

Productividad de Cosecha Forestal

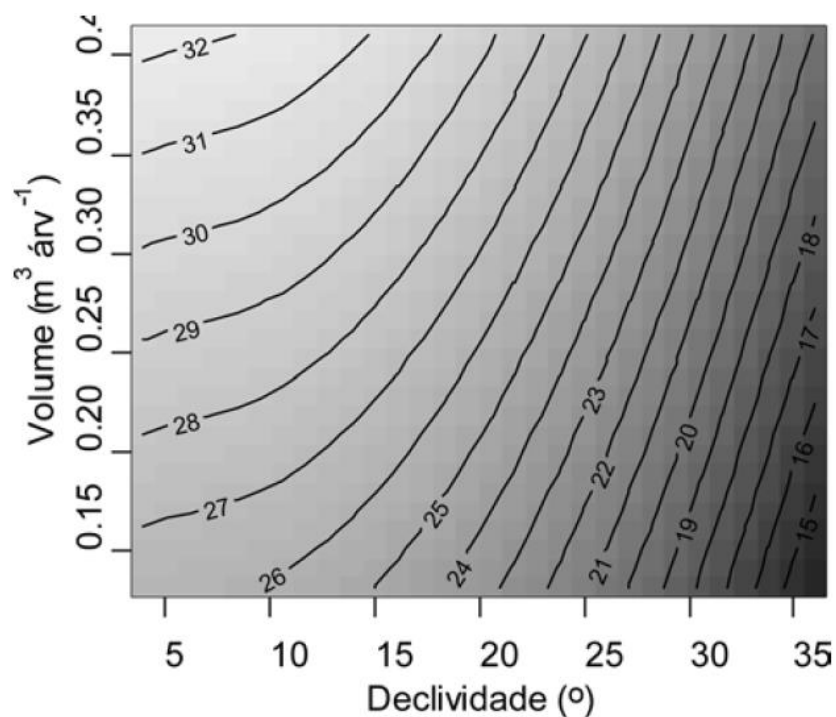


Figura 6. Produtividade do *harvester* no sentido de operação em declive, em função da declividade do terreno e do volume por árvore sem casca.

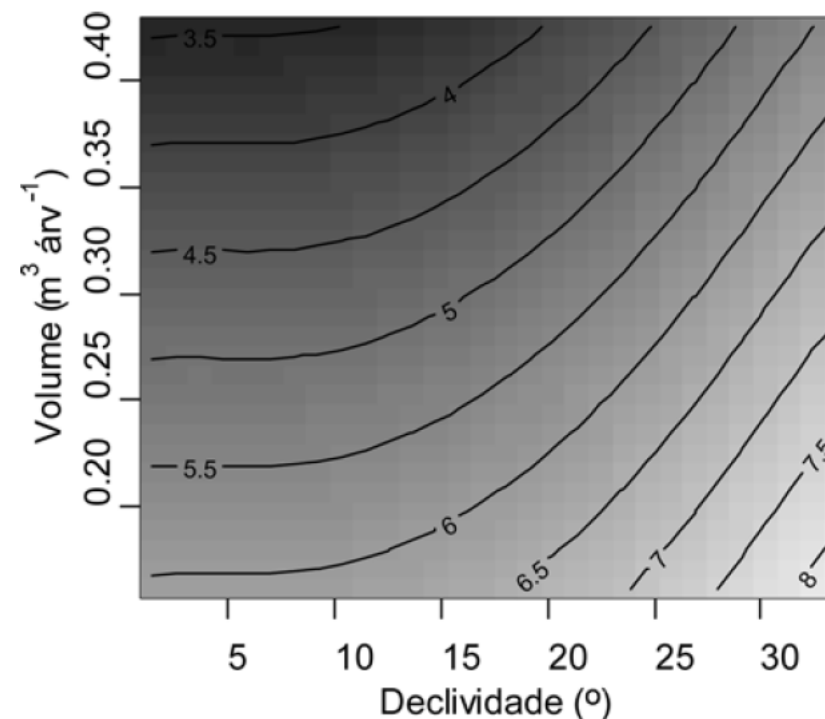


Figura 9. Custo de produção do *harvester* em relação ao sentido de operação em active, em função da declividade do terreno e do volume por árvore sem casca.
Leite et. al. 2013

Conceptos

Productividad

Relación entre variables

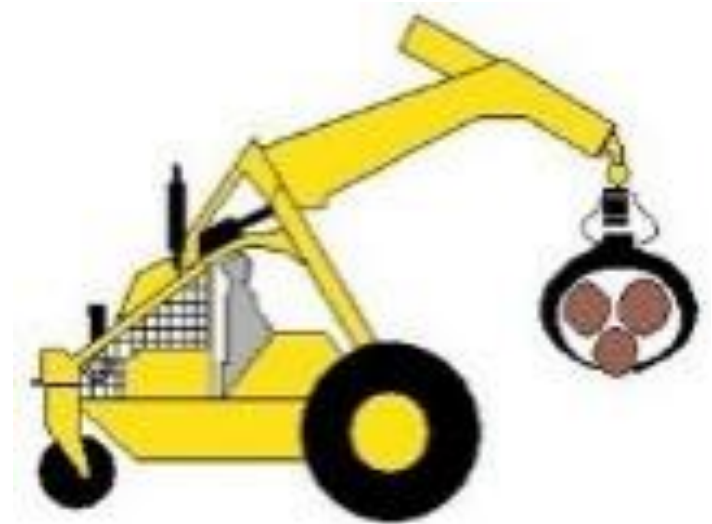
Indicadores de productividad

$m^3/h - t/h$

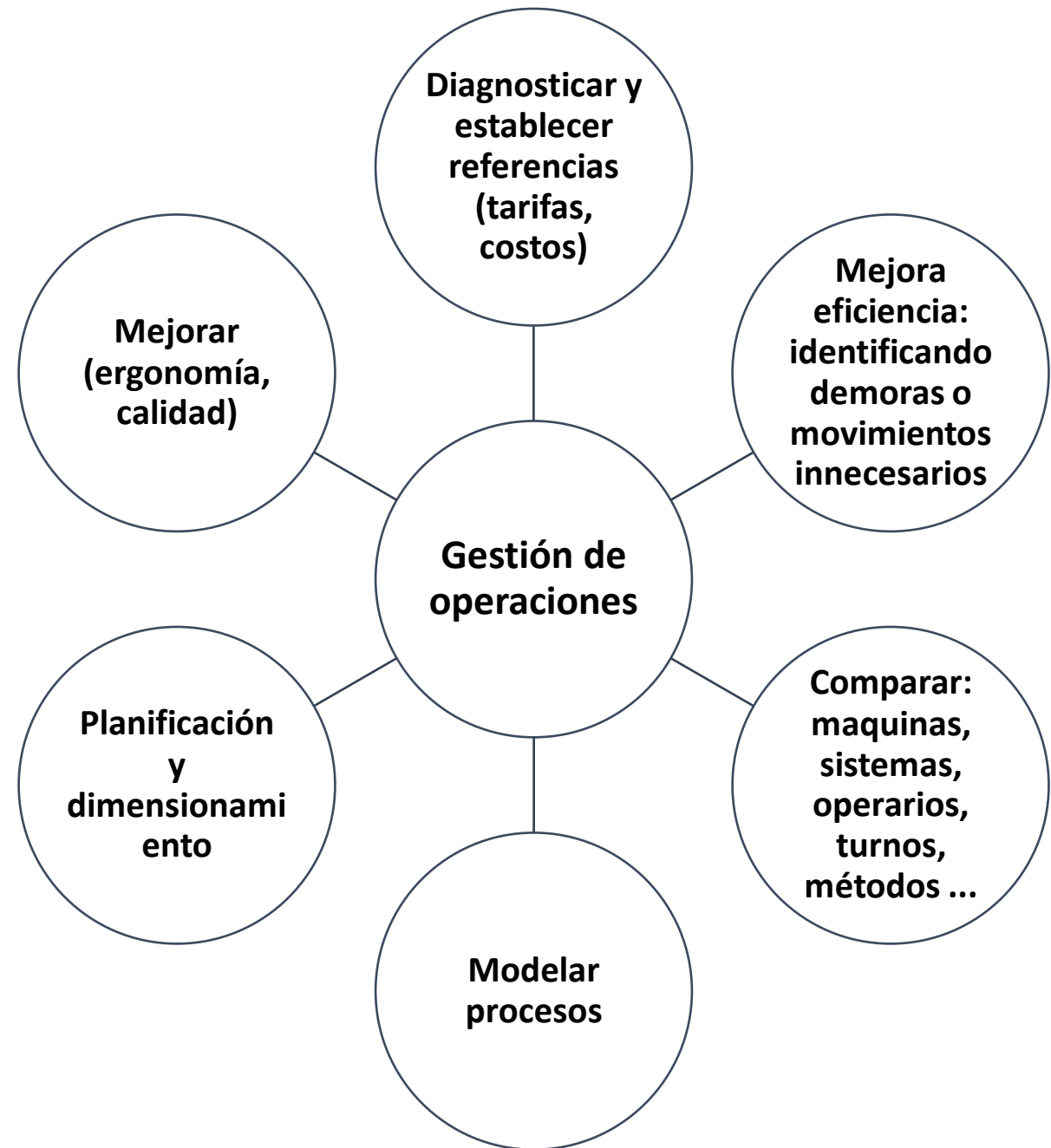
l/m^3

arb/h

ha/h



Productividad de OF ¿para que?

