husquarna 254).
- Hachas
- Equipo de protección personal.
- Combustible y taller de mantención mecánico.

3.4 Equipo de investigación.

- Formularios de tiempo, telemetría y variables del rodal.
- Cronómetros.
- Telémetros.
- Hipsómetro Suunto.
- Pie de metro.
- Forcípula y Huincha de distancia.



IV METODOLOGIA

4.1 Descripción de la Faena.

El análisis considera 2 estudios realizados por la misma cuadrilla, uno en la temporada 1991 - 1992 y el otro en la temporada 1992 - 1993. Ambos en época de verano, en el mismo predio y en rodales de características dasométricas y de terreno similares. Para hacer más eficiente y productiva la actividad, se ha optado por la utilización de un equipo trineumático para la extracción de los trozos del bosque y posterior arrumado a orilla de camino, y a través de la aplicación de métodos que permiten que un solo operario voltee, desrame y realice el trozado del árbol en cuestión.

Los 8 motosierristas capacitados en el sistema Nordfor ejecutaron esta importante labor, y los 4 engavilladores engavillaron en el bosque el material trozado. El arrumador, por su parte sirvió de apoyo al trineumático en la ordenación de la madera a orilla de camino. La organización del trabajo se muestra en la Figura 1, de ésta se desprende que cada engavillador engavilla la producción de 2 motosierristas y el trineumático maderea la producción de todos los engavilladores.

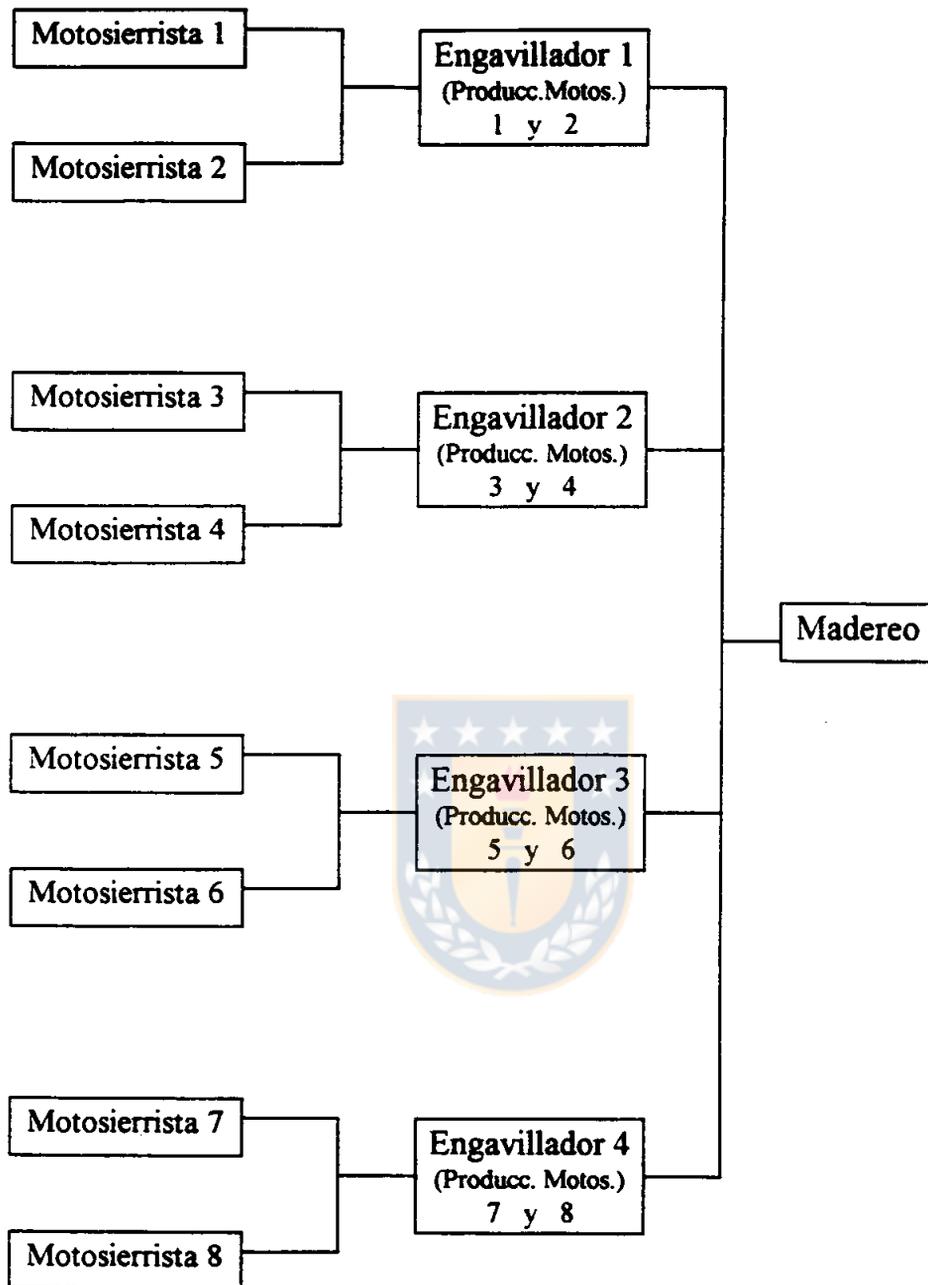


Figura 1. Organización del trabajo en terreno.

4.2 Mediciones en el trabajo.

Para cuantificar la respuesta fisiológica de los trabajadores y evaluar las características del rodal, del terreno y del ambiente se siguió la siguiente metodología.

4.2.1 Carga física de trabajo. En terreno, las mediciones telemétricas se realizaron a motosierristas, engavilladores y arrumador durante jornadas completas. Para los motosierristas se utilizó un contador electrónico de frecuencia cardíaca y para los engavilladores y el arrumador se utilizó un reloj digital con banda torácica (Apud, 1987). Estas mediciones se llevaron a cabo cada 2 minutos contando el tiempo de 30 latidos cardiacos. La frecuencia cardíaca fue convertida a latidos por minuto y también expresada como porcentaje de carga cardiovascular (%CC) con la finalidad de compensar la diferencia de edad de los sujetos, según fórmula antes detallada. Junto con la frecuencia cardíaca se realizaron observaciones de las actividades ejecutadas por el individuo para determinar la carga de trabajo de cada actividad laboral. En la Tabla 1 se presenta un resumen de las observaciones realizadas.

TABLA 1. NUMERO DE JORNADAS EVALUADAS POR OPERARIOS EN CADA ACTIVIDAD.

Función	Nº de Operarios	Nº de evaluaciones mínimas por Operario	Total de evaluaciones (Jornadas)
Motosierristas	8	2	39
Engavilladores	4	2	24
Arrumador	1	4	7
Op. Trineumático	1	8	9
Total			79

4.2.2 Variables del rodal. Por lo peligroso de la actividad y con el objeto de evitar la ocurrencia de accidentes durante el control, se midieron, en 1 de cada 3 árboles volteados, las siguientes variables del rodal para el caso de los motosierristas:

- Diámetro de tocón (DT), a 30 cm del suelo.
- Diámetro a la altura del pecho (DAP) a un metro del corte basal, en cm.
- Diámetro límite de utilización (DL), en cm.
- Número de verticilos desramados (NV).
- Número de ramas promedios por verticilo (NRV).
- Número de trozos por árbol (NT).

En el caso de los engavilladores las variables del rodal que se midieron fueron las siguientes:

- Diámetro medio a cada trozo arrumado (Dm), en cm.
- Número de trozos por gavilla (NTG).
- Número de gavillas ordenadas (NG).

Para el Arrumador en tanto se midió el número de trozos ordenados (NT) y para el trineumático se midieron:

- Total de trozos por viaje (TV)
- Número de gavillas por viaje (GV)
- Distancia de madereo (DM).



4.3 Variables de terreno.

Este punto se refiere principalmente a las características topográficas, es decir, pendiente medida con hipsómetro Suunto y escabrosidad, entendiéndose por ella como el cociente entre el tiempo de desplazamiento, sobre una misma distancia, en un terreno plano sin obstáculos, con el tiempo de desplazamiento en un terreno con diversos grados de dificultad tales como ramas, sotobosque, entre otros, en donde se realice la faena. Este índice que es adimensional varía en un rango de 0 a 1, lo que

significa que un valor cercano a cero estaría reflejando una mayor dificultad para el desplazamiento del trabajador en terreno.

4.4 Variables climáticas.

Cada 30 minutos se registró con, un psicrómetro, la temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo en grados Celcius, estos datos se ingresaron a una tabla de doble entrada para determinar la humedad relativa en porcentaje.

4.5 Tiempos asociados a las actividades.

Se midió el tiempo durante la jornada de trabajo para cada actividad. Para un seguimiento confiable que permitiera observar y registrar en forma adecuada la información, el ciclo se dividió en Tiempos Principales y Tiempos Secundarios, como lo muestra la Tabla 2. De esta forma, se pudo saber como se ocupaba el tiempo durante la jornada laboral y establecer la incidencia de cada actividad durante la misma. El tipo de medición fue de multimomento cada dos minutos junto con la de frecuencia cardíaca. Para el trineumático se registró, mediante un cronómetro, el tiempo continuo de cada una de las actividades que constituyen el ciclo de trabajo.

TABLA 2. DIVISIÓN DEL TRABAJO POR ACTIVIDAD SEGÚN FUNCIÓN .

Función	Actividad	Tipo de tiempo
8 Motosierristas	Limpieza de fuste	Principales
	Volteo	
	Desrame	
	Trozado	
	Otros	
4 Engavilladores	Preparación	
	Engavillado	
	Desplazamientos	
	Otros	
1 Arrumador	Preparación	
	Arrumado	
	Desplazamientos	
	Otros	
1 Op. Trineumático	Viaje vacío	
	Carguío	
	Viaje cargado	
	Descarga y arrumado	
Todas las funciones	Materiales	Secundarios
	Personales	
	Esperas	
	Generales	
	Desplazamientos	
	Detenciones	

4.6 Jornada de trabajo.

El registro de la duración de la faena se inició en el lugar preciso de trabajo y terminó cuando finalizó el último ciclo de actividad. La interrupción por almuerzo fue descontada del tiempo total. Los rendimientos se obtuvieron a partir del tiempo de control (tiempos principales más tiempos secundarios), no del tiempo efectivo (tiempo principal) de trabajo. En la Tabla 3 se muestra la programación del trabajo, la que incluye las pausas programadas a media mañana y a media tarde.

