

# SELECCIÓN DE MAQUINARIA PARA LA OPERACIÓN DE DERRIBO EN BOSQUES DE CONÍFERAS

## EQUIPMENT SELECTION FOR THE FELLING OPERATION ON HARDWOOD FORESTS

Mario Alberto Villagómez Loza<sup>1</sup>

### RESUMEN

En las operaciones de abastecimiento forestal se tienen las tareas más pesadas y los consumos de calorías más elevados, lo que influye directamente en el vigor físico de los trabajadores, ya que consumen de 5,000 a 6,000 Kcal día<sup>-1</sup>, cifra que al compararse con las actividades de oficina (2,000 a 3,000 Kcal día<sup>-1</sup>), construcción y agricultura (4,000 a 5,000 Kcal día<sup>-1</sup>) evidencia su importancia, con respecto al esfuerzo físico necesario para su ejecución. Las características de la maquinaria empleada para los trabajos en bosques de coníferas no corresponden, en la mayoría de los casos, a las dimensiones del arbolado, de manera que se utilizan motosierras de altas especificaciones (peso y longitud de barra) y costos de adquisición, lo cual influye, fuertemente, en el esfuerzo físico que se requiere para llevar a cabo dicha operación. El objetivo del presente estudio fue medir el rendimiento, el costo y la carga fisiológica del trabajador al efectuar el derribo de coníferas con motosierras de diferente peso. Se determinó que para los modelos evaluados el rendimiento fue el mismo, mientras que el costo por unidad de producción y la carga fisiológica sobre el operador resultaron superiores con el equipo de mayor peso, lo que afectó la distribución del rendimiento durante la jornada de trabajo.

**Palabras clave:** Abastecimiento forestal, carga fisiológica, derribo, esfuerzo físico, motosierra, multimomento.

### ABSTRACT

In harvesting are involved the heaviest tasks with the highest energy demands (5,000 to 6,000 Kcal day<sup>-1</sup>) for the worker, compared to other activities like office work (2,000 to 3,000 Kcal day<sup>-1</sup>), agriculture or construction (4000 to 5000 Kcal day<sup>-1</sup>), which underlines its importance in terms of the physical effort demanded for its accomplishment. The properties of the machines used in hardwoods, mostly, do not match the dimensions of the trees, thus, power saw specifications for felling operations commonly used in the mountains are bigger (and more expensive) than those really needed, which results in a greater physical effort required from the forest worker. This study was conducted to measure production, cost and work load when the operator used two models of power saw with different weight. Results show that production is the same in the felling activity with both equipments, but not so the cost and the work load, because these two variables are higher when the worker deals with felling activities using the heaviest power saw along the working day.

**Key words:** Logging, physiological load, timber felling, physical effort, power chain saw, multimoment.

Fecha de recepción: 20 de mayo de 2010.

Fecha de aceptación: 18 de marzo de 2011.

---

<sup>1</sup> Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC, A. C.). Correo-e: mvillagomez@ciatec.mx

## INTRODUCCIÓN

El abastecimiento forestal es el conjunto de procesos continuos, dependientes y complementarios que tienen como objetivo final asegurar la entrega de materia prima a los centros de transformación, a partir de árboles en pie (Cárdenas, 1980). En este contexto el derribo juega un papel significativo, ya que su eficiencia garantiza el éxito en la extracción de los productos del bosque, durante las operaciones de arrime, carga y el transporte de trocería. De acuerdo con Apud (1976), en las actividades antes enunciadas se realizan las tareas más pesadas y, por consiguiente, se ejerce el mayor consumo de calorías (5,000 a 6,000 Kcal día<sup>-1</sup>), lo que a su vez influye de manera directa en el rendimiento físico de los trabajadores. Si se compara dicho desgaste con las actividades de oficina (2,000 a 3,000 Kcal día<sup>-1</sup>), construcción y agricultura 4,000 a 5,000 Kcal día<sup>-1</sup>) se aprecia su importancia.

El diagnóstico de las operaciones de abastecimiento en el estado de Michoacán indica un aumento en el uso de motosierra, pero sus características no corresponden, en la mayoría de los casos, a las dimensiones del arbolado, de manera que se sobreutilizan en peso, longitud de barra y costo, aspectos que inciden de manera directa en la rentabilidad y el esfuerzo físico necesario para efectuar el trabajo. Por ello se recomienda compararlos con derribos hechos con motosierras de bajo peso para determinar rendimiento, costo por metro cúbico y esfuerzo físico del operario (Villagómez y Gómez, 1987).

Frahuenholz (1982) determina que el propósito del estudio de trabajo es incrementar la productividad de la empresa, a partir de las capacidades y necesidades de los trabajadores (mayor rendimiento con menor esfuerzo físico en un período de tiempo corto), o bien, a través de la mecanización (uso correcto de la maquinaria en el momento y lugar). El tiempo juega un papel preponderante en la organización del trabajo, ya que se usa para medir su eficiencia; así mismo, es el fundamento para determinar normas y mejoras.

A su vez, Rowan (1967) especifica que los beneficios de los estudios del trabajo son de dos clases: directos e indirectos. Los primeros pueden evaluarse en términos económicos, al comparar los ahorros logrados contra el costo de los mismos. Los segundos no son fáciles de medir, pues se refieren a los esfuerzos dirigidos a conservar la salud de los trabajadores.

El presente documento tiene como propósito brindar una metodología para el estudio del trabajo, con base en el cronometraje de multimomento (estudio de tiempos), el cálculo del costo por metro cúbico, la medición de la carga fisiológica del operador y la determinación de la producción por día-hombre y de los rendimientos del derribo.

## INTRODUCTION

Logging is the group of continuous processes, depending and complimentary whose final purpose is to guarantee the surplus of raw material to the transformation centers from standing trees (Cárdenas, 1980). In this context, felling plays a significant role since its efficiency assures that the extraction of products from forests is successful, during the hauling, loading and transportation of logs. According to Apud (1976) in the former activities the hardest tasks are performed, and thus, the greatest calorie consumption takes place (5000 to 6000 Kcal day<sup>-1</sup>), which directly affects the physical yield of workers. If this personal wear out is compared to office work (2000 to 3000 Kcal day<sup>-1</sup>), building and agriculture (4000 to 5000 Kcal day<sup>-1</sup>) it is better understood.