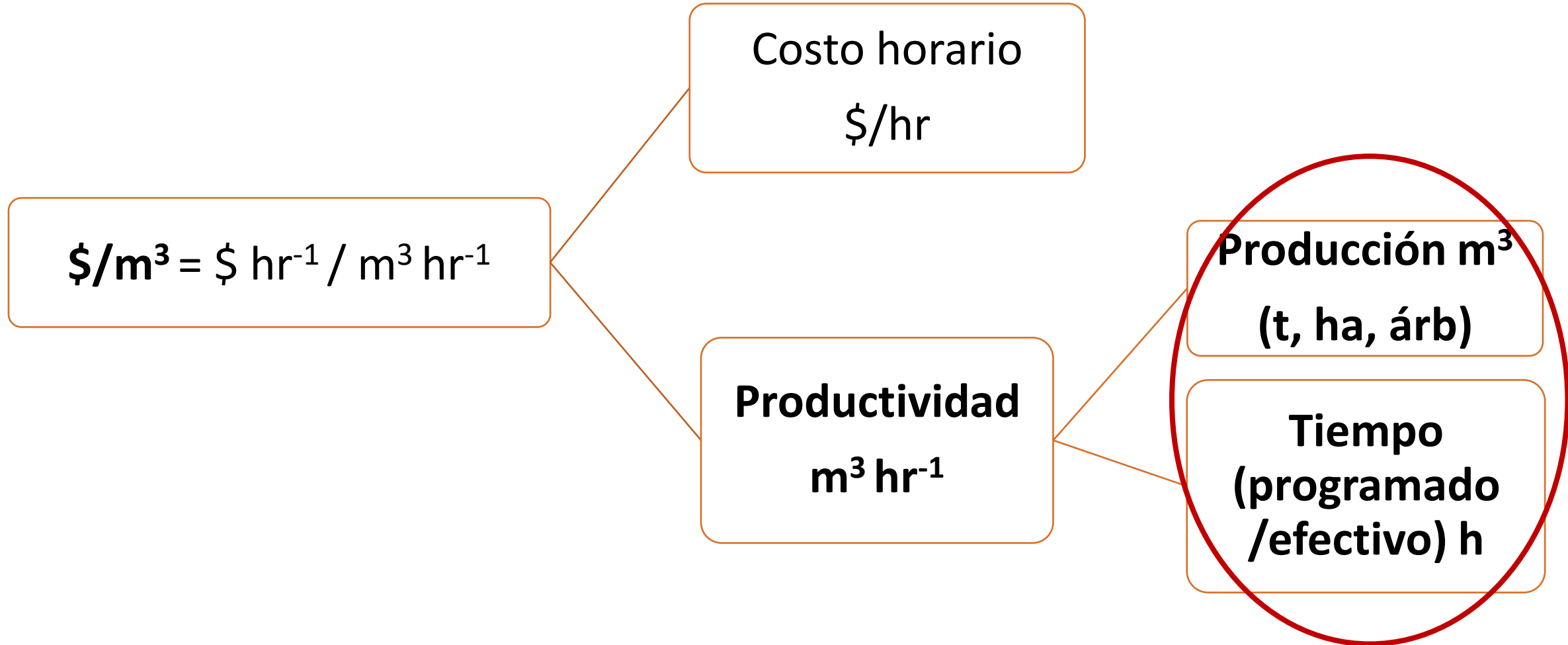


Productividad - utilidad

- Planificación y dimensionamiento
- Costos unitarios m^3 o toneladas

$$\$/m^3 = \$ h^{-1} / m^3 h^{-1}$$

Productividad - costos

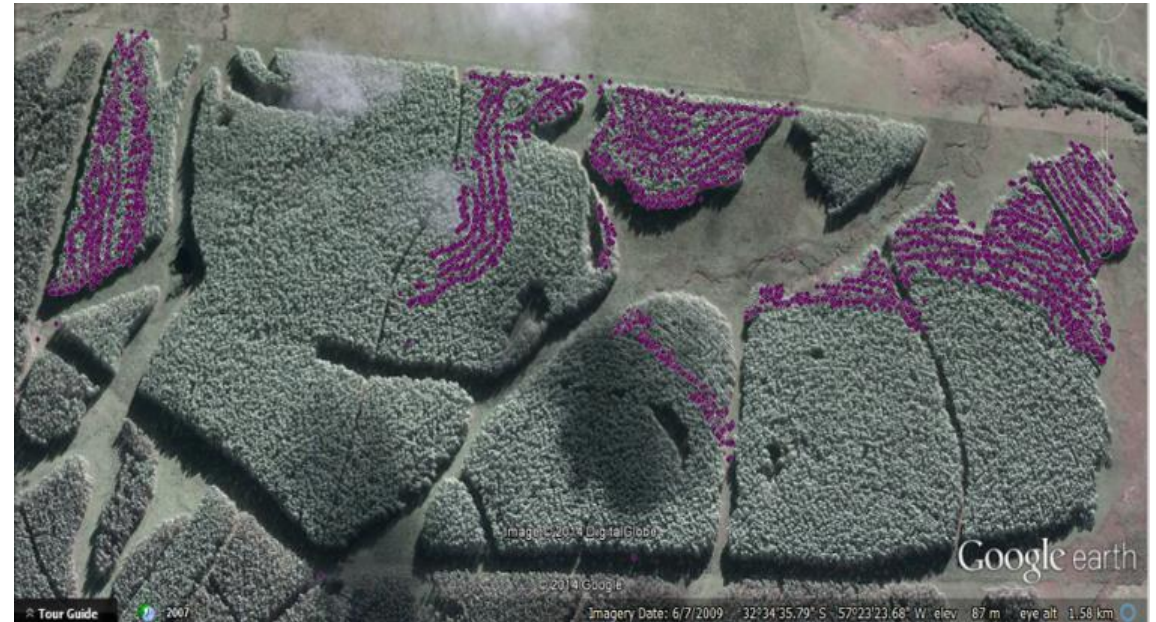


Productividad de OF ¿para que?

Objetivos específicos



Definir objetivos según datos que existentes – estudios académicos



Productividad de OF ¿Qué más?

Describir objeto de estudio

- Equipo
- Tarea
- Operario/s:
entrenamiento,
motivación, aptitud,
experiencia,
- Describir la tarea Ej.
plantación (MdP vs Lumin).
- Describir condiciones del
trabajo:
- Terreno
- Visibilidad
- Condiciones atmosféricas
- ...



Comunicar
Comparar
Replicar
Usos
futuros
...

Productividad de OF

¿Cómo?

Ciencia del trabajo

Estudios de trabajo

Mide y analiza: trabajo, personas, herramientas, equipos, procesos, organizaciones y métodos $f(Tiempo)$

Evaluaciones tiempo

Mide y analiza el uso del tiempo durante el trabajo



Productividad de OF ¿Cómo?

Evaluaciones de productividad

Estudios de trabajo + Estudio de tiempos =
Estudio de tiempos y movimientos

Estudios de productividad

Estudio de tiempos y movimientos +
Producción



Productividad de OF ¿Cómo?



COST Action EP-0902

WG 2 Operations research and measurement methodologies

GOOD PRACTICE GUIDELINES FOR BIOMASS PRODUCTION STUDIES



SWEDISH UNIVERSITY OF AGRICULTURAL SCIENCES
Department of Operational Efficiency
Gårpenberg.



International Union of Forestry Research Organisations
WF 3.04.02

FOREST WORK STUDY

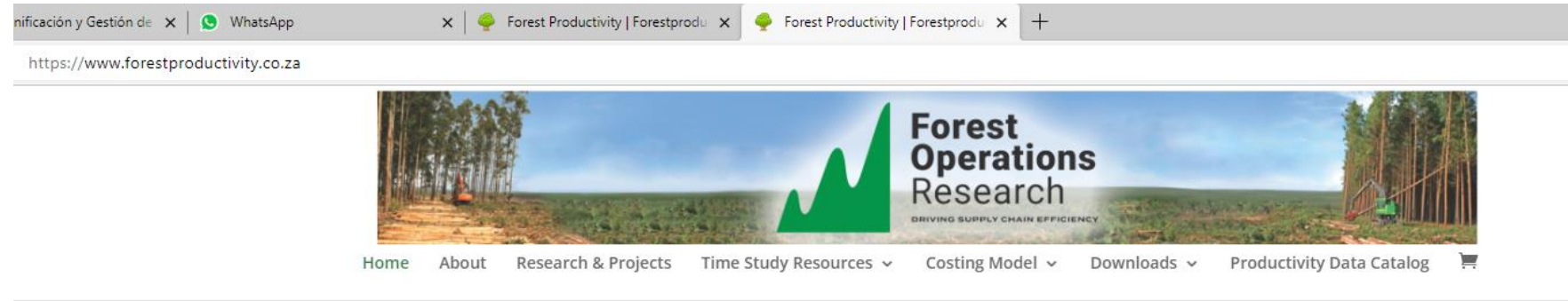
NOMENCLATURE



Test Edition valid 1995 - 2000

Productividad de OF ¿Cómo?

<https://www.forestproductivity.co.za/>



Forest Operations Productivity Initiative

“Using good data to support your forest operations”

Stellenbosch University in conjunction with the South African Forest industry has developed a robust and internationally aligned Time Study Standard and Data Repository Protocol for use by forest managers, practitioners/contractors and researchers. As part of ongoing support for forest operations The Forest Operations Productivity Initiative includes several machine and systems costing models which will also soon include silvicultural operations as part of the overall forest productivity package. The objectives of these efforts are to improve, if not optimise, silviculture and timber harvesting operations in the face of ever increasing international competition and to provide planning tools to not only the South African Forest Industry but to international partners as well.