TABLA 3. PROGRAMACION DE LA JORNADA DE TRABAJO.

Período	Tiempo (hr)	Actividad
08:00 - 10:00	2.00	Trabajo efectivo
10:00 - 10:15	0.25	Pausa, mantención de equipos
10:15 - 12:00	1.75	Trabajo efectivo
12:00 - 13:00	1.00	Alimentación, descanso, mantención de equipos
13:00 - 15:00	2.00	Trabajo efectivo
15:00 - 15:15	0.25	Pausa, mantención de equipos
15:15 - 17:00	1.75	Trabajo efectivo

Jornada efectiva de 7.5 horas, además de pausas programadas.

4.7 Producción.

4.7.1 Motosierristas. Con las variables medidas en esta actividad se determinó la producción en cantidad de árboles por hora y por jornada y en m³ por hora y por

jornada. El volumen aprovechable por árbol volteado se determinó utilizando la fórmula:

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = (\text{II}/40000) * ((\text{DAT} + \text{DL})/2)^2 * \text{NT} * 2.44 \text{ m}$$

Donde:

DAT = Diámetro a la altura del tocón en cm.

DL = Diámetro límite del árbol en cm.

NT = Número de trozas por árbol.

4.7.2 Engavilladores. Con las variables medidas en esta actividad se determinó la cantidad de trozos engavillados, los metros cúbicos y el número de gavillas, expresadas todas por hora y por jornada.



4.7.3 Trineumático. Con las variables medidas en esta actividad se determinó el volumen por viaje, viajes por hora y por jornada. Volumen en m³ por hora y por jornada.

4.7.4 Arrumador. En este caso se midió el volumen en m³ por hora y en m³ por jornada.

V RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 4 se muestra la media (\bar{x}), la desviación estándar (DE), el coeficiente de variación (CV) y el rango de la edad, del peso, de la estatura, del porcentaje de masa grasa (MG) y kg de masa libre de grasa (MLG), además de la capacidad aeróbica (CA) expresada en litros por minuto y mililitros por minuto por kilo de peso corporal para el total de los integrantes de la cuadrilla de trabajo.

TABLA 4. CARACTERISTICAS DE LA EDAD, DEL TAMAÑO Y DE LA CAPACIDAD AERÓBICA DE LOS INTEGRANTES DE LA CUADRILLA DE TRABAJO.

	Unidad	\bar{x}	DE	Rango		CV (%)
Edad	años	26.0	5.5	19.0	51.0	19.9
Peso	kg	64.4	6.3	52.0	97.7	9.8
Estatura	cm	163.8	4.8	155.0	175.1	2.9
MG	%	11.7	4.2	2.9	19.6	35.6
MLG	kg	56.8	4.3	49.4	66.4	7.6
CA	lt/min	3.4	0.2	3.1	3.7	5.2
CA	ml/mi/kg	52.8	5.0	41.4	58.4	9.4

De los resultados que expone la Tabla 4 llama la atención que la edad promedio de estos trabajadores se sitúe sólo en los 26 años, aunque el rango va de los 19 a los 51 años. Esta edad promedio que puede parecer en cierto modo discriminatoria por no contar con personas de mayor edad, no es tal, pues un estudio reciente en donde se muestreó alrededor del 1% de los trabajadores forestales chilenos, arrojó como resultado que más del 90% de ellos eran menores de 40 años (Apud et. al, 1993).

Estos trabajadores en promedio presentan estaturas dentro del rango de las poblaciones rurales chilenas (163.8 cm) considerando como referencia un estudio realizado por Apud (1979) que revela que los trabajadores forestales de la VIII Región presentan estaturas de 164 cm como promedio con rangos que fluctúan entre los 153 cm y 177 cm. Su peso es adecuado a su tamaño corporal (64.4 kg), son delgados y con un buen desarrollo músculo esquelético (% masa grasa 11.7 y masa libre de grasa 56.8 kg). El valor medio de la masa grasa de 11.7% revela que estos individuos se enmarcan dentro del rango de 10 - 15% clasificado como corriente según la literatura. La capacidad aeróbica promedio de 3.4 lt/min, equivalente a 52.8 ml/min/kg, es perfectamente comparable a la población forestal de referencia que en promedio es de 3.29 lt/min o lo que es lo mismo de 51 ml/min/kg (Apud et al, 1993). En base a estos antecedentes se puede afirmar que la cuadrilla de estudios es representativa de los trabajadores forestales chilenos y, por lo tanto, los resultados que se analizarán a continuación podrían ser reproducidos por cualquier cuadrilla trabajando en las mismas condiciones.

5.1 Motosierristas.

En la Tabla 5 se resume el promedio (\bar{x}), la desviación estándar (DE), el rango y el coeficiente de variación (CV) para la duración media de la jornada, el rendimiento expresado en metros cúbicos por hora y por jornada, número de árboles procesados por hora (AP) y por jornada y volumen medio por árbol (VA); la carga física presentada como frecuencia cardíaca (FC) y como porcentaje de carga cardiovascular (% CC) y el porcentaje de tiempo global dedicado a actividades principales (%TP) y secundarias (%TS). Además, como variables de rodal se incluyen el diámetro a la altura del pecho (DAP), número de verticilos (NV) y número de ramas por verticilo (NRV); como variables del terreno la pendiente (P) y la escabrosidad (E); y como variable climática la temperatura media (TM).

Se puede observar en la Tabla 5 que la duración promedio de la jornada de trabajo fue de 7.12 hrs., con un rango que oscila entre 5.50 y 8.60 hrs. Esta duración media es bastante aceptable considerando lo que habitualmente se espera en faenas de verano (ocho horas). El porcentaje de tiempo principal está dentro de lo que habitualmente se espera en este tipo de tareas con una media de 74.5%. Esto se da porque se incurre en tiempos adicionales que son necesarios para la realización de la faena, tal como la mantención de equipos, pausas y otros propios de las necesidades humanas, los que están dentro de los tiempos secundarios.

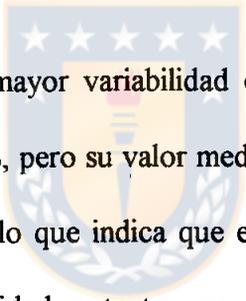
TABLA 5. CARACTERISTICAS DEL RENDIMIENTO, DE LA CARGA FÍSICA, DE LAS VARIABLES DEL RODAL, DEL TERRENO Y DEL CLIMA PARA LA ACTIVIDAD MOTOSIERRISTAS.

Variable	Unidad	\bar{x}	DE	Rango		CV (%)
Durac. Jornada	hr	7.12	0.93	5.50	8.60	13.10
Volumen	m ³ /hr	1.81	0.70	0.70	3.50	38.67
Volumen	m ³ /jorn	12.88	4.20	5.40	24.00	33.33
AP	n/hr	5.00	1.30	3.00	9.00	26.00
AP	n/jorn	36.00	9.20	20.00	56.00	25.56
Vol. árbol	m ³	0.38	0.18	0.18	0.77	47.37
FC	lat/min	107.00	10.40	92.00	134.00	9.70
CC	%	36.00	8.40	23.00	54.00	23.30
TP	%	74.50	9.10	54.00	87.00	12.50
DAP	cm	20.40	3.20	15.50	26.50	15.70
NV	n/árbol	11.50	2.10	7.90	26.50	15.70
NRV	n/vertic.	6.50	0.70	5.40	8.00	10.80
P	%	4.80	3.60	1.00	16.00	75.00
E	0/1	0.60	0.10	0.60	0.80	16.70
TM	C	19.90	2.80	14.00	24.00	14.10

En relación al rendimiento obtenido por los motosierristas, éste fue de 1.81 m³/hr con un rango que va de 0.70 a 3.50 m³/ hr. El volumen promedio por jornada fue de 12.60 m³. El número de árboles procesados por hora arroja una media de 5.0 árboles, mientras que

el número promedio de árboles procesados por jornada fue de 36. Por último, el volumen medio por árbol fue de 0.38 m^3 .

Como se puede observar, en general, en todas las expresiones de rendimiento los rangos son amplios y los coeficientes de variación altos. Esto puede ser explicado por la dispersión de las variables del rodal, en particular el DAP que presenta un coeficiente de variación de 15.7% y por la variabilidad del porcentaje de carga cardiovascular (23.3%).



En las variables del terreno la mayor variabilidad está dada por la pendiente con un coeficiente de variación de 75.0%, pero su valor medio es de sólo un 4.8%, con un valor extremo que no supera el 16%, lo que indica que el trabajo se efectuó con pendientes relativamente bajas. La escabrosidad en tanto presenta una media de 0.6 lo que estaría indicando una cierta dificultad en el desplazamiento del operario en terreno de acuerdo a los rangos que define la literatura (Vega *et al*, 1991). Como variable climática, la temperatura media se puede considerar habitual para época de verano, con $19.9 \text{ }^\circ\text{C}$ y un rango entre 14 y $24 \text{ }^\circ\text{C}$, no olvidar que estos son valores promedios de cada día.

La carga cardiovascular osciló entre 23 y 54%, llegando a una media de 36%. Respecto a la frecuencia cardíaca media, ésta fue de 107 lat/min con un rango de 92 a 134 lat/min.

Se puede observar que el nivel de carga física promedio está muy cerca de lo que se ha establecido como límite aceptable de esfuerzo (40 %CC) para una jornada de trabajo de ocho horas, ello porque para el promedio de edad de estos trabajadores (27.4 años) la frecuencia cardíaca media correspondiente al 40 %CC es de 113.0 lat/min.

Si bien es cierto el promedio de carga cardiovascular no refleja una sobrecarga de trabajo, la desviación estándar está indicando que hubo a lo menos una jornada por sobre el límite de esfuerzo. Efectivamente en 12 de las 39 jornadas evaluadas la carga cardiovascular media estuvo por sobre el 40 %CC y, en siete de ellas se superó el 45 %CC, lo que indudablemente hace que el trabajo, bajo esas condiciones de exigencia física, sea pesado. Esto tiene como consecuencia que los trabajadores vayan acumulando fatiga hacia el final de la jornada.