The diagnosis of logging operations in Michoacán State indicates an increment in the use of power saw, but their properties do not fit, in most cases, the dimensions of trees, in such a way that they are overused in terms of weight, rail length and costs, facts that directly affect the profit and necessary physical effort to accomplish the task. Thus, it is advisable to compare them with fellings made with low weight power saws to determine yield, cubic meter cost and physical effort of the operator (Villagómez and Gómez, 1987).

Frahuenholz (1982) declared that the aim of the work study is to raise the productivity of a company, from the abilities and needs of the workers (higher yield with a smaller physical effort in a short time) or else, through mechanization (the correct use of machines in time and place). Time plays a major role in the organization of work since it is used to measure its efficiency; also, it is basic to establish regulations and improvements.

Rowan (1967) was specific about the benefits that work studies have, which are of two kinds: direct and indirect. The first can be assessed in economic terms, by comparing the savings obtained against their cost. The second are not easy to calculate, since they refer to the efforts made to preserve the workers' health.

The aim of the actual document is to provide a methodology for work study, based upon the multimoment timing (time study), the calculus of the cost per cubic meter, the measure of the physiological load of the operator and the determination of the man-day production and of felling yields.

San Juan Nuevo Indian Community, Nuevo Parangaricutiro municipality, Michoacán State, has 19, 121 ha and is located between 102° 00' and 102° 30' West and 19° 10' and 19° 30' North. According to Köppen classification adjusted by García (1964), the weather is of the (A) C (W<sub>2</sub>)(w)b (i)g type, which is semiwarm, the warmest of the temperate, with 18°C as average annual temperature, absolute maximum temperature

La Comunidad Indígena de San Juan Nuevo, municipio Nuevo Parangaricutiro, Michoacán cuenta con una superficie de 19,121 ha y se ubica entre los meridianos 102° 00' y 102° 30' de longitud oeste y los paralelos 19° 10' y 19° 30' de latitud norte. De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1964) el clima es del tipo (A) C (W<sub>2</sub>)(w)b (ig), que se caracteriza por ser semicálido, el más cálido de los templados, con temperatura media anual de 18 °C; la temperatura máxima absoluta de 35 °C y la mínima absoluta de 5.0 °C. La precipitación pluvial es de 1,400 mm.

La vegetación predominante corresponde a bosque de pino-encino, con dominancia del primero y cuyas especies son: *Pinus leiophylla* Shiede ex Schltdl. et Cham, *P. lawsonii* Roehl ex Gordon, *P. douglasiana* Martínez y *P. michoacana* Martínez; *Quercus candicans* Née, *Q. laurina* Bonpl. y *Arbutus xalapensis* Kunth.

Se practica el Método Mexicano de Ordenación de Montes que considera la práctica de cortas intermedias para mantener una estructura irregular y fomentar el renuevo. Los aprovechamientos son intervenciones de selección para cosechar los árboles maduros y liberar, al mismo tiempo, aquéllos que corresponden a las clases diamétricas inferiores (FAO, 2004). Se consideran el volumen en pie (200m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) y los incrementos de las masas para un ciclo de corta de 10 años para realizar intervenciones con una intensidad de 27%, en promedio, de conformidad con el Programa de Manejo.

El método de abastecimiento empleado fue para trocería corta (1.5 a 6.0 m), el cual se recomienda para masas disetáneas en terrenos con problemas de protección (Skogsarbeten, 1983).

La Secretaría de Caminos y Transportes (SCT, 2003) destaca que en la actividad forestal la planeación de los caminos es la etapa en la cual los errores son más costosos, permanentes y en ocasiones irreversibles. Un camino mal planeado tendrá un trazo deficiente, será un error visible a la crítica de todo el mundo, por lo que se deberán analizar todos los aspectos posibles antes de su construcción, a fin de que sean evaluados por especialistas calificados y experimentados en todas aquellas disciplinas que interactúan con la Dasonomía. Así mismo, es importante involucrar al personal local, conocedor de las peculiaridades del área forestal en cuestión. La SCT (2003) indica que a medida que la red de caminos crece, la extracción resulta más económica, ya que los costos de arrime disminuyen y, por lo contrario, si es insuficiente, la inversión es menor, pero los costos de arrime incrementan el precio final del producto, porque se adicionan los de transporte, industrialización y comercialización.

De acuerdo con Vera (1982), hay dos tipos de caminos:

a) Caminos secundarios.- Son transitables todo el tiempo por

of 35 °C and the absolute minimum of 5°C. Precipitation is 1400 mm.

Dominant vegetation belongs to the pine-oak forest, dominating the first; the associated species were: *Pinus leiophylla* Shiede ex Schltdl. et Cham, *P. lawsonii* Roehl ex Gordon, *P. douglasiana* Martínez and *P. michoacana* Martínez; *Quercus candicans* Née, *Q. laurina* Bonpl. and *Arbutus xalapensis* Kunth.

The Mount Ordering Mexican Method is practiced here and it consists of in-between cuttings to keep an irregular structure and promote natural regeneration. Cuttings are selection interventions to harvest mature trees and, at the same time, to free those that belong to lower diametric classes (FAO, 2004). It considers standing volume (200m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) and the mass increments for a cutting cycle of ten years to apply interventions with an average intensity of 27%, according to the Management Program.

The logging method that was used was for short pieces (1.5 a 6.0 m), which is recommended for uneven-aged lands with protection problems (Skogsarbeten, 1983).