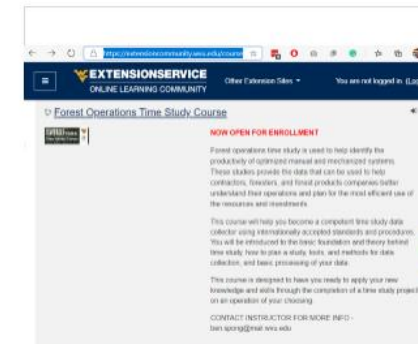
News



SU First Thursday Presentation Videos

Current Research, News

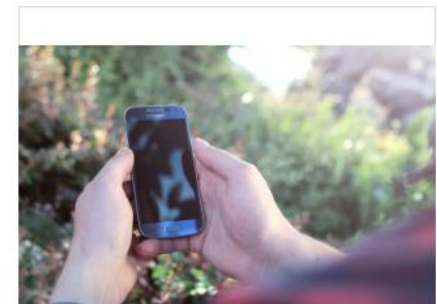
Stellenbosch University Forestry hosts a webinar series on the first Thursday of



Time Study E-Learning Course Launched

News

FREE LEARNING COURSE NOW OPEN



Time Study App Now on Google Play

News

Our Android-based Forest Operations Time Study app has been completely

Estudios de tiempo - Tipos

Experimental:

- Chequeo u observación (Observational)
- Ensayo: diseño, parcelas, repeticiones.
- Seguimiento - registros de turnos (automáticos o no)
- Modelos de productividad

Estudios de tiempo - Tipos

Experimental:

- Chequeo u observación (Observational)



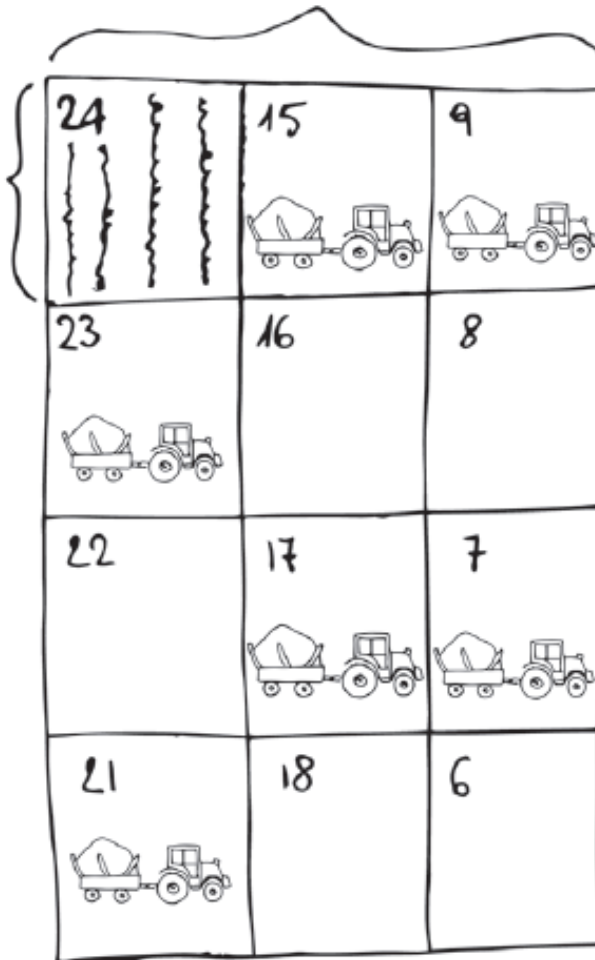
Estudios de tiempo - Tipos

Experimental:

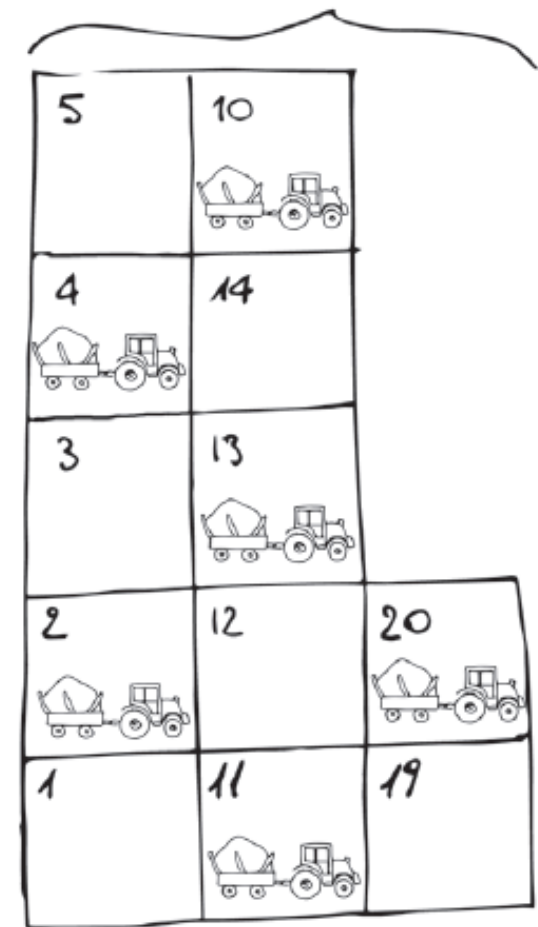
- Ensayo: diseño, parcelas, repeticiones.

4 ROWS OF 25 TREES

MONVISO



AF2



Estudios de tiempo - Tipos

Experimental:

- Seguimiento - registros de turnos (automáticos o no)

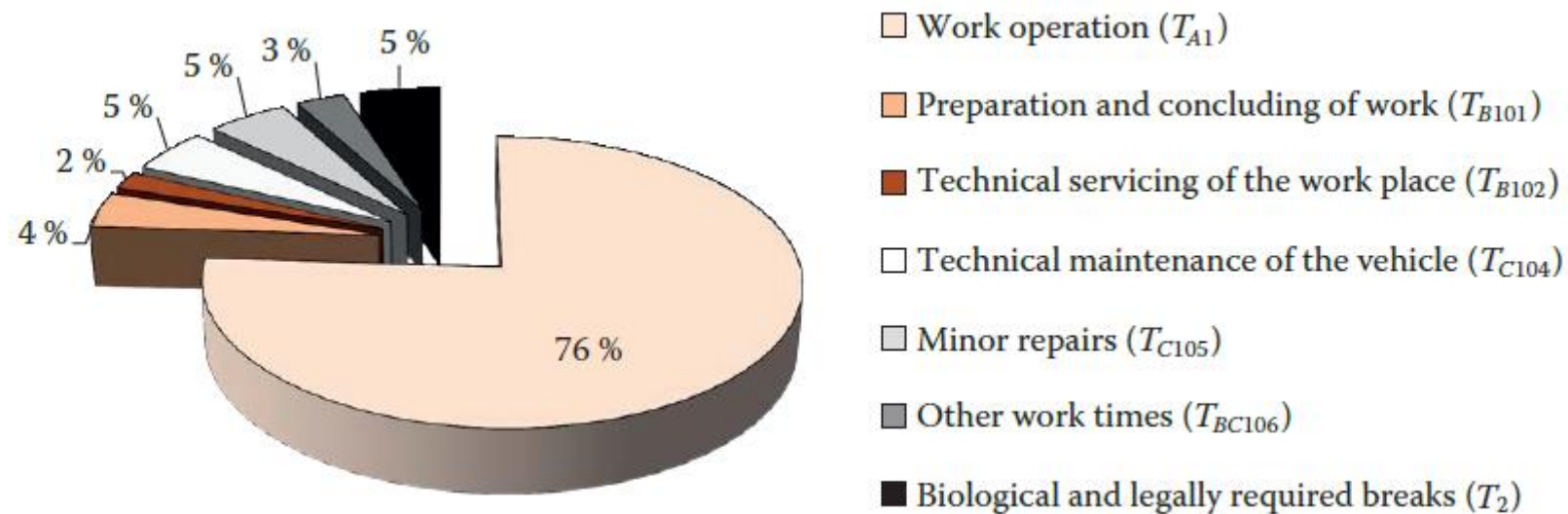


Fig. 2. Review of the normal consumption of a forwarder's shift time

Estudios de tiempo - Tipos

Experimental:

- Modelos de productividad

Regression model	R^2	Significance	N
$y=4.0582+67.3274x$	0.624	***	4388

Productivity Model for Cut-to-Length Harvester Operation in South African Eucalyptus Pulpwood Plantations