Para un análisis más detallado y con la finalidad de ver a que tipo de trabajo, respecto al nivel de exigencia física, corresponden las distintas actividades involucradas en este ítem, se muestra en la Tabla 6 el promedio (\bar{x}), la desviación estándar (DE), el rango y el coeficiente de variación (CV) para el tiempo dedicado por los motosierristas a las actividades principales y secundarias y la frecuencia cardíaca alcanzada para el desarrollo de cada una de estas actividades.

TABLA 6. DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO Y FRECUENCIA CARDÍACA MEDIA DURANTE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES Y SECUNDARIAS REALIZADAS POR LOS MOTOSIERRISTAS.

	Unidad	x	DE	CV (%)	% Tiempo
Distribución del tiempo :					
Actividades principales :					
Limpieza	hr/jorn	0.17	0.16	94.70	2.50
Volteo	hr/jorn	0.73	0.25	33.9	10.30
Desrame	hr/jorn	2.92	0.61	20.80	41.10
Trozado	hr/jorn	0.98	0.32	32.40	13.70
Otros	hr/jorn	0.50	0.45	89.70	7.00
Actividades secundarias :					
Desplazamiento	hr/jorn	0.33	0.21	64.20	4.60
Detenciones	hr/jorn	0.39	0.32	82.00	5.50
Esperas	hr/jorn	0.12	0.15	119.70	1.70
Materiales	hr/jorn	0.97	0.47	48.90	13.60
Personales	hr/jorn	0.01	0.02	460.40	0.07
Frecuencia cardíaca :					
Actividades principales :					
Limpieza	lat/min	116.60	10.20	90.10	
Volteo	lat/min	113.60	8.90	7.80	
Desrame	lat/min	113.60	10.10	8.90	
Trozado	lat/min	114.00	9.80	8.60	
Otros	lat/min	110.00	11.30	10.30	
Actividades secundarias :					
Desplazamiento	lat/min	106.00	12.70	11.90	
Detenciones	lat/min	85.70	13.90	16.2	
Esperas	lat/min	89.20	8.40	9.40	
Materiales	lat/min	91.60	12.90	14.10	
Personales	lat/min	109.00	0.00	0.00	

El desrame ocupa el 41.0% del tiempo total (2.9 horas), con el menor coeficiente de variación (20.8%), dentro del conjunto de actividades. El valor medio de la frecuencia para esta actividad es de 113.6 lat/min la que al ser ponderada por el tiempo constituye la actividad más pesada e incidente en el rendimiento de los motosierristas. El volteo, la limpieza y el trozado también demandan una carga física alta.

De lo analizado hasta ahora es posible sostener que el raleo mecanizado es una actividad más variada que otros trabajos que demandan el uso de la motosierra. Por ejemplo en la cosecha tradicional, generalmente los motosierristas voltean o trozan. En el sistema Nordfor o voltean y desraman o trozan. En el caso en discusión hacen las tres actividades simultáneamente. Desde el punto de vista ergonómico, tal variación de actividades es conveniente, siempre y cuando la intensidad de cada una de ellas, al sumarse a las pausas y a las otras actividades, no sea excesiva. Desde este punto de vista es posible sostener que en el presente estudio, cada una de las actividades principales se efectuó con una intensidad alta, pero que el promedio de las 39 jornadas de evaluación reveló que los trabajadores están muy cerca del estándar de referencia para trabajo pesado (40 %CC).

Hecho el análisis del esfuerzo que demanda cada actividad realizada por el motosierrista y sabiendo además que el nivel de carga física promedio de éstos trabajadores fue de un

36 %CC, resulta interesante estimar cuánto, en la práctica, podría llegar a rendir un motosierrista en esta tarea. Para conocer la respuesta a esta pregunta se requiere encontrar una ecuación de rendimiento que permita estimar el volumen producido por el individuo. Para este efecto se realizó el análisis de regresión múltiple incorporando las 39 jornadas evaluadas. Se determinó que el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la carga cardiovascular (%CC) pueden emplearse como predictoras del rendimiento, tal como lo muestra en la función 1.

$$1.- \text{RH} = -1.899 + 0.123*(\text{DAP}) + 0.033*(\%CC)$$

Donde :

RH = Metros cúbicos por hora

DAP = Diámetro a la altura del pecho

%CC = Porcentaje de carga cardiovascular.

Indicadores estadísticos :

$$R = 0.843$$

$$R^2 = 0.71$$

$$EE = 0.38$$

El proceso de regresión paso a paso arrojó los siguientes resultados:

Paso 1: DAP R = 0.760 R² = 0.577 EE = 0.45

Paso 2: DAP + %CC R = 0.843 R² = 0.711 EE = 0.38

Cabe señalar que, tanto para los motosierristas como para los engavilladores, se encontraron funciones con más variables cuya conjunción explicaba mejor la variación del rendimiento. No obstante, esto que en teoría tiene gran valor es poco práctico para obtener rendimientos de referencia ya que de estas variables existen algunas que es imposible objetivar si no se miden en el momento en que se está realizando la actividad.

En la función 1 el DAP es quien explica en mayor grado la variabilidad en el rendimiento tal como lo muestra la Figura 2. En la Figura 3, en tanto, se muestra la asociación entre el rendimiento y la carga cardiovascular. El DAP y el %CC presentaron coeficientes de correlación simples con el rendimiento de 0.76 y 0.66, respectivamente. El análisis paso a paso muestra claramente como el DAP por sí solo explica la variabilidad del rendimiento en un 57.7%, pero al incorporar a la función el %CC tal explicación aumenta en un 13.4%. Esto está mostrando que si bien es cierto el DAP es gravitante en la explicación del rendimiento, también es importante el hecho de incluir una variable del sujeto como el %CC.

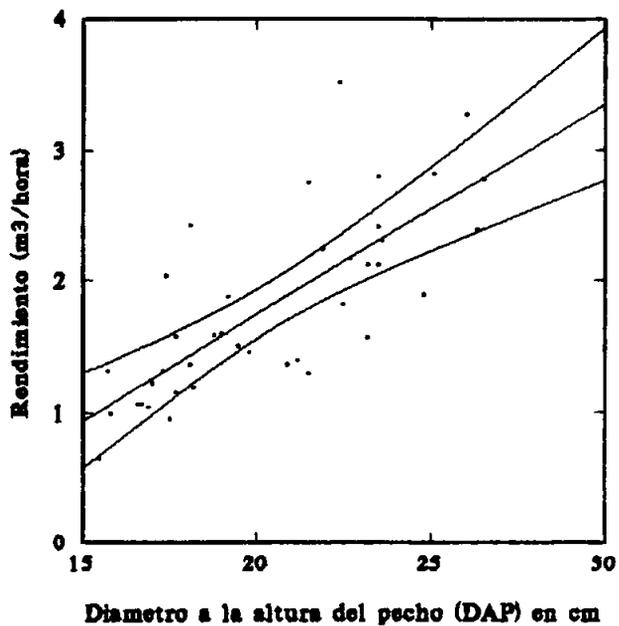


FIGURA 2. Relación entre el rendimiento alcanzado por los motosierristas versus el diámetro a la altura del pecho de los árboles.

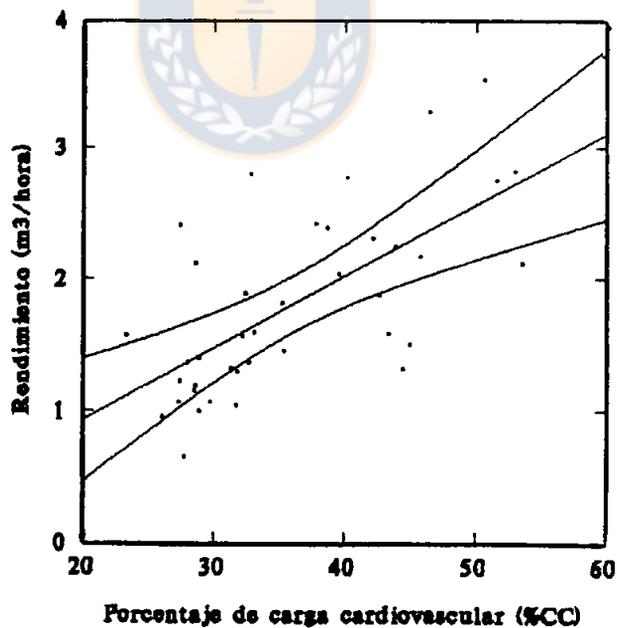


FIGURA 3. Relación entre el rendimiento logrado por los motosierristas y el porcentaje de carga cardiovascular que éstos alcanzan.

Tomando como base la función 1 se pueden predecir rendimientos de referencia, para motosierristas realizando esta tarea en época de verano y en terrenos de baja pendiente y escabrosidad media, de las magnitudes que se muestran en la Tabla 7.

TABLA 7. PREDICCIÓN DE RENDIMIENTOS PARA LOS MOTOSIERRISTAS UTILIZANDO LA FUNCION 1.

DAP (cm)	Porcentaje de Carga Cardiovascular		
	30%	35%	40%
	Rendimiento (m ³ /hr)		
15	0.94	1.10	1.27
20	1.55	1.72	1.88
25	2.17	2.33	2.50

La Tabla 7 revela algunos aspectos importantes para la planificación del trabajo. El tamaño de los árboles juega un papel fundamental en el rendimiento que pueden tener los motosierristas. Si por ejemplo se observa cualesquiera de los valores de carga cardiovascular fijados, se puede ver que el rendimiento se duplica con los niveles de referencia de DAP más altos. Por otra parte, también se puede observar la importancia de la aplicación de los trabajadores a su tarea, ya que para igual DAP el rendimiento puede ser más de 20% superior si los trabajadores aumentan su carga cardiovascular de 30 a 40%.

Indudablemente que lo óptimo sería que los trabajadores se exigieran físicamente para trabajar en promedio al 40 %CC . Sin embargo, para que esto ocurra deben haber estímulos que los motiven a alcanzar tal intensidad de esfuerzo. Cabe mencionar que actividades realizadas al 30 o 35 %CC no son precisamente livianas, de manera tal que para que la persona sienta interés por realizar un esfuerzo mayor debe contar con elementos básicos como dieta, buena técnica de trabajo, equipos de seguridad, etc. Sin embargo, el mayor aliciente lo constituye el salario (Apud, 1987).