The Ministry of Roads and Transportation (SCT, 2003) points out that in forest activity, road planning is the stage in which mistakes are more expensive, permanent and, some times, irreversible. A road badly planned will have a deficient design and will be an error open to criticism from everywhere; this makes it mandatory to analyze all the possible details before it is constructed, in order to have them assessed by qualified and experienced specialists in all areas that interact with Forest Science. Also, it is important to involve the local people, who know the peculiarities of the forest zone. SCT (2003) indicates that in so far as the road network grows, extraction becomes easier, since hauling efforts diminish and, on the contrary, if it is insufficient, the investment is smaller, but the dragging costs rise the final price of the product since they add those of transportation, industrialization and commercialization.

According to Vera (1982), there are two types of roads:

- a) Secondary roads.- They are passable all the time since they are covered and have minimum works, they have a width of 4.0 to 6.0 m; maximal slopes against load are 10%, and in favor, 10 to 14%.
- b) Take-out pathways.- They lack covering, thus they are passable during drought times. Their width is 4.0 m and the highest slopes against load are of 10% and in favor, from 14 to 18%.

Density and road spacing.- The road network that exists is very small in regard to the total area, which allows markings to be

estar revestidos y tener el mínimo de obras con un ancho de plantilla de 4.0 a 6.0 m, las pendientes máximas en contra de la carga son de 10% y a favor de 10 a 14%.

- b) Brechas de saca.- Carecen de revestimiento, por lo que son transitables solo en la época de secas. Tienen un ancho de plantilla es de 4.0 m y sus pendientes máximas en contra de la carga son de 10% y a favor de 14 a 18%.

Densidad y espaciamento de caminos.- La red de caminos existente es mínima con relación a la superficie total, por lo que los markeos se realizan, preferentemente, donde hay caminos. La densidad es de 5 m ha<sup>-1</sup> y el espaciamento varía de 100 a 300 m, en función de las distancias de arrime, la topografía del terreno y la presencia de roca.

Tipos de productos.- Dentro del sistema de abastecimiento de trocería corta se obtienen:

Trozo corto de 2.44 m y 4.88 m de largo más el refuerzo (0.15 m). Se usa para madera aserrada.

Trocito de 0.72 m de longitud. Se emplea para caja de empaque.

Brazuelo 1.00 a 1.50 m de largo. Se destina como materia prima de celulósico.

Derribo.- Durante esta operación el árbol se apea, desrama y trocea con motosierra Homelite 1050. Se asignan dos equipos por motogrúa adaptada para el jalón libre de fustes y equipada con motor diesel Perkins, los cuales se integran por un operador y de uno a cuatro estibadores para el acomodo de las trozas a "bordo de brecha" y para la cubicación del volumen de las trozas.

Arrime.- La operación se hace con motogrúa, mediante el método de jalón libre, la distancia de arrastre de la trocería varía de 50 a 200 m. El personal involucrado es el operador y tres "gancheros", quienes llevan y amarran el cable hasta la madera en rollo derribada, posteriormente, conducen las trozas al "bordo de brecha", donde se ubica el equipo de extracción.

Manipulación.- Actividad que comprende la carga y descarga de troza corta, trocito y brazuelo para celulósico. Para el primer producto se utiliza motogrúa, mientras que en los subsecuentes el proceso es manual.

Transporte.- Depende de las características de la madera, las especies y el tipo de producto. Puede emplearse camión "rabón" o "torton" con capacidades de 7 a 12 m<sup>3</sup> y 15 a 20 m<sup>3</sup>, respectivamente. La distancia promedio de transporte del monte al patio es de 10 a 20 km; sin embargo, cuando el producto es brazuelo se emplean furgones de 40 a 45 m<sup>3</sup>, ya que

made, preferably, where there are roads. Density is 5 m ha<sup>-1</sup> and spacing varies from 100 to 300 m, which depends of dragging, land topography and rocks.

Types of products.- From the logging for small pieces are found the following products:

Short piece of 2.44 m and 4.88 m long plus the reinforcement (0.15 m). It is used for lumber.

Chip 0.72 m long. It is used for packing boxes.

Branchlets 1.00 a 1.50 m long. It is used as raw material for cellulose.

Felling.- During this operation, the tree is put down, its branches are removed and it is cut into pieces with a 1050 Homelite power saw. Two crews were assigned per motorcrane adapted for the free pulling of trunks and equipped by a diesel Perkins motor, which are made up by an operator and from 1 to 4 dockers to order the logs "on the roadside of the pathways" and for the cubication of the volume of the logs.

Dragging.- The operation is made with a motorcrane, by the free pull method; the dragging distance of logs varies from 50 to 200 m. The personnel here involved are the operator and three "hookers", who take and tie up the cable up to the felled roundwood; later, they take the logs at the border of the pathways, where the extraction crew is located.

Handling.- This activity includes loading and unloading of short log, chips and branchlets for cellulose. For the first product the motorcrane is used, while in the following the process is by hand.

Transportation.- It depends on the properties of wood, the species and the type of product. A 7 to 12 m<sup>3</sup> simple truck and a 15 to 20 m<sup>3</sup> Torton may be used. The average transportation distance from the mountain to the yard is 10 to 20 km; however, when the product is branchlets, 40 a 45 m<sup>3</sup> vans, since they cover a 130 km distance as their final destination is Morelia city.

### Sequence of the felling task

Preparation.- At the beginning of the working day, the operator takes a look at the gas tank and the oil deposit of the machine, so that they fit the capacity of the design. Afterwards, he starts the power saw and leaves it working from 5 to 10 min in order to heat the motor. In a fast survey, he checks if the closest tree is marked. He goes back to the equipment, accelerates and confirms that the chain is properly lubricated; he turns it off to correct it by a crossbeam and fit the sharpening of the chain teeth and the tension in regard to the rail.

recorren una distancia de 130 km, pues su destino es la ciudad de Morelia.

### Secuencia de trabajo en derribo

Preparación.- Al inicio de la jornada el operador revisa que el tanque de gasolina y el depósito de aceite de la máquina estén a la capacidad de diseño. Después, enciende la motosierra y la deja trabajar de 5 a 10 min, para que se caliente el motor. Mediante un recorrido rápido revisa si el arbolado más próximo está marcado. Regresa al equipo, acelera y comprueba que la cadena esté bien lubricada; lo apaga para corregir con el "limatón" y ajustar el afilado de los dientes de la cadena y la tensión con respecto de la barra.