<http://www.crojfe.com/archive/volume-39/test-article-1/>

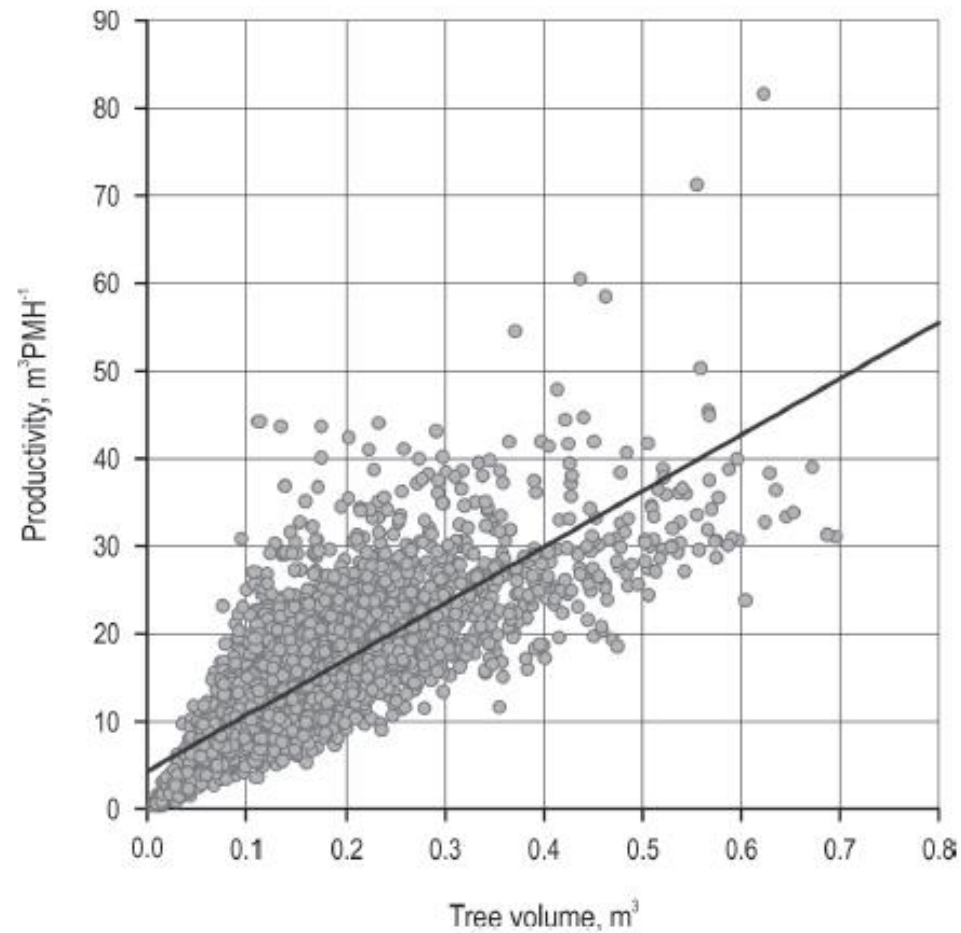
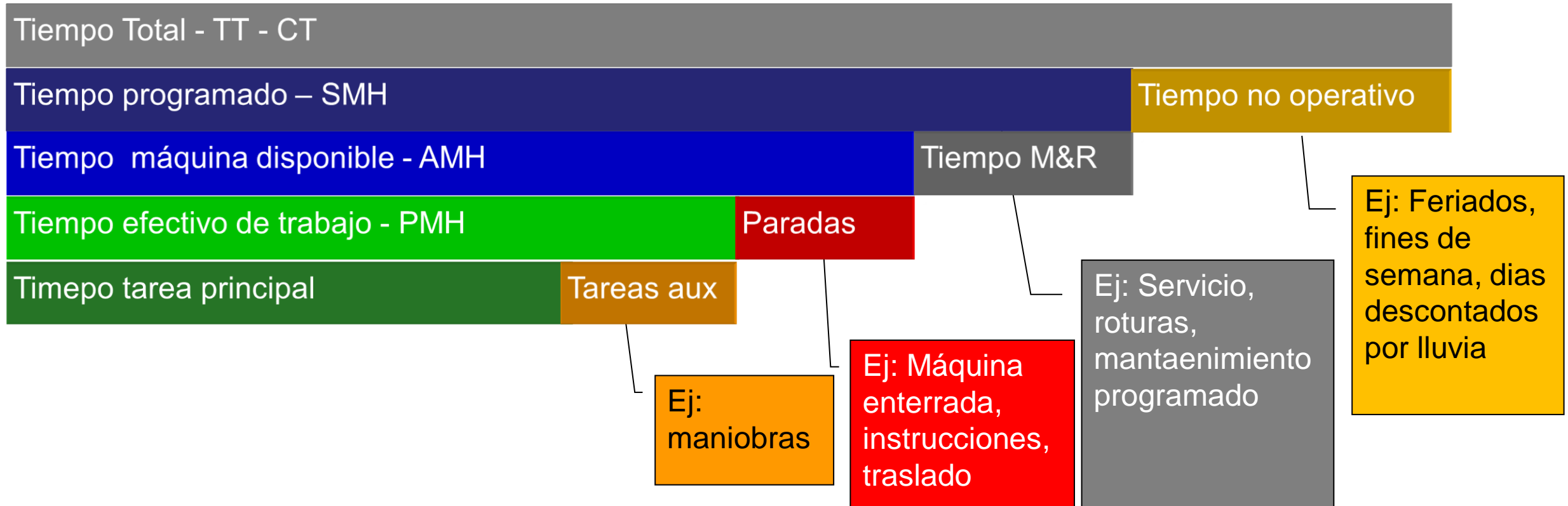


Fig. 2 Single linear regression model of pooled productivity

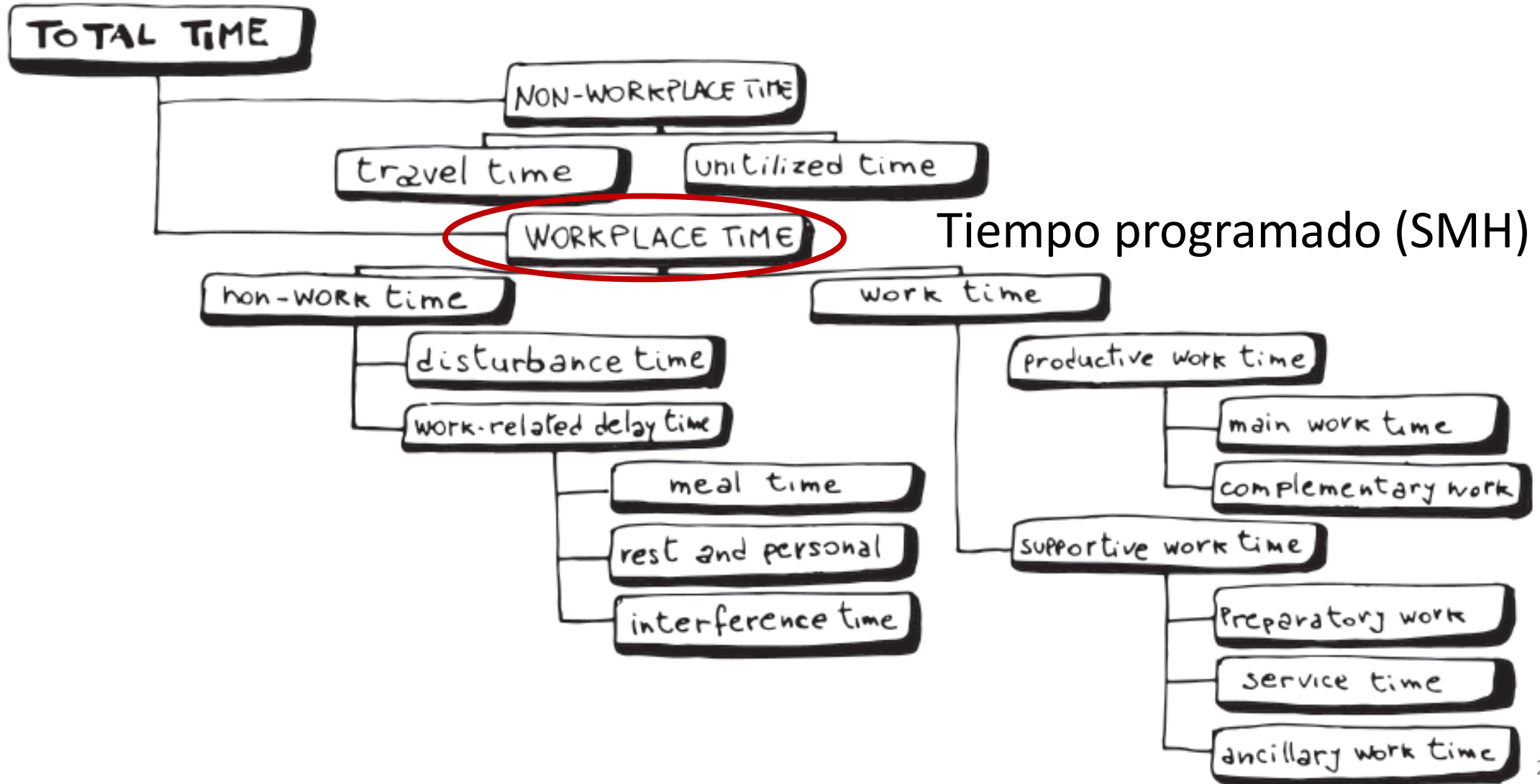
Estudios de tiempo - escala

- Seguimiento – largo plazo (Follow up)
- Turno: estudios macro, productividad, paradas
- Muestreo: Parcela (área, tiempo o cantidad de ciclos):
Estudio específico, observación de **ciclos**
- **Ciclo: detalle del proceso, demoras de corta duración**
- **Elemento del ciclo:**