Se ha venido sosteniendo que una forma de motivar a los trabajadores sería calcular el salario base considerando el rendimiento posible de obtener trabajando en promedio al 30 %CC y establecer primas para el rendimiento que se obtenga por sobre este nivel, considerando que no es conveniente que las personas se exijan más allá del 40% de su capacidad para evitar accidentes y trabajos de mala calidad.

Otro hecho que resulta de interés para la planificación del trabajo es definir el número de motosierristas para máquinas de diferentes rendimientos. Por ejemplo si una cuadrilla la integran 8 motosierristas y ellos procesan árboles con DAP promedio de 20 cm, trabajando al 30 %CC, podrían alcanzar un rendimiento global de 12.40 m³/hora. Si el requerimiento de la máquina es de 15.00 m³/hora, existen dos posibilidades :

- 1.- Mantener la intensidad del esfuerzo y aumentar la dotación a 10 trabajadores que alcanzarían un rendimiento promedio de 15.30 m³/hora.
- 2.- Mantener el número de trabajadores y estimularlos para trabajar al 40 %CC. Si esto ocurre, los 8 trabajadores podrían alcanzar una producción global de 15.04 m³/hora.

La segunda alternativa aparece como bastante más lógica, siempre y cuando se logre la motivación de los trabajadores para absorber el trabajo adicional.

Antes de terminar con el análisis de esta actividad, parece acertado hacer la siguiente observación. La función encontrada, y que mejor explica el rendimiento, es del tipo lineal múltiple. Esto coincide con lo observado en estudios anteriores en donde se ha comprobado que el comportamiento de estas relaciones, dentro de ciertos rangos, presentan tendencias lineales. Se dice dentro de ciertos rangos ya que por ejemplo para la carga cardiovascular, si bien es cierto, un individuo al esforzarse producirá más se presenta también una limitante propia de la naturaleza humana, en cuanto al límite de esfuerzo.

No obstante, lo anterior, es importante señalar que de acuerdo a las gráficas del rendimiento con el DAP y del rendimiento con el %CC, se aprecia un comportamiento

que no es claramente lineal entre estas variables. Con la finalidad de ver la validez de esta función de rendimiento y por ende de la predicción de rendimiento contenida en la Tabla 7, se realizó un análisis paralelo, a través del cual, para cada caso en particular, se transformaron las variables utilizando como referencia la dispersión de los puntos.

Vistas las diferentes tendencias se generaron, apoyados en el programa computacional SAS para regresión, nuevos modelos con transformación de variables del tipo lineal, exponencial, logarítmica, cuadráticas y como producto (véase Tabla 1A) con el fin de ver que tan diferentes eran los resultados respecto al modelo utilizado en este estudio (función 1). Para ilustrar esta situación, se muestra a continuación una de las funciones (función 2) que se probaron, siendo ésta seleccionada por el mencionado programa computacional como una de las más significativas. En esta función el DAP y el %CC entran como producto. En la Tabla 8 en tanto se muestra la predicción de volúmenes a partir de esta función.

$$2.- \text{RH} = 0.1374 + 0.0022*(\text{DAP} * \%CC)$$

Donde :

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm).

%CC = Porcentaje de carga cardiovascular.

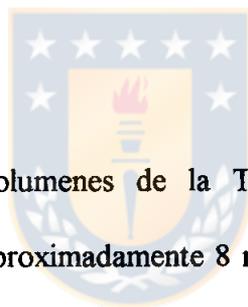
Indicadores Estadísticos:

R = 0.82

R² = 0.68 EE = 0.40

TABLA 8. PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO PARA LOS MOTOSIERRISTAS CUANDO SE UTILIZA LA FUNCION 2.

DAP (cm)	Porcentaje de Carga Cardiovascular		
	30%	35%	40%
	Rendimiento (m ³ /hr)		
15	1.140	1.308	1.476
20	1.476	1.699	1.922
25	1.810	2.089	2.386

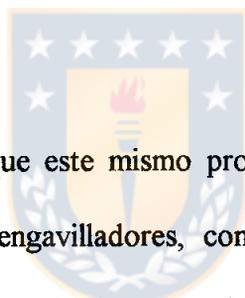


Utilizando la predicción de volúmenes de la Tabla 8, se puede pensar en una configuración de cuadrilla con aproximadamente 8 motosierristas produciendo cada uno 1.922 m³/hora, para satisfacer el requerimiento de la máquina de 15.00 m³/hora que se ha fijado como referencia para el análisis. Esto para un DAP promedio de 20 cm y una carga cardiovascular promedio de 40%.

Como se puede ver, los resultados que se entregan en la Tabla 8, para la condición media del rodal (diámetro promedio de 20 cm), no difieren significativamente con aquellos que se entregan en la Tabla 7. Así, esto no hace más que confirmar que, como dice Steel y Torrie (1988), por facilidad en los cálculos, a menudo se escoge una recta como

aproximación cuando ésta se ajusta razonablemente bien en el intervalo de X en cuestión, aún cuando se sepa que la verdadera curva no es lineal. El nivel de carga física por ejemplo, como variable del sujeto, se mueve generalmente entre 25 %CC y el 60 %CC, con puntos aislados, para este tipo de tareas.

Por todo lo anterior se confirma que la función original (función 1) propuesta en este estudio estima bien el rendimiento para rodales de las características que aquí se han descrito.



Es importante señalar además que este mismo procedimiento se llevó a cabo para la actividad desarrollada por los engavilladores, confirmándose de igual forma que la función utilizada para estimar los rendimientos es significativa y por lo tanto es adecuada utilizarla para rodales de las condiciones ya mencionadas.

5.2 Engavilladores.

En la Tabla 9 se resume el promedio (\bar{x}), la desviación estándar (DE), el rango y el coeficiente de variación (CV) para la duración de la jornada; el rendimiento expresado en metros cúbicos por hora y por jornada; en trozos por hora (TH) y por jornada (TJ) y en gavillas por hora (GH) y por jornada (GJ). Además se incluye el diámetro medio de los trozos ordenados (DM) y el número de trozos ordenados por hora (NTH). Como variables del esfuerzo físico se presentan la frecuencia cardíaca (FC) y el porcentaje de carga cardiovascular (%CC); el tiempo global dedicado a actividades principales (TP) y secundarias (TS); como variables de terreno la pendiente (P) y la escabrosidad (E) y por último como variables climáticas la temperatura media (TM) y humedad relativa (HR).

Como se puede observar en la Tabla 9 la duración media de la jornada de trabajo fue de 6.7 horas con un rango que va de 5.2 hrs a 8.1 hrs. De este tiempo el 73.0% es dedicado a las actividades principales con un rango que va de 48.1% a 96.5%. El rendimiento promedio alcanzado por los engavilladores fue de 2.82 m³/hr. Por jornada el rendimiento fue de 18.89 m³. El número de trozos por hora y por jornada fue de 61.61 y 414.71, respectivamente. Por último el número de gavillas por hora y por jornada presentan medias de 6.83 y 46.21 gavillas, respectivamente. Todas estas expresiones de rendimiento se caracterizan por tener rangos más bien amplios y coeficientes de variación

superiores todos a 20%. Parte importante de la explicación a este comportamiento radica en la amplia dispersión del nivel de carga física representada por el %CC

TABLA 9. CARACTERISTICAS DEL RENDIMIENTO, DE LA CARGA FÍSICA, DE LAS VARIABLES DEL RODAL, DEL TERRENO Y DEL CLIMA PARA LA ACTIVIDAD ENGAVILLADORES.

Variable	Unidad	\bar{x}	DE	Rango		CV (%)
Durac. jorn	hr	6.7	1.0	5.2	8.1	14.7
Volumen	m ³ /hr	2.82	0.89	1.75	4.80	31.59
Volumen	m ³ /jorn	18.89	4.89	11.44	31.20	26.48
TH	n	61.61	12.79	28.17	91.51	20.76
TJ	n	414.71	105.33	189.00	614.00	25.40
GH	n	6.83	1.42	3.13	9.84	20.78
GJ	n	46.21	15.51	21.00	66.00	27.07
DM	cm	13.07	1.43	8.94	16.16	10.90
NTH	n	59.85	14.56	31.00	87.30	24.30
FC	lat/min	103.80	12.90	85.60	136.00	12.40
CC	%	34.10	12.00	18.40	69.70	35.30
TP	%	73.00	13.50	48.10	96.50	18.40
TS	%	27.00	13.50	3.50	52.20	50.40
P	%	6.10	4.50	0.00	14.20	73.70
E	0/1	0.80	0.04	0.70	0.90	5.70
T	C	19.70	2.40	15.00	24.00	12.30
HR	%	70.00	7.20	59.00	84.00	10.30

De las variables del terreno, la pendiente media fue de 6.1% con un alto coeficiente de variación de 73.7% y un valor extremo de 14.2%. La escabrosidad por su parte arrojó un valor medio de 0.8. Este valor medio cercano a 1.0 refleja que en terreno el trabajador pudo movilizarse sin mayores dificultades durante la ejecución de la faena. Como variables del clima, la temperatura y la humedad relativa presentan valores característicos de una temporada de verano para la zona con 19.7 °C y 70.0%, respectivamente. El esfuerzo que realizaron los engavilladores para realizar sus diferentes labores se ve reflejado en la frecuencia cardíaca media y en el porcentaje de carga cardiovascular medio. La frecuencia cardíaca media se ubicó en 103.8 lat/min con un rango amplio que oscila entre 85.6 y 136.0 lat/min, pero con un coeficiente de variación aceptable de 12.4%; éste valor medio está por debajo de los 113 lat/min que es el promedio de frecuencia cardíaca, correspondiente al 40 %CC, para la edad promedio de éstos trabajadores. La carga cardiovascular a su vez arroja un valor medio de 34.1 %CC con un amplio rango que va del 18.4 al 69.7 %CC y un coeficiente de variación de 35.3%.

Es importante destacar que en 7 de las 24 jornadas de evaluación, el promedio de carga cardiovascular superó el 40% fijado como límite recomendable de esfuerzo, con un valor extremo de 69.7 %CC. Este valor coincide precisamente con el trabajador de mayor edad (51 años) evaluado, pero por otra parte es en este caso en donde también se obtiene el mayor rendimiento alcanzado por los engavilladores.