Operación.- Durante las actividades de tiempo productivo, el operador realiza: arribo al pie del árbol, eliminación de maleza, definición de la dirección de caída del árbol, corte del "tabacote" (muesca que se hace en el fuste) en la dirección de caída y extracción, cambio de posición para realizar corte de derribo, medición del fuste con base en la longitud comercial, troceo con la motosierra Mc Culloch 850 (Figura 1), desrame y el despunte del árbol y pica de ramas y distribución en el suelo.

Operation.- During the activities of productive time, the operator does the following: arrival at the foot of the tree, elimination of weeds, definition of the direction where the tree will fall, cutting of the notch on the trunk on the falling direction and extraction, position change to make the felling cut, measuring of the stem based on commercial length, logging with a 850 McCulloch power saw (Figure 1), branches and apex take-off, branch cutting and scatter on the soil.

Specifications of machines.- The 1050 Homelite power saw has a 100 cc cylinder, a 1.50 L fuel deposit of and a net weight of 9.6 kg (without fuel, rail and chain).The 850 McCulloch power saw has a 82 cc cylinder, a 0.75 L fuel deposit and a net weight of 7.3 kg.

### Sampling size calculus

Since operation activities are repetitive in each tree that is felled (cycle), the multimoment method was used to determine the times study. The interval in each reading was of 0.5 min. Upon this basis, a preliminary study for each power saw was made, in order to observe the productive phase in the activities, with which the average time used and the occurrence per cent of every one was obtained in regard to the productive period (Table 1).



Figura 1. Troceo con motosierra modelo Mc Culloch 850.  
Figure 1. Logging with a 850 McCulloch power saw

Especificaciones de la maquinaria.- La motosierra Homelite 1050 tiene un cilindro de 100 cc, depósito de combustible de 1.50 L y peso neto de 9.6 kg (excluye el combustible, la barra y la cadena). La motosierra Mc Culloch 850 tiene un cilindro de 82 cc, depósito de combustible de 0.75 L y un peso neto de 7.3 kg.

### Cálculo del tamaño de muestra

Dado que las actividades de operación son repetitivas en cada árbol que se derriba (ciclo), se empleó el método de multimomento para la determinación del estudio de tiempos. El intervalo aplicado en cada lectura fue de 0.5 min. Con base en lo anterior, se hizo un estudio preliminar por motosierra, con el objeto de observar la fase productiva en las actividades, con lo cual se obtuvo el tiempo promedio utilizado y el porcentaje de ocurrencia de cada una, en relación al período productivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos del estudio preliminar para la motosierra Homelite 1050.

Table 1. Data of the preliminary study for the 1050 Homelite power saw.

Actividades del tiempo productivo	T (min)	T N <sup>-1</sup>	O (%)
1. Caminar hacia el árbol	8.00	0.36	5.47
2. Limpiar la maleza	1.50	0.07	1.07
3. Elegir la dirección caída	2.00	0.09	1.36
4. Corte de "tabacote"	11.50	0.52	7.90
5. Corte de derribo	16.00	0.72	10.94
6. Desrame	17.50	0.79	12.00
7. Troceo	30.50	1.38	20.97
8. Pica	58.50	2.65	40.27
Total	145.50	6.23	99.98

T= Tiempo; N= Número de ciclos; O= Ocurrencia

T= Time; N= Number of cycles; O= Occurrence

La actividad 1 (caminar hacia el árbol) registró el tiempo promedio correspondiente al inmediato inferior del intervalo de lectura aplicado (0.5 min), es decir 0.36, pero la actividad 4 ya se considera porque su valor de 0.52 supera al intervalo de 0.50; entonces, de conformidad con la metodología de Scott (1973) se usó para un 95 % de confiabilidad la siguiente fórmula:

$$N = 4P (100 - P) (L^2)^{-1}$$

Donde:

N = Número de observaciones (ciclos)

P = Porcentaje de ocurrencia

L = Error de muestreo = 5%

Activity 1 (walk to the tree) recorded the average time corresponding to the lower immediate of the interval of the applied reading (0.5 min), that is 0.36, but activity 4 is taken into account since its 0.52 value is over the 0.50 interval; so, according to Scott's (1973) methodology, the following formula was used:

$$N = 4P (100 - P) (L^2)^{-1}$$

Where:

N = Number of observations (cycles)

P = Occurrence per cent

L = Sampling error = 5%

### Data taking

From the calculated sampling size, data taking was carried out in eight full working days, under normal conditions of the company (four for each power saw model), with one single operator with an average experience level. Information was registered in an alternated way, in order to distribute in a uniform way the effect of the characteristics of trees and the kind of land. For the 1050 Homelite model, 83 trees were recorded, while for the 850 Mc Culloch, there were 92 (larger number compared to the calculated sample) to satisfy the requirement established by work studies that consider that they must be done during full time labor days.

The effect of weather factors was considered an independent variable, thus, it is only mentioned without being part of the results and their discussions. Altitude was measured with a Thommen portable altimeter, with a 10 m precision.

## Toma de datos

A partir del tamaño de muestra calculado, la toma de datos se llevó a cabo en ocho jornadas completas de trabajo, bajo condiciones normales de la empresa (cuatro para cada modelo de motosierra), con un solo operador cuyo nivel de experiencia era el promedio. La información se registró de forma alternada, un día para cada modelo, con el fin de distribuir de manera uniforme el efecto de las características del arbolado y el tipo de terreno. Para el modelo Homelite 1050 se registraron 83 árboles, mientras que para Mc Culloch 850, fueron 92 (número superior al tamaño de muestra calculado) para cumplir con el requisito que establecen los estudios de trabajo, referente a que se tienen que realizar en jornadas completas.