Tiempos operativos – eficiencia

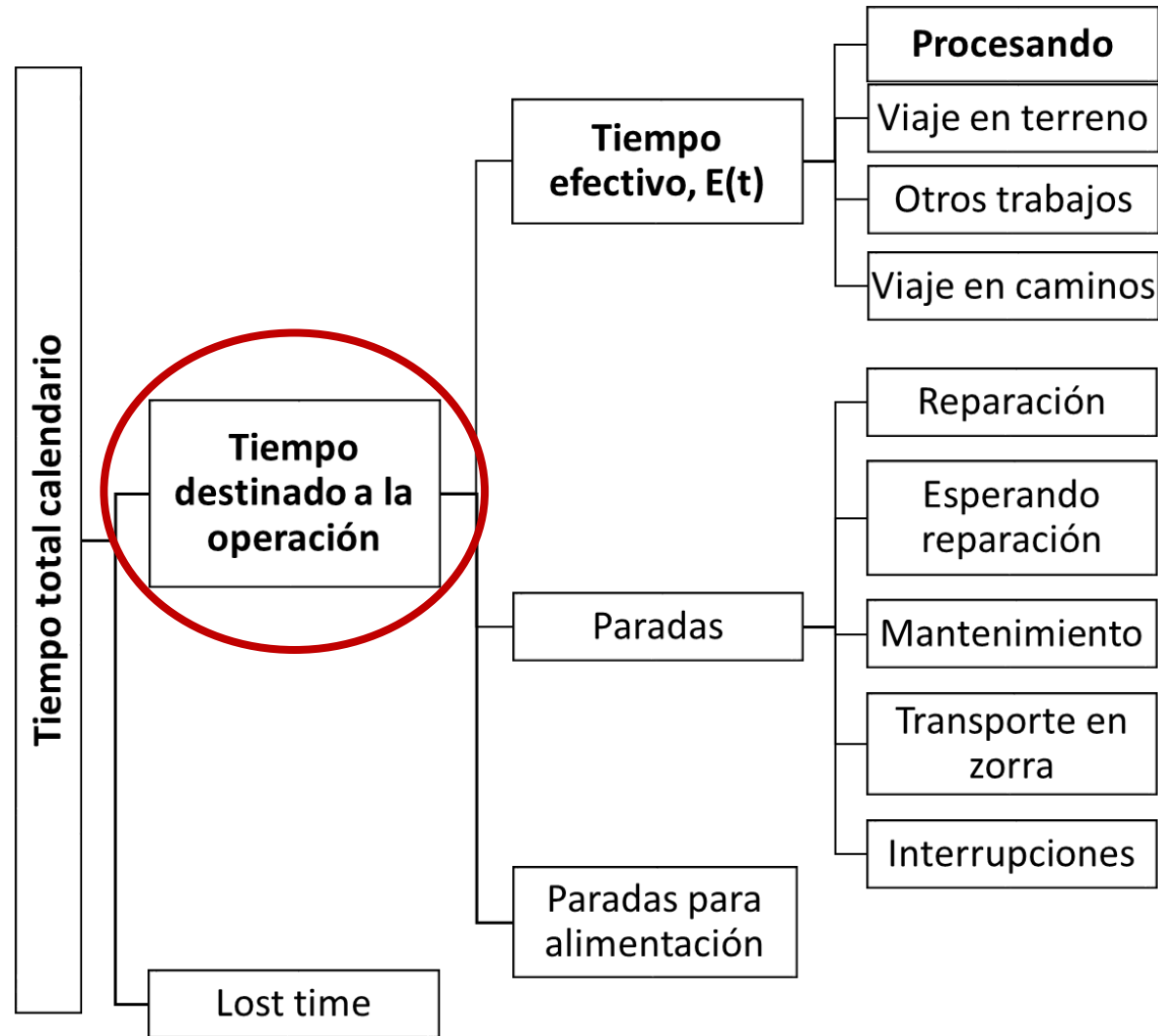


Tiempos operativos - convención



Tiempos operativos - StanForD

Tiempo programado (SMH)

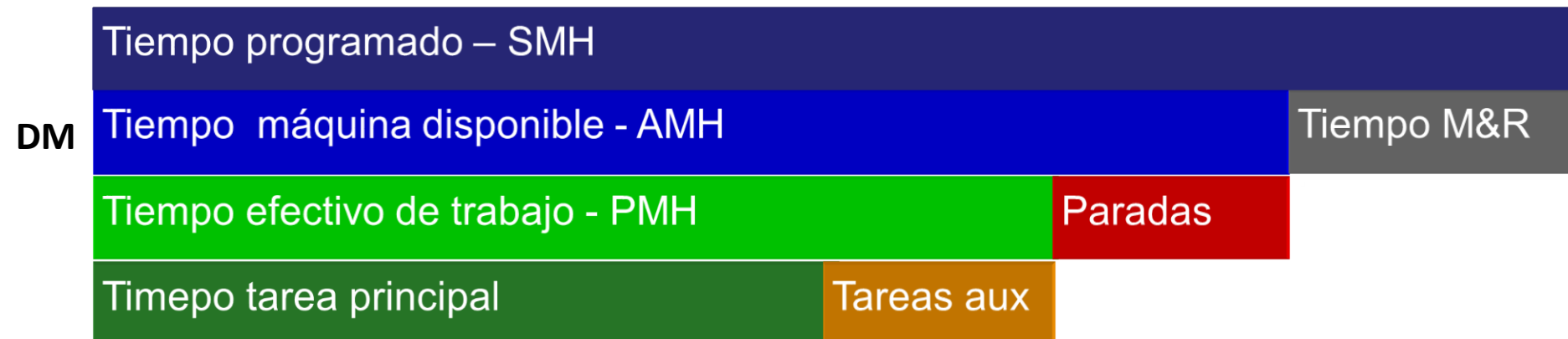


Tiempos operativos principales indicadores

Disponibilidad mecánica

$$DM(\%) = \frac{\text{Tiempo maquina disponible}}{\text{Tiempo programado}} * 100 =$$

$$\frac{\text{Tiempo programado} - \text{Tiempo R\&M}}{\text{Tiempo programado}} * 100$$



Tiempos operativos principales indicadores

Eficiencia operativa (EO)

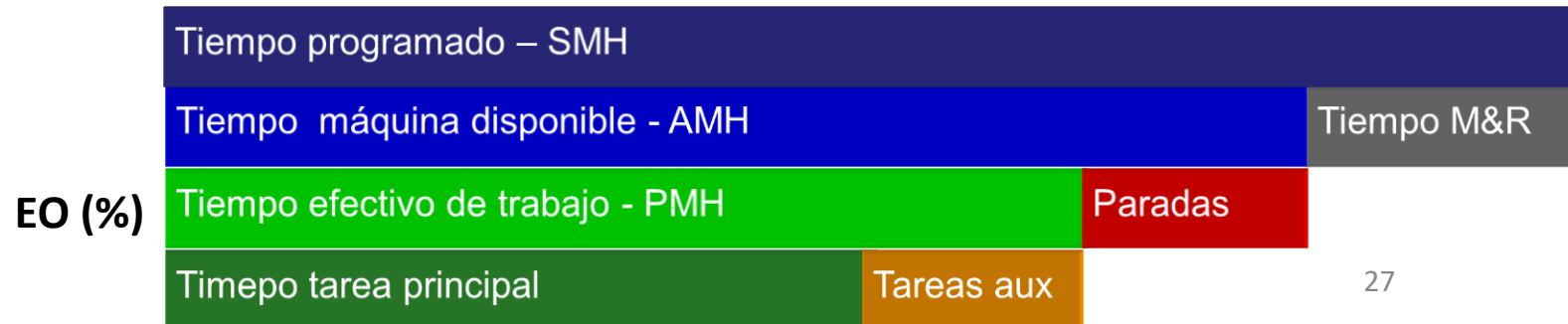
Método 1

$$EO(\%) = \frac{\text{Tiempo programado} - \text{Tiempoo R\&M} - \text{Paradas}}{\text{Tiempo programado}} * 100$$

Método 2

$$\text{Utilización } U(\%) = \frac{\text{Tiempo programado} - \text{Tiempoo R\&M} - \text{paradas}}{\text{Tiempo programado} - \text{Tiempoo R\&M}} * 100$$

$$EO(\%) = DM * U$$



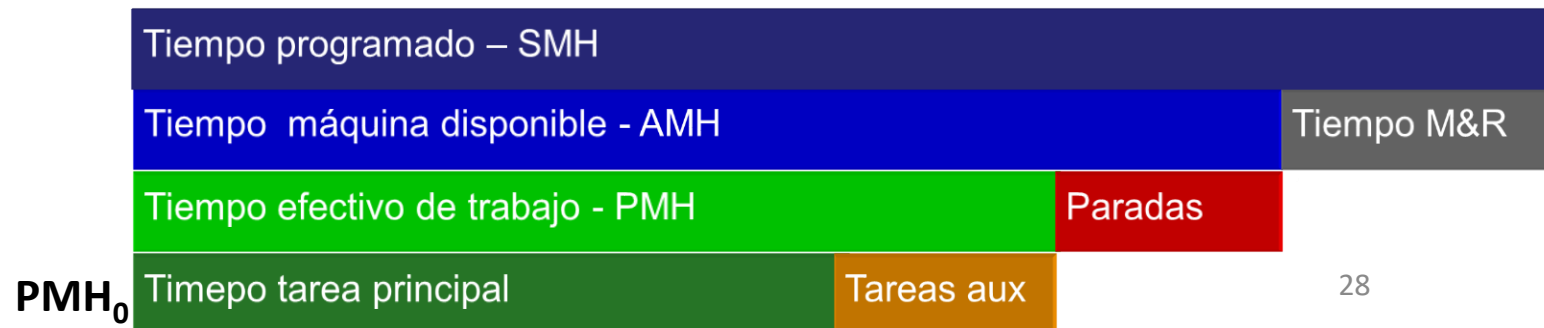
Tiempos operativos - otros indicadores

Tiempo de tarea principal (procesando)