Para un análisis más detallado y con la finalidad de ver la incidencia de cada actividad realizada por los engavilladores, se muestra en la Tabla 10 el promedio (x), la desviación estándar (D.E) y el coeficiente de variación (C.V) para el tiempo dedicado por los engavilladores a las actividades principales (TP) y secundarias (TS) y la frecuencia cardíaca alcanzada en el desarrollo de cada una de estas actividades.

TABLA 10. DISTRIBUCION DEL TIEMPO Y FRECUENCIA CARDIACA MEDIA DURANTE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES Y SECUNDARIAS REALIZADAS POR LOS ENGAVILLADORES.

	Unidad	x	DE	CV (%)	% Tiempo
Distribución del tiempo :					
Actividades principales :					
Preparación	hr/jorn	0.21	0.15	72.60	3.10
Engavillado	hr/jorn	4.01	1.18	29.50	59.60
Desplazamiento	hr/jorn	0.38	0.27	69.60	5.70
Otros	hr/jorn	0.32	0.54	169.00	4.70
Actividades secundarias :					
Esperas	hr/jorn	1.10	0.90	82.00	16.40
Detenciones	hr/jorn	0.62	0.68	110.60	9.20
Materiales	hr/jorn	0.03	0.07	363.20	0.50
Personales	hr/jorn	0.06	0.10	179.90	0.80
Frecuencia cardíaca :					
Actividades principales :					
Preparación	lat/min	99.00	15.40	15.56	
Engavillado	lat/min	106.00	12.70	11.98	
Desplazamiento	lat/min	91.00	6.60	7.25	
Otros	lat/min	101.00	22.70	22.48	
Actividades secundarias :					
Esperas	lat/min	77.00	10.00	12.99	
Detenciones	lat/min	79.00	9.20	11.65	
Materiales	lat/min	78.00	9.60	12.40	
Personales	lat/min	94.90	16.20	17.00	

Como se puede observar en la Tabla 10, la actividad de engavillado ocupa el 59.6% del tiempo total, con una variabilidad de 29.5%. Al observar la frecuencia cardíaca de las actividades principales, ésta actividad es precisamente la que arroja el valor medio más alto con 106.0 lat/min, por lo que es determinante en el nivel de carga física promedio.

Para esta actividad resulta importante también conocer cuánto es el volumen que podrían producir los engavilladores en esta tarea. Para ello se efectuó una regresión paso a paso, con las 24 jornadas evaluadas en esta actividad, obteniéndose que las variables que mejor predicen el rendimiento son el nivel de carga física con que se efectuó la tarea representada por el porcentaje de carga cardiovascular (%CC), la pendiente (P) y el número de trozos promedio ordenados por hora (NTH), tal como muestra la función 3. En relación a la pendiente, si se observa la Figura 4, se ve claramente el comportamiento logaritmico de esta variable frente al rendimiento, por lo que ella se tratará en la función como logaritmo de la pendiente (Log P). Se ha visto además que de esta forma la pendiente explica mejor el rendimiento de una persona; esto se ve muy bien reflejado por ejemplo en faenas de plantación (Apud y Valdes, 1995). Como ilustración de las asociaciones entre el rendimiento versus el %CC, el NTH y el Log P veáse las Figuras 5, 6 y 7, respectivamente.

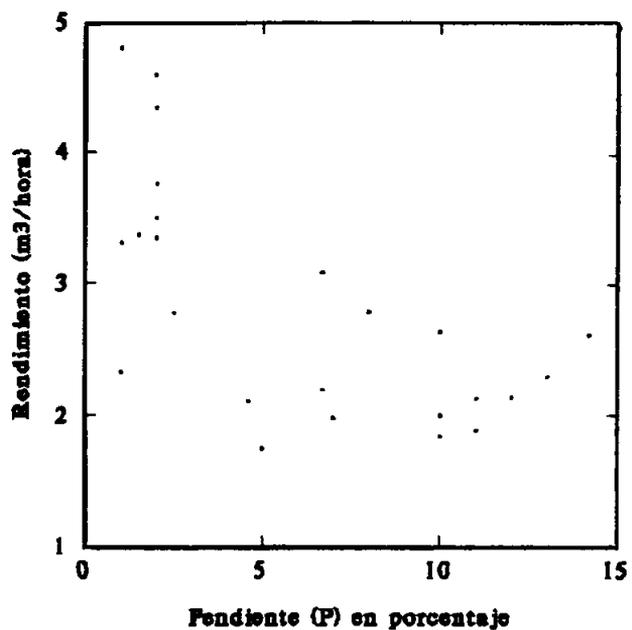


FIGURA 4. Relación entre el rendimiento logrado por los engavilladores versus la pendiente media del terreno.

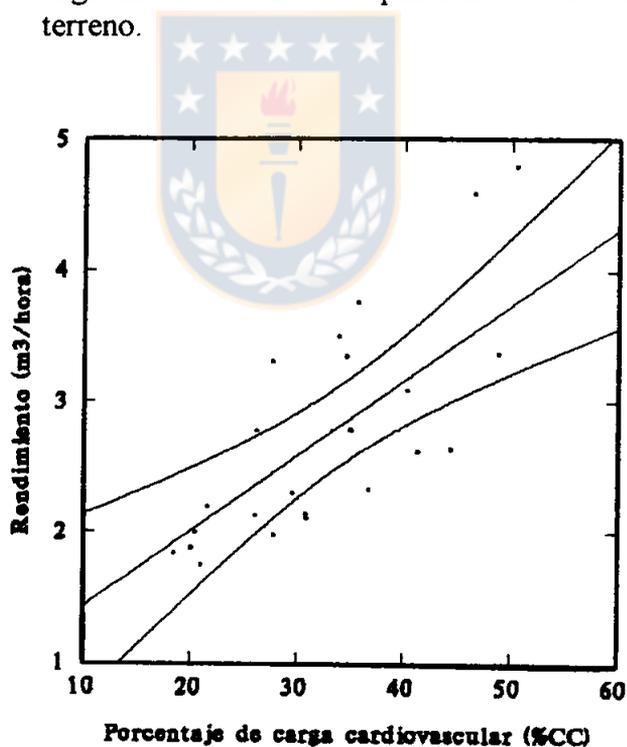


FIGURA 5. Relación entre el rendimiento logrado por los engavilladores versus el porcentaje de carga cardiovascular alcanzado por éstos.

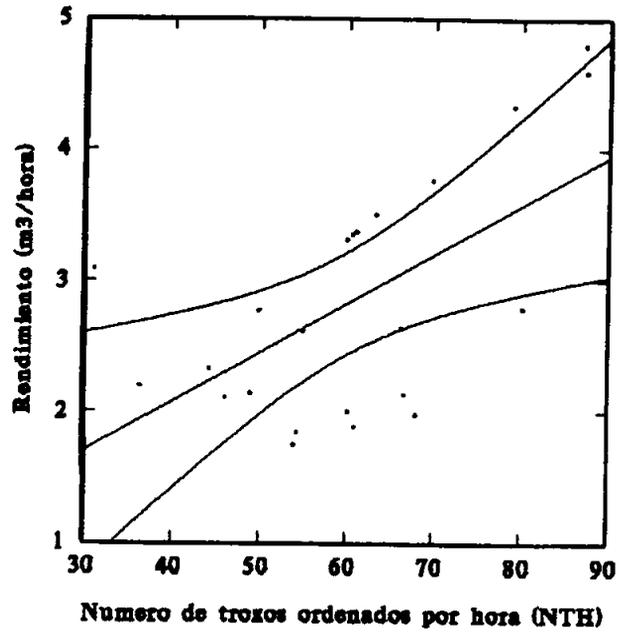


FIGURA 6. Relación entre el rendimiento logrado por los engavilladores versus el número de trozos que éstos ordenan por hora.

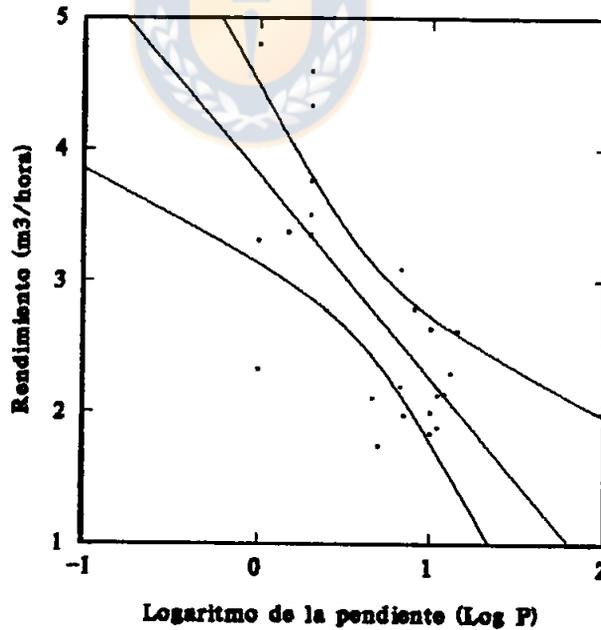


FIGURA 7. Relación entre el rendimiento alcanzado por los engavilladores y el logaritmo de la pendiente.

El análisis de regresión inicial se muestra a continuación.

$$3.- \text{RH} = 1.23 + 0.03*(\%CC) - 0.91*(\text{Log P}) + 0.02*(\text{NTH})$$

Donde :

RH = Rendimiento en metros cúbicos por hora.

%CC = Porcentaje de carga cardiovascular.

Log P = Logaritmo de la pendiente.

NTH = Número de trozos ordenados por hora.

Indicadores Estadísticos

$$R = 0.90$$

$$R^2 = 0.81$$

$$EE = 0.48$$



La función 3 se dice inicial porque a diferencia de los motosierristas en ésta existe una variable que no puede ser estimada a priori, como lo es el NTH. En otras palabras, se requiere que el engavillador trabaje en el bosque para cuantificar dicha variable lo que es poco práctico, ya que lo que se busca es poder planificar y organizar una determinada tarea antes que esta se inicie.