El efecto de los elementos del clima se consideró como una variable independiente, por lo que solamente se enuncia sin formar parte de los resultados y discusiones. La altitud se midió con un altímetro de bolsillo marca Thommen, con una precisión de 10 m. La temperatura se verificó a las 12:00 h con un termómetro de escala de -10 a + 250 °C. La pendiente del terreno más representativa se determinó con clinómetro marca Suunto y las características de rugosidad del terreno y presencia de vegetación se hicieron por observación directa.

## Estudio de tiempos

Las formas de registro y el cálculo del tamaño de muestra eran únicamente compatibles bajo el método de cronometraje de multimomentos, el cual permitió determinar la frecuencia de la actividad durante el período de trabajo estudiado. En intervalos de 30 segundos se consignó la labor observada. Se anotó la hora de inicio y la hora de término por jornada. Además se midieron con cinta diamétrica y flexómetro, los diámetros mayor y menor y la longitud de la troza elaborada. El período total de la operación de derribo se subdividió en tiempo de preparación y unitario. Este último comprendió los tiempos: básico, de descanso y el compartido.

El estándar de clasificación de tiempos utilizado corresponde al descrito por Villagómez y García (1986), que difiere del propuesto por Björherden y Thompson (1995) en que separa, el tiempo de preparación (PT) del tiempo de trabajo de apoyo (SW) o tiempo compartido (Figura 2). Así mismo, para Villagómez y García (1986) el tiempo de descanso (RP) es independiente del tiempo sin trabajar (NT) o tiempo improductivo.

## Información económica

Los aspectos considerados para determinar el costo por unidad producida fueron:

Salario por día (c).

Costo de la carga social, como porcentaje del salario (f).

Temperature was verified at 12:00 h with a -10 a + 250°C scale thermometer. The most representative land slope was determined with a Suunto clinometer and the characteristics of land texture and vegetation by direct observation.

## Time study

Record formats and the sample size calculus were compatible only with the multimoment timing method, which allowed the determination of the frequency of activity during the working lapse that was studied. At 30 second intervals the observed labor was recorded. The initial and the final hours were written down for each working period. In addition, the largest and the smallest diameters as well as the length of the log were measured with a diametric tape and a flexometer. The total period of the felling operation was subdivided into the preparation time and the unitary time. This last one included the following times: basic, resting time and time share.

The standard used for the classification of times belongs to Villagómez and García (1986), which differs from that of Björherden and Thompson (1995) in that it separates the preparation time (PT) from the time of support work or time shared (Figure 2). Also, for Villagómez and García (1986) resting time (RP) is non dependent of the time without work (NT) or unproductive time.

## Economic information

The following concepts were considered to determine the cost per unit produced:

Daily salary (c)

Social load cost, as a per cent of salary (f)

Cost of the ownership and operation of the power saw per day (cs), in which it was included the depreciation of the machine (d), fuel consumption (cc) (a mixture of gas and oil of two times), the use of lubrications for the former mixture (cl), the reparation and maintenance cost (rym) and the working time of the machine per working day (t)

Cost of purchasing the power saw (ca)

Useful life of the equipment in hour terms (vu)

Man-day production (PDF), in cubic meters

Felling cost by cubic meter (CF), which was determined by the following formula (FAO, 1978b):

$$CF = [c (1+f) + cs] \cdot PDF^{-1}$$



Figura 2. Afilado de cadena de motosierra (modelo Homelite 1050).  
Figure 2. Sharpening of the power saw chain (1050 Homelite model).

Costo de la propiedad y funcionamiento por día de la motosierra (cs), en el que se incluyó la depreciación de la máquina (d), el consumo de combustible (cc) (una mezcla de gasolina y aceite de dos tiempos), el consumo de lubricante para la mezcla anterior (cl), el costo de reparación, el de mantenimiento (rym) y el tiempo de trabajo de la máquina por jornada (t).

Costo de adquisición de la motosierra (ca).  
Vida útil del equipo en horas (vu).  
Producción por día-hombre (PDF), en metros cúbicos.

El Costo de apeo por metro cúbico, (CF) se determinó con la fórmula referida por la FAO (1978b):

$$CF = [c (1+f) + cs] \cdot PDF^{-1}$$

### Determinación de la carga fisiológica

Se observaron dos jornadas completas de trabajo por motosierra. En cada una de ellas se anotaron: la hora, actividad y número de pulsaciones en intervalos de 60 min, aproximadamente. Con ello se determinó el pulso carotideo a la altura de la faringe del operador, durante un intervalo de 10 segundos (Wencl, 1982).

El tamaño de muestra calculado, con base en Scott (1973), para la motosierra Homelite 1050 dio un valor de  $N = 82.73$ , que equivale a 83 ciclos, mientras que para la motosierra Mc Culloch 850 fue de  $N = 83.30$ ; (83 ciclos).

### Determination of the physiological load

Two full-time working days were observed for each power saw, during which hour, activity and number of beats at 60 min intervals, were put into record. So, the carotid pulse at the pharynx of the operator during a 10 second interval was determined (Wencl, 1982).

The calculated sampling size, following Scott (1973), for the 1050 Homelite power saw was  $N = 82.73$ , which is equivalent to 83 cycles, while for the 850 McCulloch power saw,  $N = 83.30$  (83 cycles).

Since in work studies it is necessary to count with full-time working days, the number of cycles considered for the McCulloch power saw was transformed from 83 to 92 trees.

### Distribution of times

The distribution of times for the 1050 Homelite and the 850 Mc Culloch power saws is shown in figures 3 and 4. In the first one, basic time was formed by the productive time (257.42 min, 57.36 % of total time) or effective working time and unproductive time (51.50 min, 11.47 % of total time). In the second one, basic time includes productive time (274.37 min, 56.60 % of total time) or effective working time and the unproductive time (21.37 min, 4.40 % of the total).

In Figure 5 is shown the relation between yield and working day for both equipments. Yield by man-day, that is the



Dado que en los estudios de trabajo se requiere la información por jornadas completas de trabajo, el número de ciclos considerados para la motosierra Mc Culloch se transformó de 83 a 92 árboles.