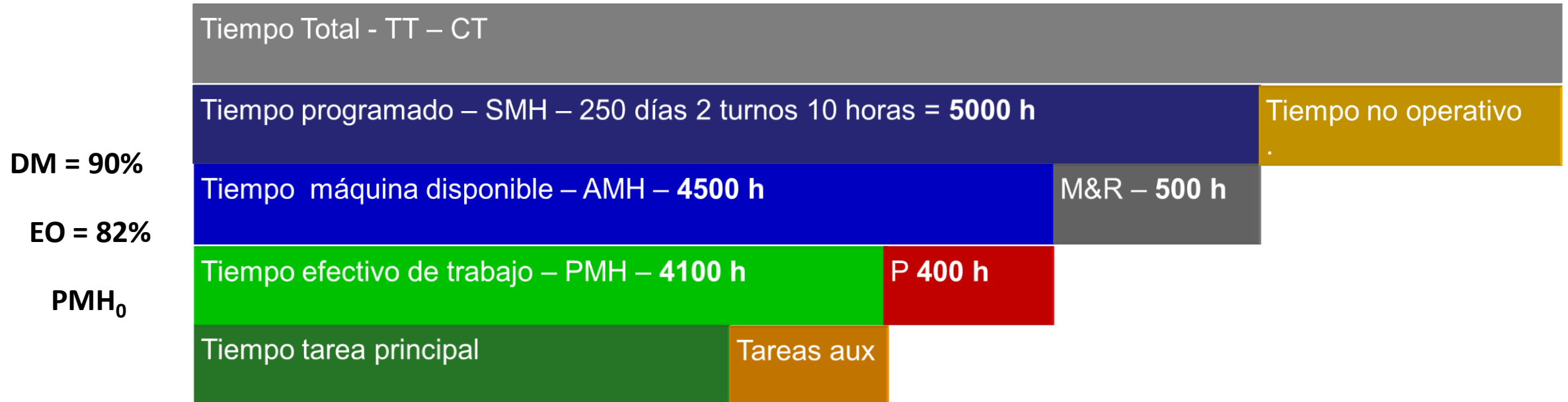
$$\bullet PMH_0(\%) = \frac{\text{Tiempo en tarea principal (h)}}{\text{Tiempo efectivo de trabajo(h)}} * 100$$

Excluye tareas auxiliares (solo apeo procesamiento y trozado)

Indica eficiencia del operario o dificultad del terreno



Tiempos operativos



Tiempos operativos - Paradas

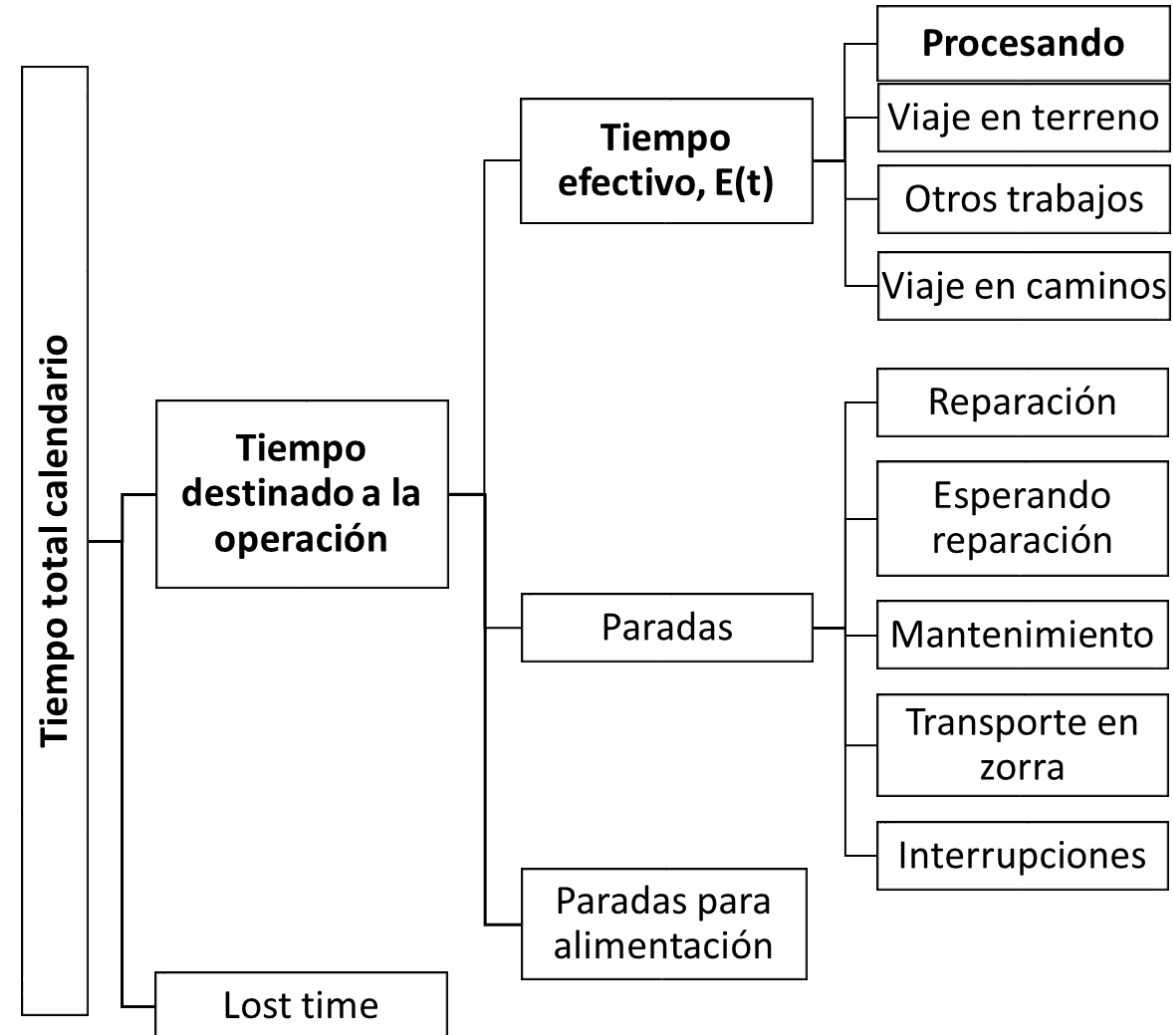
Importante definir que computar como paradas y duración de paradas “filtro de tiempo”

PMH_{15} E15

PMH_{10} E10

PMH_{03} E03 E3

PMH_0 E0



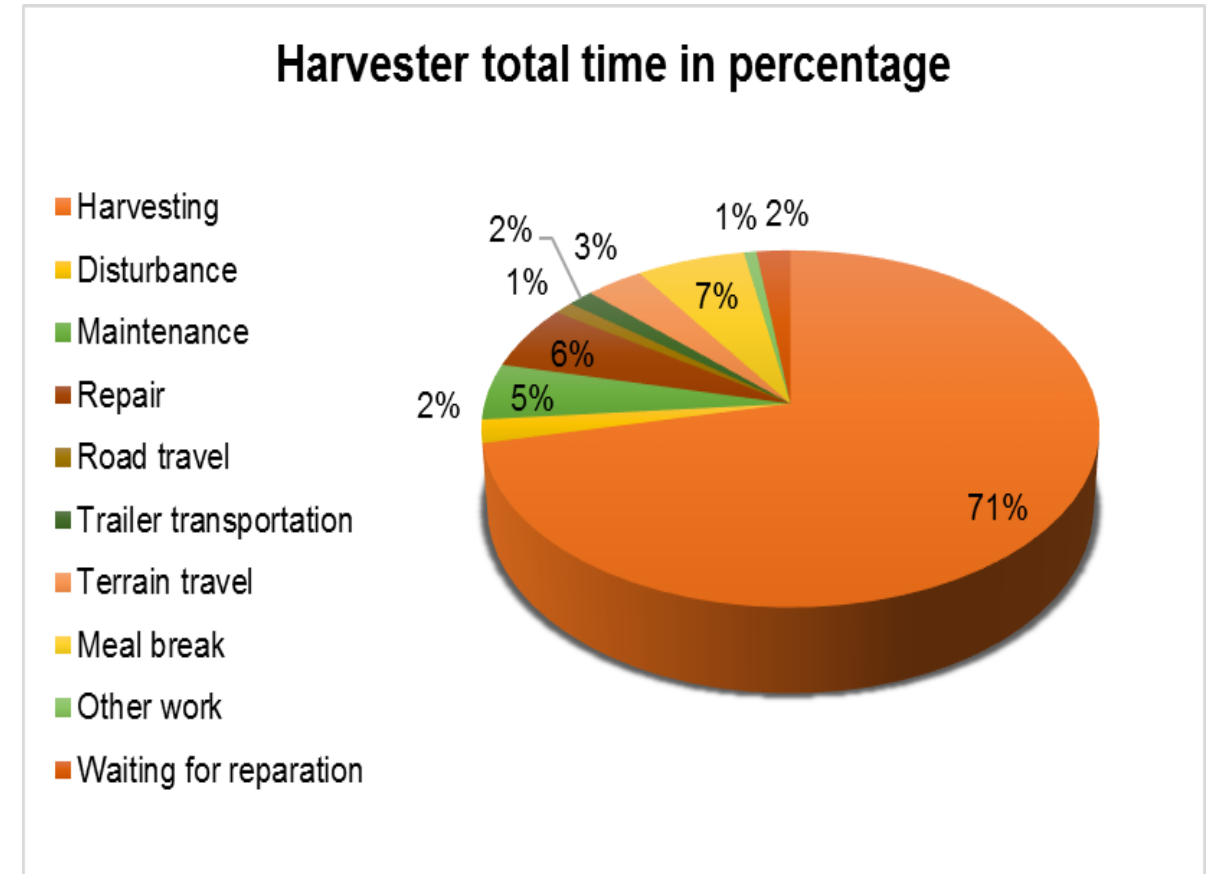
Estudios de tiempo - escala

- **Seguimiento – largo plazo (Follow up)**
- Turno: estudios macro, productividad, paradas
- Muestreo: Parcela (área, tiempo o cantidad de ciclos): Estudio específico, observación de **ciclos**
- **Ciclo**: detalle del proceso, demoras de corta duración
- Elemento del **ciclo**:

Estudios de tiempo - escala

- Seguimiento (Follow up)
- Turno: estudios macro, productividad, paradas.
 - Productividad global (ha/h, m3/h ...)