De acuerdo a lo anterior y fundamentado en los objetivos de este estudio en relación a determinar funciones, en lo posible, simples y fáciles de obtener, es que se optó por la función 4, en la cual quedan como predictoras del rendimiento el nivel de carga física con

que se efectuó la tarea, representada por el %CC y el logaritmo de la pendiente (Log P). Si se comparan los resultados de ambas funciones, en la primera el rendimiento queda explicado en un 81%, pero con un error estándar de 0.48, no obstante, en la segunda, en tanto, la explicación baja a un 76%, pero el error estándar también baja a 0.46%, lo que indica que no hay una diferencia sustancial entre ambas funciones.

$$4.- \text{RH} = 1.97 + 0.04*(\%CC) - 0.98*(\text{Log P})$$

Donde :

RH = Rendimiento expresado en m³ por hora;

%CC = Porcentaje de carga cardiovascular.

Log P = Logaritmo de la pendiente.

Indicadores estadísticos :

$$R = 0.87$$

$$R^2 = 0.76$$

$$EE = 0.46$$

Resulta interesante destacar la importancia de la pendiente como parte de las variables explicatorias del rendimiento, ya que la función al incluir sólo la carga cardiovascular presenta un R² igual a 0.60 (60%) y un error estándar igual a 0.57, pero cuando se incorpora la pendiente esta explicación sube a un 76% (R² = 0.76) y el EE baja a 0.46. Si bien las pendientes no son altas, presentando un valor extremo de 14.2% y una media de

sólo 6.1%, a diferencia de los motosierristas éstas influyen en el rendimiento del engavillador, ya que el trabajo de éste requiere de más desplazamientos y con un mayor peso que significan los trozos.

Utilizando la función 4 se puede estimar entonces que un engavillador podría alcanzar rendimientos de las magnitudes que se muestran en la Tabla 11, si ejecuta su tarea con los porcentajes de carga cardiovascular y pendientes promedio que ahí se ilustran :

TABLA 11. PREDICCIÓN DE RENDIMIENTOS PARA LOS ENGAVILLADORES UTILIZANDO LA FUNCION 4.

% de Carga Cardiovascular	Pendiente Media (%)		
	5	10	15
	Rendimiento (m ³ /hora)		
30	2.49	2.19	2.02
35	2.69	2.39	2.22
40	2.89	2.59	2.42
50	3.29	2.99	2.82
60	3.68	3.39	3.22

Como ya se dijo anteriormente, para un DAP medio de 20 cm, 8 motosierristas podrían completar los 15.00 m³ estimados para la máquina. Desde este punto de vista, al analizar la configuración de cuadrilla en estudio, no parece recomendable que una persona engaville por cada 2 motosierristas, ya que para alcanzar a completar el trabajo tendrían

que esforzarce hasta alcanzar una carga cardiovascular promedio de alrededor del 60%, ello para una pendiente promedio de 5%, puesto que un engavillador podría rendir 3.68 m³/hora. Este esfuerzo, en promedio, es aún mayor si la pendiente media aumenta. Si se considera que el límite de esfuerzo se ha fijado en un 40 %CC, es obvio que el trabajo realizado por los engavilladores, en esas condiciones de exigencia física (60%), se transformaría en extremadamente pesado. De acuerdo a la Tabla 11, al mantener la pendiente en un 5% como promedio, conforme a las características del rodal descritas anteriormente, y el %CC en un 40% se puede esperar un rendimiento promedio de 2.89 m³/hora lo que se traduciría aproximadamente en 5 engavilladores para satisfacer el requerimiento de la máquina de 15.00 m³/hora.



5.3 Arrumador.

Antes de iniciar el análisis de este puesto de trabajo es necesario decir que el arrumador, en este tipo de configuración, depende directamente del madereo que realiza el trineumático por lo que no se presentarán funciones de rendimiento como en los casos anteriores.

La Tabla 12 resume el Promedio (\bar{x}), la desviación estándar (DE), el rango y el coeficiente de variación (CV) para la duración de la jornada y el rendimiento, expresado

en metros cúbicos por hora y por jornada. Además se incluye la carga física presentada como frecuencia cardíaca (FC) y como porcentaje de carga cardiovascular (CC) y el tiempo global que el arrumador dedica a las actividades principales (TP) y secundarias (TS).

TABLA 12. CARACTERISTICAS DEL RENDIMIENTO Y DEL NIVEL DE CARGA FÍSICA PARA LA ACTIVIDAD ARRUMADOR.

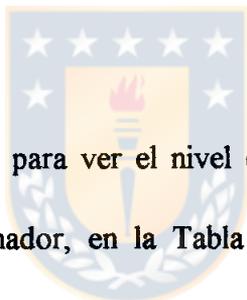
Variable	Unidad	x	DE	Rango		CV (%)
Dur. jorn.	hr	7.61	0.75	6.43	8.53	9.86
Volumen	m ³ /hr	12.45	2.74	7.50	16.65	22.01
Volumen	m ³ /jorn.	94.74	16.85	63.95	116.58	18.01
FC	lat/min	95.10	6.00	87.50	105.50	6.31
CC	%	25.40	4.33	19.90	33.00	17.05
TP	%	74.50	11.10	61.40	88.90	14.90
TS	%	25.50	11.10	11.00	38.60	43.53

La duración de la jornada de trabajo arroja un valor medio de 7.61 horas con una variabilidad bastante aceptable de sólo 9.86%. De este tiempo el 74.50% (5.65 hrs) se dedica a las actividades principales, comportamiento similar a los demás puestos de trabajo.

El rendimiento del arrumador, como apoyo de la máquina, fue de 12.45 m³/hr y de 94.74 m³/jornada. El nivel de carga física, alcanzado por el arrumador en su tarea para lograr el

rendimiento señalado, está dado por la frecuencia cardíaca media la que fue de 95.10 lat/min con una variabilidad de 6.31%. La carga cardiovascular, en tanto, arrojó una media de 25.40% con un valor extremo de sólo 33.00% y un coeficiente de variación de 17.05%.

Es importante señalar que para tratar de explicar los valores precedentes, tanto de las medias como de las variabilidades, debemos necesariamente pasar por el análisis del madereo, por las razones ya expuestas.



Para un análisis más detallado y para ver el nivel de esfuerzo que se alcanza en cada actividad realizada por el arrumador, en la Tabla 13 se resume el promedio (\bar{x}), la desviación estándar (D.E.) y el coeficiente de variación (C.V.) para el tiempo dedicado por éste a las actividades principales (TP) y secundarias (TS) y la frecuencia cardíaca para el desarrollo de cada una de sus actividades.

Se observa claramente que el arrumado en sí ocupa el 67.20% del tiempo total con 5.11 horas.

TABLA 13. DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO Y FRECUENCIA CARDÍACA MEDIA DURANTE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES Y SECUNDARIAS REALIZADAS POR EL ARRUMADOR.

	Unidad	x	DE	CV (%)	% Tiempo
Distribución del tiempo :					
Actividades principales :					
Preparación	hr/jorn	0.12	0.60	500.00	1.80
Arrumado	hr/jorn	5.11	0.61	11.94	67.20
Desplazamiento	hr/jorn	0.25	0.18	72.00	3.30
Otros	hr/jorn	0.16	0.30	187.50	2.10
Actividades secundarias :					
Materiales	hr/jorn	0.03	0.00	0.00	0.04
Personales	hr/jorn	0.00	0.00	0.00	0.00
Esperas	hr/jorn	0.43	0.42	97.67	5.70
Detenciones	hr/jorn	1.37	0.81	59.12	18.00
Limpieza	hr/jorn	0.13	0.02	15.38	1.70
Frecuencia cardíaca :					
Actividades principales :					
Preparación	lat/min	92.00	11.60	12.61	
Arrumado	lat/min	101.00	4.10	4.06	
Desplazamiento	lat/min	94.00	3.40	3.62	
Otros	lat/min	99.00	5.70	5.78	
Actividades secundarias :					
Materiales	lat/min	85.00	0.00	0.00	
Personales	lat/min	0.00	0.00	0.00	
Esperas	lat/min	88.00	9.90	11.25	
Detenciones	lat/min	74.00	5.05	6.82	
Limpieza	lat/min	98.00	20.90	21.33	

De los tiempos secundarios destaca que de un total de 1.97 horas, 1.37 horas sean detenciones con un coeficiente de variación de 59.12%. La frecuencia cardíaca media correspondiente a la actividad arrumado fue de 101.00 lat/min, valor que ponderado por el tiempo dedicado a ésta influye significativamente en el valor de la media. Por el contrario, la frecuencia cardíaca media del item detenciones fue de 74.00 lat/min la que ponderado por el tiempo de esta actividad también influye notoriamente en el nivel de carga física del arrumador, pero en sentido opuesto.

5.4 Madereo.

Es importante recordar que en esta actividad el individuo que opera la máquina no forma parte de la cuadrilla de estudios, sin embargo a él se le integró como uno más con el propósito de configurar un equipo de trabajo compacto. Es importante señalar también que en esta parte del ciclo no se determinó el esfuerzo físico del trabajador ya que el rendimiento en esta tarea no se asocia al incremento en el esfuerzo del individuo por tratarse de un trabajo mecanizado. Por consiguiente, no hay registro de frecuencia cardíaca.

En la Tabla 14 se resume el Promedio (\bar{x}), la desviación estándar (D.E.), el rango y el coeficiente de variación (C.V.) para la duración de la jornada y el rendimiento. Se

incluye también el tiempo global dedicado a las actividades principales (TP) y secundarias (TS) y las variables de terreno como la pendiente (P) y la distancia de madereo (DM).

TABLA 14. CARACTERISTICAS DEL RENDIMIENTO, DEL TIEMPO Y DE LAS VARIABLES DEL TERRENO PARA LA ACTIVIDAD MADEREO.