### Distribución de tiempos

La distribución de tiempos para las motosierras Homelite 1050 y Mc Culloch 850 se presentan en las figuras 3 y 4. Para la primera, el tiempo básico se integró del tiempo productivo (257.42 min, con 57.36 % del total) o tiempo efectivo de trabajo y tiempo improductivo (51.50 min, 11.47 % del total). Para la segunda, el tiempo básico comprendió el tiempo productivo (274.37 min, 56.60 % del total) o tiempo efectivo de trabajo y el tiempo improductivo (21.37 min, 4.40 % del total).

En la Figura 5 se muestra la relación entre el rendimiento y la jornada de trabajo, para ambos equipos. El rendimiento por día-hombre, que corresponde a la producción obtenida durante la operación de los dos equipos, se resume en el Cuadro 2.

production obtained during the operation of both equipments, is summarized in Table 2.

Felling cost per cubic meter for the 1050 Homelite power saw.

The estimation was made starting from the formulae of depreciation (d) and of repairs and maintenance (rym) (FAO 1978a)

Data:

$$c = \$ 800.00; f = 15\% = 0.15; ca = \$ 55,200$$

$$vu = 1500 \text{ h}; t = 5 \text{ h}; \text{PDF} = 30.387 \text{ m}^3$$

Calculus:

$$cs = (d + cc + cl + rym) t = \$ 468.25$$

$$d = (ca) (0.90) vu^{-1} = \$ 33.12 h^{-1}$$

$$cc = (1.26 L \times h) (\$ 20.41 L^{-1}) = \$ 25.79 h^{-1}$$

$$cl = 0.193 L h^{-1} \times \$ 37 L^{-1} = \$ 7.14 h^{-1}$$

$$rym = ca \times 0.75 vu^{-1} = \$ 27.60 h^{-1}$$

$$CF = c (1+f) + cs \text{PDF}^{-1} = \$ 45.68 (m^3)^{-1}$$



Figura 3. Distribución de tiempos para la motosierra Homelite 1050.

Figure 3. Distribution of times for the 1050 Homelite power saw.



Figura 4. Distribución de tiempos para la motosierra Mc Culloch 850.  
Figure 4. Distribution of times for the 850 Mc Culloch power saw.

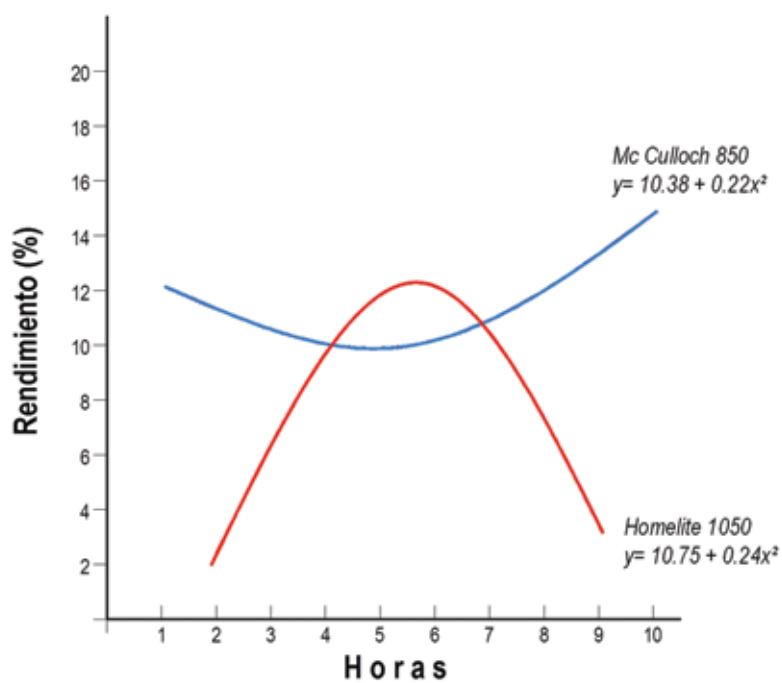


Figura 5. Relación entre el rendimiento y la jornada de trabajo.  
Figure 5. Relation between yield and working day.

Cuadro 2. Productividad y rendimiento de los modelos de motosierra evaluados.  
Table 2. Productivity and yield of the assessed power saw models.

Modelo	Volumen por día (m <sup>3</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (m <sup>3</sup> día <sup>-1</sup> )
Homelite 1050	29.490	121.550	30.38
	31.410		
	42.260		
	18.390		
Mc Culloch 850	24.423	117.573	29.393
	36.660		
	23.040		
	33.450		

#### Costo de apeo por metro cúbico para la motosierra modelo Homelite 1050

La estimación se hizo a partir de las fórmulas de depreciación (d) y de reparaciones y mantenimiento (rym) (FAO1978a).

Datos:

$c = \$ 800.00$ ;  $f = 15\% = 0.15$ ;  $ca = \$ 55,200$   
 $vu = 1500 \text{ h}$ ;  $t = 5 \text{ h}$ ;  $PDF = 30.387 \text{ m}^3$

Cálculos:

$cs = (d + cc + cl + rym) t = \$ 468.25$   
 $d = (ca) (0.90)vu^{-1} = \$ 33.12\text{h}^{-1}$   
 $cc = (1.26 L \times h) (\$ 20.41 \text{ L}^{-1}) = \$ 25.79 \text{ h}^{-1}$   
 $cl = 0.193 \text{ L h}^{-1} \times \$ 37 \text{ L}^{-1} = \$ 7.14 \text{ h}^{-1}$   
 $rym = ca \times 0.75 vu^{-1} = \$ 27.60 \text{ h}^{-1}$   
 $CF = c (1+f) + cs PDF^{-1} = \$ 45.68 \text{ (m}^3\text{)}^{-1}$

#### Costo de apeo por metro cúbico para la motosierra modelo Mc Culloch 850

De manera análoga se obtuvo el costo cuyo valor fue  $CF = \$ 43.78 \text{ (m}^3\text{)}^{-1}$ .