Obtencion de datos: Automática (StanForD) o Manual



Estudios de tiempo ¿Cómo?

- Estudios de tiempos y movimientos - manuales
- Registros estándar – StanForD
- Registro computadoras de abordo – Hexagon, Magna, ARAG ...
- GNSS (GPS), Sensores de vibración



Time study on a biomass operation



Estudios de tiempo ¿Cómo?

Estudios de tiempos y movimientos – manuales – observación directa



Time study on a biomass operation



Collecting time data

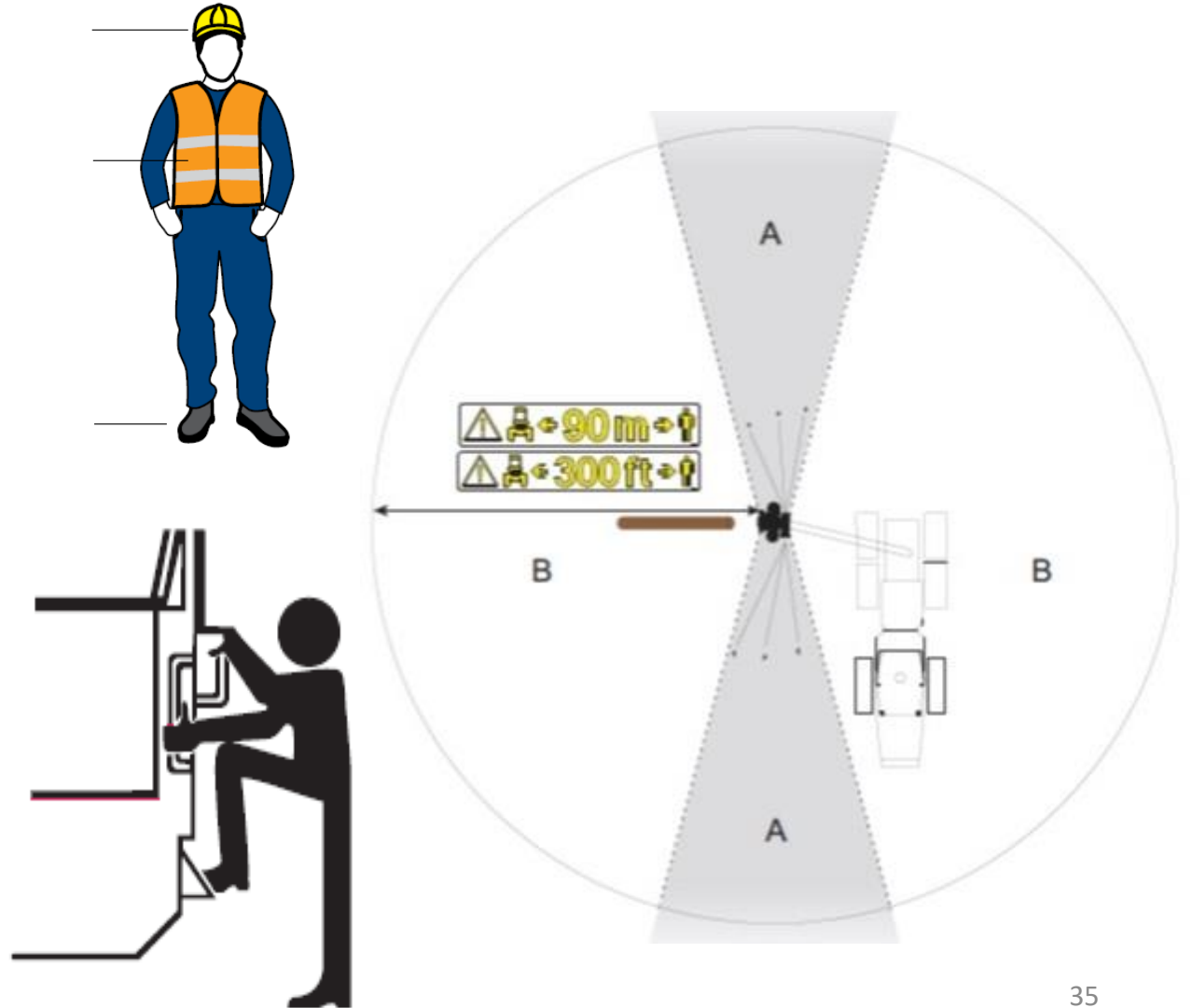
Estudios de tiempos y movimientos - manuales

Seguridad

EPP

Conocer los riesgos de la operación

- Distancias de seguridad
- Practicas de trabajo seguro

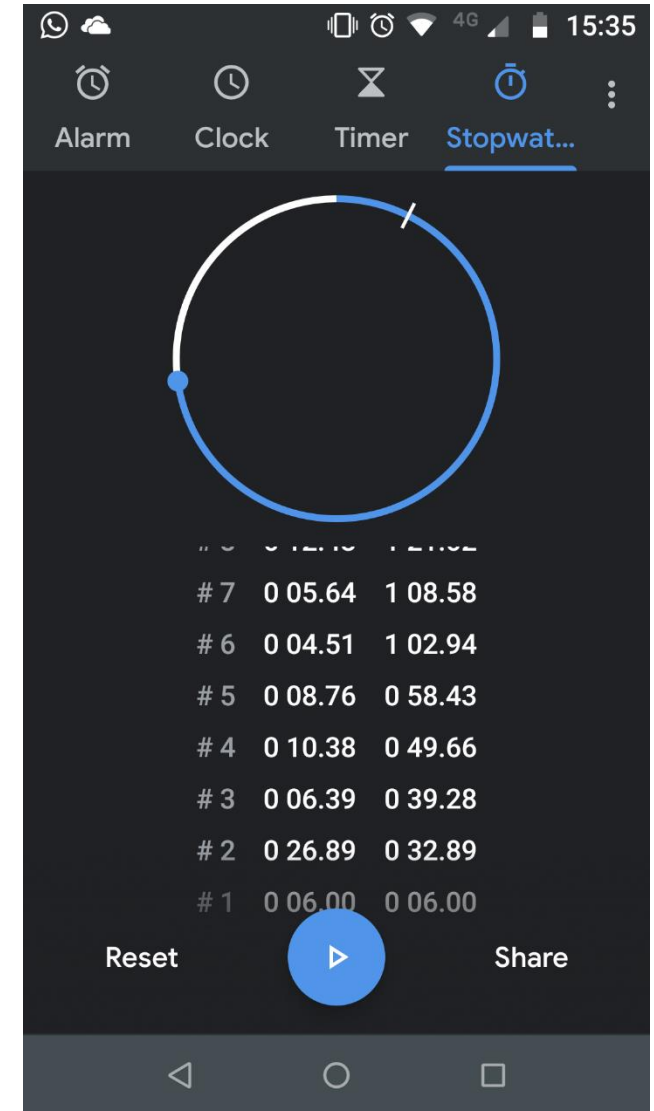


Estudios de tiempos y movimientos – manuales

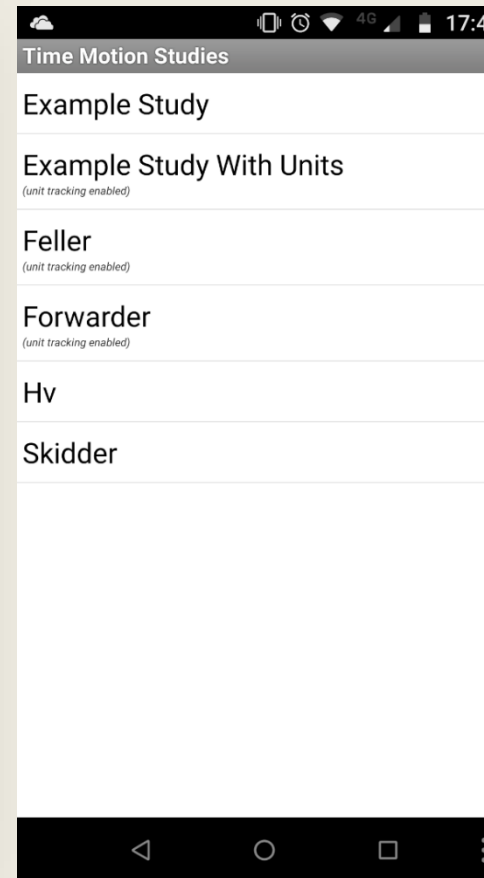
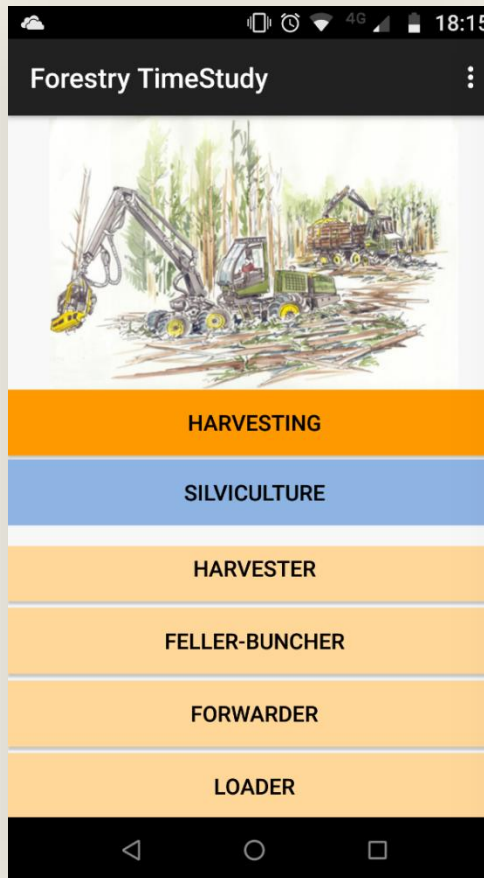
Técnicas

Muestreo: Parcela (área, tiempo o cantidad de **ciclos**)

1. De vuelta a cero (Snap-back timing) – cronometrado de **elementos/ciclos**.
2. Tiempo continuo (acumulado) – se distinguen **elementos**, se suman los tiempos, se aísla duración de **elementos** por sustracción.
3. Tiempo parcial (Selective time) – para medir solo un **elemento del ciclo** se activa al inicio del elemento
4. Multi-momento o estudio de frecuencia.