Variable	Unidad	\bar{x}	DE	Rango		CV (%)
Dur. jorn.	hr	7.53	1.05	5.65	9.03	13.94
Volumen	m ³ /hr	12.80	3.69	7.99	19.65	28.83
Volumen	m ³ /jorn	96.38	17.07	63.95	116.58	18.26
Volumen	m ³ /viaje	0.72	0.04	0.62	0.77	5.56
Viajes	viaje/hr	18.00	5.00	11.00	27.00	27.78
Viajes	viaje/jorn	130.00	20.00	102.00	158.00	15.38
TP	%	71.00	7.10	59.30	80.40	10.00
TS	%	29.00	7.10	19.60	40.70	24.48
P	%	5.10	3.00	2.00	10.50	58.82
DM	m	52.00	16.00	31.00	89.00	30.77

Como se puede observar en la Tabla 14, la jornada tuvo una duración media de 7.53 horas con un rango que va de 5.65 a 9.03 horas y un coeficiente de variación de sólo un 13.94%. Los tiempos secundarios en cambio presentan una variabilidad más alta con un 24.48%. El rendimiento logrado por el trineumático fue de 12.80 m³/hora con un alto coeficiente de variación. Llevado a la jornada, el rendimiento fue de 96.38 m³, pero con

un coeficiente de variación más bajo de 18.26%. Una situación similar ocurre cuando el volumen se expresa en viajes por hora y viajes por jornada. Respecto a los m^3 por viaje el comportamiento es diferente; el valor medio es de $0.72 m^3$ con un rango estrecho que va de 0.62 a $0.77 m^3/viaje$ y un coeficiente de variación de 5.56% lo que muestra en cierta forma una homogeneidad en la producción de cada viaje durante el madereo.

La pendiente media fue de sólo un 5.1% con un valor extremo de 10.50% y un coeficiente de variación de 58.82%. Los valores aquí presentados coinciden plenamente con la topografía en donde el Bell 220 ha demostrado ser altamente eficiente. La distancia de madereo media por su parte fue de 52.00 m con un valor extremo de 89.00 m y un coeficiente de variación de 30.77 %. La correlación entre el rendimiento de la máquina y la distancia de madereo no es significativa lo que se explica, en este caso en particular, por la abundancia de caminos y fajas presentes en el bosque permitiendo el arrumado en muchos lugares sin la necesidad de que la máquina recorriera grandes distancias.

Para un análisis más detallado, en la Tabla 15 se resume el promedio (\bar{x}), la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV) para el tiempo dedicado a cada actividad realizada por el trineumático. Como se puede observar, los tiempos promedio por jornada dedicados a viaje vacío, tiempo de carga y viaje cargado son muy similares y

oscilan alrededor de 1.50 horas/jornada, sus coeficientes de variaciones también son muy similares.

TABLA 15. DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE CADA ACTIVIDAD REALIZADA DURANTE EL MADEREO.

Variable	Unidad	x	DE	CV (%)	% Tiempo
Tiempo Principal.					
Viaje vacío	hr/jorn	1.45	0.24	16.55	19.30
Tiempo de carga	hr/jorn	1.52	0.23	15.13	20.30
Viaje cargado	hr/jorn	1.41	0.22	15.60	18.70
Tiempo de descarga	hr/jorn	0.71	0.15	21.13	9.40
Tiempo de traslado	hr/jorn	0.11	0.11	100.00	1.50
Otros	hr/jorn	0.21	0.19	90.48	2.10
Tiempo Secundario.					
Esperas	hr/jorn	0.10	0.16	160.00	2.30
Detenciones	hr/jorn	1.52	0.88	57.89	20.20
Materiales	hr/jorn	0.46	0.35	76.09	6.10
Personales	hr/jorn	0.04	0.01	25.00	0.05
Generales	hr/jorn	0.00	0.00	0.00	0.00

De los tiempos secundarios destaca que el ítem detenciones ocupe el 20.20% del tiempo total (1.52 hr/jor.) con un alto coeficiente de variación de 57.89%. Parte de esto tiene su explicación en desperfectos frecuentes de la máquina durante parte de la faena, provocados por aumentos excesivos de la temperatura del trineumático, debiendo detenerse cada cierto tiempo. Sin embargo, la máquina no tuvo problemas en el

madereo. Esto más allá de explicar la causa del problema, sirve para ilustrar que la discontinuidad en este puesto de trabajo repercute directamente en el arrumador como ya se vio en los tiempos secundarios de éste. Además, esta situación justifica en parte importante que la carga cardiovascular se ubicara sólo en un 24.5% para el caso del arrumador, actividad que dentro del conjunto es la única que se puede considerar liviana.

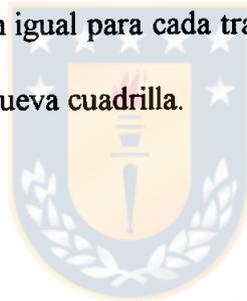
5.5 Análisis General.

El análisis individual de cada puesto de trabajo, componente del raleo comercial mecanizado en estudio, permitió predecir los resultados que se muestran en la Tabla 16.

TABLA 16. NUMERO DE TRABAJADORES REQUERIDOS POR PUESTO DE TRABAJO SEGUN EL RENDIMIENTO DE LA MAQUINA (m³/hr) Y AQUELLOS QUE ESTOS PUEDEN ALCANZAR (m³/hr) BAJO DIFERENTES NIVELES DE CARGA FISICA (%CC).

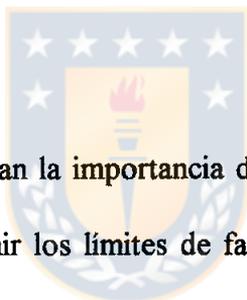
DAP promedio de 20 cm y Pendiente media de 5%								
%CC	Motosierristas			Engavilladores			Arrum.	Bell
	30	35	40	30	35	40		
Rendimiento (m ³ /hr)	1.55	1.72	1.88	2.49	2.69	2.89	12.80	12.80
Trabajadores	8	8	7	5	5	4	1	
Rendimiento (m ³ /hr)	1.55	1.72	1.88	2.49	2.69	2.89	15.00	15.00
Trabajadores	10	9	8	6	6	5	1	

La Tabla 16 expone diferentes cuadrillas que se pueden formar cuando se esperan distintos rendimientos para la máquina. De esta manera si se considera un diámetro a la altura del pecho promedio de 20 centímetros y pendiente media de aproximadamente 5%, para rodales de características similares a las descritas en este estudio, se puede estimar en forma aproximada el número de trabajadores para una faena de raleo mecanizado con trineumático, es decir, motosierristas y engavilladores, dividiendo el rendimiento del trineumático por el volumen que pueden lograr dichos trabajadores. Para el análisis este número se aproximó a valores enteros de personas. Estos volúmenes se estiman a través de las funciones determinadas para cada caso en particular. Si bien son volúmenes medios que se asumen igual para cada trabajador, esto permite tener una idea de cómo conformar una posible nueva cuadrilla.



Así, conforme con la información contenida en la Tabla 16, si se considera que la máquina produce $12.80 \text{ m}^3/\text{hora}$, para satisfacer este requerimiento se analizan tres posibilidades cuyos extremos son, trabajar al 30 %CC con 8 motosierristas, 5 engavilladores y un arrumador, o bien, si para el mismo requerimiento de la máquina, los individuos se esfuerzan hasta un 40 %CC considerar 7 motosierristas, 4 engavilladores y un arrumador. Análogamente, si la máquina produce $15 \text{ m}^3/\text{hora}$, se debería considerar a 10 motosierristas, 6 engavilladores y un arrumador trabajando al 30 %CC, pero si el trabajo se realiza al 40 %CC se debería pensar en 8 motosierristas, 5 engavilladores y un arrumador.

De acuerdo al análisis anterior, si se considera un rendimiento promedio de 15.00 m³/hr cuando se trabaja con trineumático, lo óptimo sería optar por el menor número de operarios, es decir, debería pensarse en una forma de organización del trabajo en que 5 engavilladores se integren con 8 motosierristas. Si la máquina permite un mayor rendimiento y se incorporan más trabajadores, debería considerarse a 2 engavilladores por cada 3 motosierristas. Estas cifras son aproximadas, pero todo parece indicar que un engavillador por cada 2 motosierristas, trabajando estos últimos en forma óptima, que es la configuración que se evaluó, no es la más recomendable, ya que como se dijo anteriormente, éstos deberían realizar un esfuerzo de aproximadamente un 60 %CC.



Los resultados precedentes reflejan la importancia de conocer la capacidad física de los trabajadores. Esto permite definir los límites de fatiga, para sobre esa base, encontrar individuos capaces de cumplir con las metas de producción, sin fatigarse. Este diseño debe ser capaz de otorgar a la persona la posibilidad real de optar a un mejor nivel de salario. Por ende entonces si se toman como referencia los resultados obtenidos en este estudio, la planificación y organización de las distintas tareas, debería considerar como base un rendimiento menor a 1.88 m³/hora y 2.89 m³/hora para los motosierristas y engavilladores, respectivamente. De modo que los trabajadores sientan que al realizar un mayor esfuerzo significará un mayor aliciente económico para ellos.

No es fácil fijar el rendimiento que sirva de punto de partida para planificar una determinada faena y así asignar los recursos económicos necesarios para su puesta en marcha. Sin embargo, por la experiencia de otros estudios, se ha venido sosteniendo que para jornadas de 8 horas y en trabajos dinámicos como éste, una buena forma de motivar a los trabajadores sería calcular el salario base, considerando el rendimiento posible de obtener trabajando en promedio al 30 %CC y establecer primas para el rendimiento que se obtenga por sobre este nivel, tomando en cuenta que no es conveniente que las personas se exijan más allá del 40% de su capacidad evitando de esta forma accidentes y trabajos de mala calidad, este último, factor esencial para mantenerse en un mercado que se torna cada vez más competitivo.



Es importante señalar por último que el análisis hecho hasta ahora deja de manifiesto como la fisiología y el estudio del trabajo entregan importantes elementos, para la estructuración y desarrollo de programas orientados al estudio de las condiciones del trabajo. Este estudio permite resultados más objetivos cuando la investigación se realiza sobre la base de cuadrillas experimentales, ya que permite orientar el proceso productivo hacia la búsqueda de formas de trabajo más eficientes, de modo de utilizar de la mejor manera posible las capacidades de los trabajadores, protegiéndolos de riesgos y permitiendo una óptima productividad.

VI CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir y recomendar lo siguiente :

- El rendimiento promedio de los motosierristas puede estimarse a partir del diámetro a la altura del pecho (DAP) y del porcentaje de carga cardiovascular (%CC). Para los engavilladores el rendimiento queda explicado por el porcentaje de carga cardiovascular (%CC) y por la pendiente expresada como Log P.