El tiempo de descanso fue superior cuando se utilizó la motosierra Mc Culloch 850, como resultado de la toma de alimentos y los horarios de inicio y término de las jornadas evaluadas, en este caso se realizaron en seis ocasiones. Con el otro modelo fueron tres, aproximadamente de la misma duración. El tiempo improductivo resultó casi tres veces menor con la motosierra Mc Culloch 850, en comparación con la Homelite 1050, en la cual incidieron demoras personales y de organización.

#### Felling cost per cubic meter for the 850 Mc Culloch power saw.

In an analogous way the cost of  $CF = \$ 43.78 \text{ (m}^3\text{)}^{-1}$  was obtained.

Resting time was bigger when the 850 Mc Culloch power saw was used, as a result of eating and the timetables of beginning and ending of the assessed working days; in this case, they were made on 6 occasions. With the other model they were three, nearly lasting the same time. The unproductive time was almost thrice less with the 850 Mc Culloch power saw compared to that with the 1050 Homelite, in which personal delays and organization problems affected.

#### Working day and yield per hour

The yield per hour was low (2.5%) during the first hours for the 1050 Homelite model and rose about 10% at the middle of the period, to decrease later at the same rhythm until the end of the working hour. The 850 McCulloch power saw had a rather high yield (11%) in the first hours, kept a growing tendency up to the end and reached a maximum level (15%) in the last hour of the working time. Thus, with this latter model a more uniform work was made compared to the 1050 Homelite.

#### Man-day yield

This variable was higher with the 1050 Homelite power saw, in almost a cubic meter. The difference is small, since, in spite of the six-year experience of the operator, he does not have the right training to work efficiently, and thus, there is some favorable influence to work with such model.

### Jornada de trabajo y rendimiento por hora

Para el modelo Homelite 1050 el rendimiento por hora fue bajo (2.5%) en las primeras horas y se incrementó en 10% aproximadamente a la mitad de la jornada, para luego decrecer al mismo ritmo, hasta concluir la hora de trabajo. Con relación a la motosierra Mc Culloch 850, su rendimiento fue alto (11%) en las primeras horas, mantuvo una tendencia creciente hasta el final y alcanzó su máximo nivel (15%) en la última hora de trabajo. Por lo tanto, con este modelo se realizó un trabajo más uniforme, en comparación con el de Homelite 1050.

### Rendimiento por día-hombre

Esta variable fue superior con la motosierra Homelite 1050, en casi un metro cúbico. La diferencia es pequeña, ya que, no obstante la experiencia de seis años del operador, no cuenta con la capacitación adecuada para trabajar de manera eficiente, y en consecuencia existe un grado de influencia favorable para el trabajo con dicho modelo.

### Costo por unidad producida.

El costo por metro cúbico derribado fue superior en \$1.90 cuando se utiliza el equipo Homelite 1050, lo que significa que para un rendimiento promedio por día de 30 m<sup>3</sup> será de \$57.00 día<sup>-1</sup>. Los aspectos que incidieron en el costo de operación con este modelo incluyeron: mayor precio de compra (\$ 15,300.00) que afectó la depreciación, el costo de reparación y de mantenimiento y el consumo de combustible (\$ 42.45 día<sup>-1</sup>). Mientras que para el Mc Culloch 850, el alto consumo de lubricante (\$ 25.35 día<sup>-1</sup>) tuvo mayor impacto. Con este último modelo la producción fue menor en casi 1m<sup>3</sup>día<sup>-1</sup>, al compararse con la producción generada por el otro modelo.

### Distribución de la carga fisiológica

En la Figura 6 se observa la distribución de la carga fisiológica de la jornada de trabajo; aquí solo se consideraron las actividades que se desarrollaron durante la operación en intervalos de 60 min. En la Figura 7 se presentan los datos en segmentos de frecuencias para las motosierras evaluadas.

Los valores que son aceptados para calificar la carga fisiológica en las faenas de abastecimiento de productos forestales se consignan en el Cuadro 3. La distribución de frecuencias derivada del estudio corresponde a una carga fisiológica moderada para el modelo Homelite 1050 y baja en el caso del Mc Culloch 850.

### Cost per produced unit

The cost per felled cubic meter was \$1.90 higher when the 1050 Homelite equipment is used, which means that, for an average yield per day of 30 m<sup>3</sup>, it will be \$ 57.00 day<sup>-1</sup>. The elements that affected the operation cost with this equipment were: a higher purchase price (\$15,300.00) which influenced depreciation, repair and maintenance cost and fuel consumption (\$ 42.45 day<sup>-1</sup>). While for the 850 Mc Culloch, the high cost of the lubricant (\$ 25.35 day<sup>-1</sup>) had a greater impact. With the latter, production was smaller in almost 1 m<sup>3</sup>day<sup>-1</sup>, compared to that achieved by the other model.

### Distribution of the physiological load

In Figure 6 can be appreciated the distribution of the physiological load during the working day; here were only taken into account the activities that developed during the operation at 60 min intervals. In Figure 7 are shown the data in frequency segments for the assessed power saws.

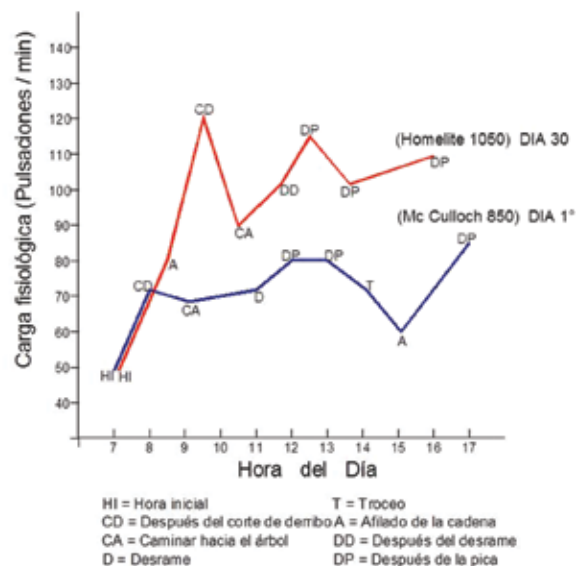


Figura 6. Distribución de la carga fisiológica durante la jornada de trabajo.