- En una condición media de rodal, en época de verano y en terrenos de poca pendiente y escabrosidad media, 8 motosierristas motivados podrían producir cerca de 15.00 m³/hora.

- De acuerdo al nivel de carga física que alcanzaron los trabajadores para el logro de los distintos rendimientos, se puede señalar que para los motosierristas y para los engavilladores el porcentaje de carga cardiovascular (%CC) está indicando que éstas son actividades moderadamente pesadas.

RECOMENDACIONES

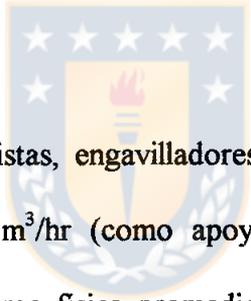
- Se recomienda que para obtener cifras cercanas a 15.00 m³/hora, trabajando en gavillas y con trineumático, 8 motosierristas se integren con 5 engavilladores. Si el tipo de máquina utilizada permite mayores rendimientos, se debería calcular el rendimiento de los motosierristas con la ecuación propuesta e incorporar 2 engavilladores por cada 3 motosierristas que se requieran.

- Junto con la recomendación de una nueva configuración de cuadrilla se sugiere también, para la nueva organización de trabajo, reestudiar la frecuencia y duración de las pausas de modo que éstas contribuyan a mantener la carga física del trabajador dentro de valores aceptables de esfuerzo para asegurar la integridad de éste.

- Por último, tratar de validar las funciones propuestas, y realizar nuevos estudios en situaciones de rodal diferentes a las evaluadas en esta oportunidad.

VII RESUMEN

Con el propósito de avanzar en la determinación de estándares de rendimiento para faenas de raleo comercial, a través de la determinación de funciones simples en donde se integren, en lo posible, variables del sujeto, del rodal, del terreno y del clima, se evaluó a una cuadrilla de trabajo integrada por 8 motosierristas, 4 engavilladores, un arrumador y un operador de trineumático. El trabajo se realizó en rodales de *Pinus radiata* D. Don de 11 años de edad, en temporada de verano y en terrenos con pendientes entre 0 y 10%.



El rendimiento de los motosierristas, engavilladores, arrumador y trineumático fue de 1.81 m³/hr, 2.82 m³/hr, 12.45 m³/hr (como apoyo de la máquina) y 12.80 m³/hr, respectivamente. El nivel de carga física promedio para los motosierristas fue de 36 %CC, para los engavilladores de 34.1 %CC y para el arrumador de 25.4 %CC. Basados en estos resultados y en las funciones de rendimiento determinadas se concluyó que, la configuración de cuadrilla utilizada no es la más recomendable, si se considera que el Bell-220 es una máquina muy rápida y que trabajando normalmente puede alcanzar sin problema rendimientos del orden de los 15 m³/hr. En consecuencia se recomienda modificar el número de trabajadores aumentando a 2 engavilladores por cada 3 motosierristas permitiendo así que el trabajador realice su trabajo con un nivel de exigencia cercano al 40 %CC que es el límite más alto aceptable para este tipo de tareas.

SUMMARY

The aim of the present study was to obtain information on standard performance in commercial thinning considering the difficulties imposed by the trees, the climate, the ground and the work load that the labourers could sustain without fatigue. The study crew was organized with eight power saw operators, 4 workers manually piling logs, one labourer helping to load the lorry and one operator driving a Bell-220. The research was carried out in a plantation forest of *Pinus radiata* D. Don, aged 11 years, in summer time in grounds with slopes between 0 and 10%.



The average output of the power saw operators, for the workers arranging piles, the lorry loader and the Bell-220 operator were 1.81 m³/hr, 2.82 m³/hr, 12.45 m³/hr and 12.80 m³/hr respectively. The level of work load was 36.0%, 34.1% and 25.4% cardiovascular load for the first three types of workers. On the basis of these results and on the equations for standard performance determined in the study it was concluded that the organization of the crew was not the most advisable to make good use of the machine; the Bell-220 is a fast machine able to reach an output close to 15 m³/hr. As it was found that the “bottle-neck” was the number of pilers, it was proposed to increase their number to two for every three power saw operators. This will allow to increase the performance of the crew to make better use of the machine.

VIII BIBLIOGRAFIA

1. Apud, E. 1979. Anthropometry, work capacity and body composition of Chilean forestry workers. 5 th Join Ergonomics Symposium, Wagwningen, Holanda.
2. -----, 1987. Aspectos metodológicos y aplicaciones de la Ergonomía Forestal. Seminario sobre Ergonomía Forestal. Corporación Nacional Forestal. Concepción, Chile.
3. Apud, E., M. Chiang, F. Maureira y M. Gutierrez. 1993. Criterios de aptitud física y psicológica para la selección de trabajadores forestales. Informe N° 8. Grupo de Producción Forestal. Fundación Chile-Empresas Forestales. Concepción, Chile.
4. Apud, E. y S. Valdés, 1993. Ergonomía en el Sector Forestal Chileno. UNASYLVA (44): 31-37.
5. -----, 1995. Ergonomics in forestry: The Chilean case. Geneva, International Labour Office.

6. Astrand, P.O. and K. Rodahl, 1977. Textbook of Work Physiology. Mc Graw Hill Book Company, New York.
7. Becker, J. 1989. Nuevas Técnicas y Equipos de cosecha a utilizar en el mediano plazo. En Actas del II Taller de Producción Forestal, Fundación Chile (ed.). Concepción, Chile.
8. Becker, J., R. Koller, J. Alvarez y G. Schalchli. 1987. Plan Piloto en raleo. En Actas del II Taller de Producción Forestal, Fundación Chile (ed.). Concepción, Chile.
9. Berggren, G. and H.E. Christensen. 1950. Heart rate and body temperature as indices of metabolic rate during work. *Arbeitphysiol* (14):255.
10. Durnin, J.V.G.A. and J. Womersley. 1974. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfolds thickness: measurements on 481 men and women from 16 to 72 years. *Brit. J. nutr.* (32):77.
11. Maritz, J.S., J.F. Morrison, J. Peter, N.B Strydom, and C.H. Wyndham. 1961. A practical method of estimating individual's maximal oxygen uptake. *Ergonomics.* (4):97.

12. Mc Ardle, W.D., F.I. Karch and V.L. Karch. 1981. *Excercise Physiology*. Lea Febiger, Philadelphia.
13. Murrel, K.F.H. 1969. *Ergonomics*. Chapman and Hall, London.
14. OIT. 1992. *Fitting the job to-the forest worker: An illustrated training manual on ergonomics*. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo.
15. Serón, J. 1988. *Raleos mecanizados, Experiencia y Sistemas*. En *Actas del I Taller de Producción Forestal*, Fundación Chile (ed.). Concepción, Chile.
16. Steel, R y J. Torrie, 1988. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. México.
17. Vega, J., E. Apud and S. Valdés. 1991. *Metodologías de estudios técnico-ergonómicos*. Informe Técnico, Subgerencia Técnica, Departamento de Proyectos. Forestal Millalemu S.A. Chillán, Chile.

IX APENDICE

TABLA 1A. PRESENTACION DE FUNCIONES DE RENDIMIENTO QUE EL PROGRAMA COMPUTACIONAL SAS ARROJO COMO SIGNIFICATIVAS PARA LOS MOTOSIERRISTAS.

Función 1a.

$$RH = 3.606 + 0.004 * (DAP * \%CC) - 5.430E^{-24} * e^{\%CC} - 1.249 * \text{Log} (\%CC)$$

Indicadores Estadísticos.

$$R = 0.857$$

$$R2 = 0.735$$

$$EEE = 0.361$$

Función 2a.

$$RH = -1.876 + 0.003 * (DAP)^2 + 0.407 * (\%CC)^{1/2}$$

Indicadores Estadísticos.

$$R = 0.841$$

$$R2 = 0.707$$

$$EE = 0.382$$

Función 3a.

$$RH = -0.085 + 0.003 * (DAP * \%CC) - 5.422 E^{-24} * e^{\%CC}$$

Indicadores Estadísticos.

$$R = 0.845$$

$$R2 = 0.714$$

$$EE = 0.698$$

X ANEXOS

TABLA 1B. ANTECEDENTES DEL RODAL PRE-INTERVENCION. RALEO COMERCIAL. VARIABLES AMBIENTALES (MODALES) Y DASOMETRICAS (PROMEDIO).

Variable	Unidad	Sección 7 Rodal 2	Sección 5 Rodal 2
Sotobosque : Especie		Zarzamora	Zarzamora
Altura	m	2.0	2.2
Cobertura	%	42.0	18.0
Pendiente	%	10.0	9.0
Exposición		Suroeste	Plano
Posición		Ladera	Ladera
Textura		Arcilloso	Fco arcilloso
Erosión		Laminar leve	Laminar leve
Accesibilidad		Sólo verano	Todo el año
Superficie	ha	58.9	62.6
Nº de parcelas	n	8.0	15.0
Edad	año	10.0	11.0
Índice de sitio	m	36.7	37.9
Altura 100	m	20.5	23.4
Nº árboles	árb/ha	1135	1024
Area basal	m ² /ha	37.7	38.6
Diámetro medio	cm	20.6	21.9
Volumen	m ³ /ha	243.4	300.8
Arb. que quedan	árb/ha	615.0	448.0
Arb. que salen	árb/ha	520.0	576.0

EXISTENCIAS SECCION 7. RODAL 2.

Producto	Volumen (m ³ /ha)	Nº de trozos (por ha)	Volumen (m ³)	Total trozas
Aserrable	101.4	825	5972.5	48592
Pulpable	92.1	3355	5424.7	197610
Total	193.5	4180	11397.2	246202

EXISTENCIAS SECCION 5. RODAL 2.

Producto	Volumen (m ³ /ha)	Nº de trozos (por ha)	Volumen (m ³)	Total trozas
Aserrable	106.2	701	6648.1	43883
Pulpable	124.1	3043	7768.7	190492
Leña	33.3	2179	2084.6	136405
Total	263.6	5923	16501.4	370780

Fuente : Programa Raleo Comercial predio Agua Fría y Lomas Gatica Subgerencia de Producción. Dpto de Planificación. Octubre 1991.