Figure 6. Distribution of the physiological load during the working day

The values that are accepted to grade the physiological load in the three logging labors of forest products are gathered in Table 3. The frequency distributions from the study are of a mild physiological load for the 1050 Homelite model and low for the 850 Mc Culloch.

Cuadro 3. Intervalos y calificaciones de carga fisiológica  
Table 3. Intervals and grading of the physiological load.

Intervalo de pulsaciones por min.	Carga fisiológica
0 - 75 min <sup>-1</sup>	Muy baja
75 - 100 min <sup>-1</sup>	Baja
100 - 125 min <sup>-1</sup>	Moderada
125 - 150 min <sup>-1</sup>	Alta
150 - 175 min <sup>-1</sup>	Muy alta
> 175 min <sup>-1</sup>	Extremadamente alta

Fuente: Wencil, 1982.

Source: Wencil, 1982.

La diferencia en peso neto de los equipos (2.3 kg más en la motosierra Homelite 1050) tuvo una gran influencia. Las actividades que requirieron de un mayor esfuerzo físico en los modelos evaluados fueron el corte de derribo y la pica.

El rendimiento obtenido por día-hombre fue, en general, el mismo para ambos modelos de motosierra.

La operación de derribo con la motosierra Mc Culloch 850 fue la más económica.

Los conceptos que más gravaron el costo por metro cúbico derribado fueron: el costo de adquisición y de combustible (ambos para el modelo Homelite 1050) y el costo de lubricante (modelo Mc Culloch 850).

## REFERENCIAS

- Apud S., E. 1976. El rol de la ergonomía en el trabajo forestal. Seminario FAO / SIDA sobre ocupación forestal en América Latina. Lima, Perú. 520 p.
- Björherden, R. and M. A. Thompson. 1995. An international nomenclature for forest work study. AIR3-CT94-2097, Harmonization of ongoing European research in the field of harvesting operations and optimization of harvesting methods regarding environmental and economic constraint. Imst, Austria. 5 p + 16 p. Appendix
- Cárdenas B., G. E. 1980. Apuntes del curso de abastecimiento forestal. INIF-SFF. Ciudad Guzmán, Jal., México. 143 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1978a. Evaluación de los costos de extracción a partir de inventarios forestales en los trópicos. 2ª parte: recolección de datos y cálculos. Roma, Italia. 76 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1978b. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. Roma, Italia. 171 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. Estado y tendencias de la ordenación forestal en 17 países de América Latina. Roma, Italia. 109 p.
- Frauenholz, O. 1982. Work studies in forestry. In: Heinrich, R. (Ed.). Logging of mountain forests. FAO, Rome, Italy, pp. 259-270.
- García, E. 1964. Modificación del sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. México. 45 p.
- Rowan, A. A. 1967. Work study in the improvement of timber harvesting efficiency. Forestry Commission Research and Development Paper. No. 59. England, UK. 23 p.

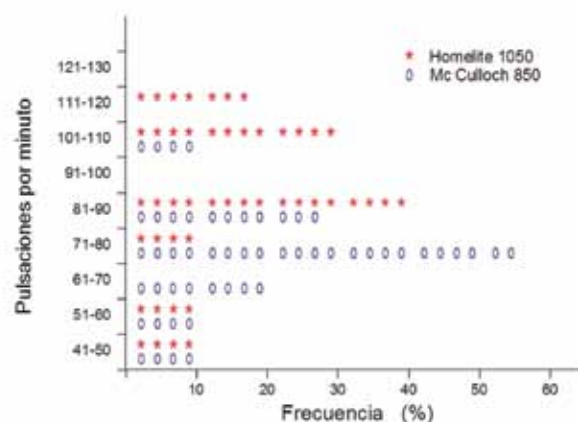


Figura 7. Distribución de frecuencias de la carga fisiológica.  
Figure 7. Distribution of frequencies of the physiological load.

The difference in net weight of the equipments (2.3 kg more in the 1050 Homelite power saw) had a great influence. The activities that demanded a greater physical effort in the assessed models were the felling cut and the chopping.

The yield obtained per man-day was, in general, the same for both power saw models.

The felling operation with the 850 McCulloch power saw was cheaper.

The items that taxed more the cost per felled cubic meter were: the purchase and the fuel cost (both for the 1050 Homelite model) and the lubricant cost (850 Mc Culloch model).

*End of the English version*

- Scott, A. H. 1973. Work measurement: Observed time to standard time, work study in forestry. England Forestry Commission Bulletin. No. 47. 100 p.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). 2003. Caminos forestales. Dirección General de Carreteras Federales. Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional. México. D. F. México. 348 p.
- Skogsarbeten-The Forest Operations Institute. 1983. Swedish forestry techniques with possible application in the third world. Spånga, Sweden. pp. 12-18.
- Vera G., F. 1982. Transporte de productos forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. Boletín Técnico No. 8. 167 p.
- Villagómez L., M. A. y D. García A. 1986. El estudio de trabajo y su aplicación en las operaciones de abastecimiento forestal. Rev. Cien. For. en Méx. (59): 162-180.
- Villagómez L., M. A. y R. Gómez A. 1987. Diagnóstico de las operaciones de abastecimiento en la Unidad de Administración Forestal No. 10 del Estado de Michoacán. Rev. Cien. For. en Méx. (61): 135-158.
- Wencil, J. 1982. Basic principles of ergonomics. In: Heinrich, R. (Ed.). Logging of mountain forests. FAO, Rome, Italy, pp. 239-252.



Javier Nava Vega (2007). San Nicolas Totolapan, Delegación Magdalena Contreras, D.F.