Estudios de tiempos y movimientos – manuales - Herramientas



Muestreo: Parcela (área, tiempo o cantidad de ciclos)

1. Cronometro con memoria, teléfono o Tablet + planilla para notas
2. App para estudios de tiempo
3. Cronómetro, tablilla, papel (planilla) y lápiz para registro manual

Estudios de tiempos y movimientos – manuales Alternativas

Muestreo: Parcela (área, tiempo o cantidad de ciclos)

1. Presencial

2. Video

Posicion	DAP	Diametro	Largo	Calidad	Evento	Video
0,5021667					Nuevo ciclo	
9,8631667					Contacto con Fuste	
15,948625	286	356			Volteo	
29,3785					Inicio procesamiento	
34,3604792		265	315	Bueno	Trozado	
53,8778959		246	315	Bueno	Trozado	
70,2474793		215	374	Torcido	Trozado	
73,2424792		150	336	Bueno	Trozado	
79,0947917		132	240	Torcido	Trozado	
89,3135417		185	304	Torcido	Trozado	
95,8655417		139	306	Torcido	Trozado	
99,1771875					Nuevo ciclo	
109,99175					Contacto con Fuste	
113,6276667	284	355			Volteo	
119,25475					Inicio procesamiento	
121,4040833		247	314	Bueno	Trozado	
127,8094583		234	314	Bueno	Trozado	
132,1254584		219	315	Bueno	Trozado	
135,4852084		201	315	Bueno	Trozado	
135,2000417		201	315	Torcido	Trozado	
139,5143125		159	347	Torcido	Trozado	
143,0810208					Nuevo ciclo	
161,4650208					Contacto con Fuste	
166,5672501	303	376			Volteo	
171,4662501					Inicio procesamiento	
174,9252501		278	436	Bueno	Trozado	
192,1932501		267	316	Bueno	Trozado	
201,8852501		226	318	Bueno	Trozado	
204,8922501		206	314	Torcido	Trozado	

Estudios de tiempos y movimientos – manuales

Técnicas

Importante:

Identificar ciclos y elementos del ciclo según objetivos del estudio.

Ciclo: detalle del proceso, paradas de corta duración

Paradas: Registro de turnos

Productividad – medición de producción

Madera:

A priori:

- **¿Qué?:** conteo, volumen, peso húmedo, peso seco, volumen aparente.
- **¿Cómo?:** Inventario, censo de parcelas, uso de ecuaciones o modelos, medición o cálculo de áreas

Post:

- **¿Cómo?** medición de producción; datos de cosechadoras o forwarder (calibración), medición o cálculo de áreas.

Estudios de tiempo – cuanto muestrear

$$n = t^2 * S^2 / \left[E * \frac{\bar{x}}{100} \right]^2$$

n = número de muestras (ciclos)

t = Valor t Student

S² = Varianza de muestra piloto o esperada

E = Error maestro admitido (ej. 5%)

\bar{x} = Media (promedio) ciclos muestra piloto o esperada

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

n = número de muestras (ciclos)

n' = número de muestras piloto

x = valor de cada observación (ciclo=

Estudios de tiempo - Procesamiento

Estadística descriptiva

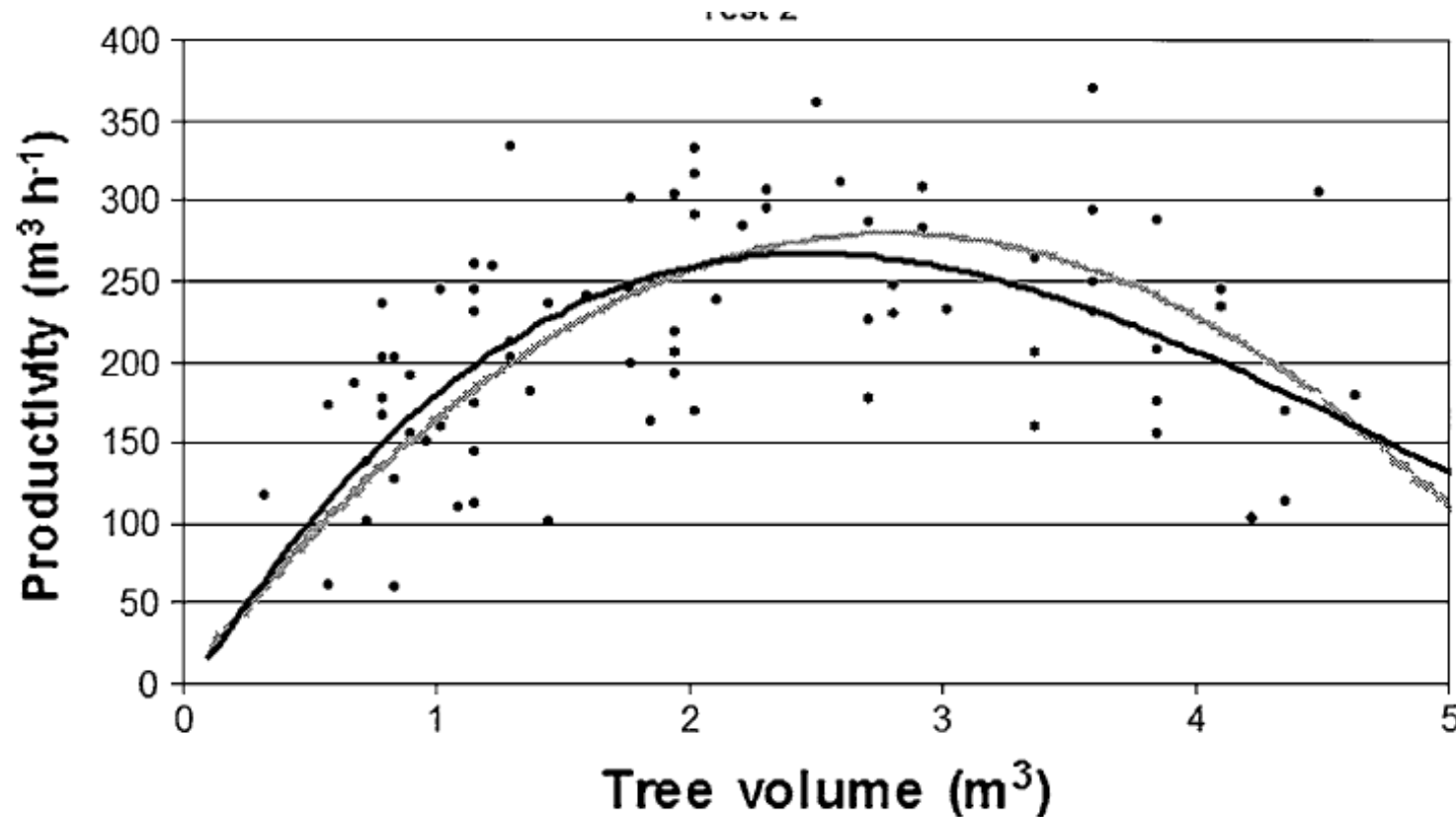
- Chequeo u observación, Seguimiento – largo plazo (Follow up)
- Turno: estudios macro, productividad, paradas

Estadística descriptiva, ANOVA, ANCOVA, Regresión simple o regresión múltiple

- Comparación, muestreo: Parcela (área o tiempo o cantidad de ciclos), Estudio específico, observación de **ciclos**
- **Ciclo**: detalle del proceso, demoras de corta duración
- Elemento del **ciclo**:
- Modelos

Productividad; como estimar?₁

Supuesto maquinaria adecuada:



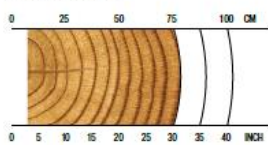
OVERVIEW

Harvesting in late thinnings; final felling of large timber (head-appropriate), hardwood or softwood.

APPLICATIONS

Hardwood harvesting/processing
Softwood harvesting/processing
Shovel logging
Late or final thinnings/clear felling

RECOMMENDED RANGE



8-76cm / 3-30 in.

SPECS

-  **3450 kg / 7,606 lb.**
Net Weight
-  **35 MPa / 5,076 psi**
Hydraulic Requirements
-  **76 cm / 30 in.**
Max. Doliimb Opening
-  **85 cm / 33.5 in.**
Max. Feed Roller Opening
-  **81 cm / 32 in.**
Maximum Sawing Capacity
-  **30+ metric ton**
Carrier Size

Productividad; como estimar?₂

- Registros históricos
- Bibliografía
 - Modelos
 - Evaluaciones casos
- Estudios de tiempo

Productividad; como estimar?₁

Registros históricos

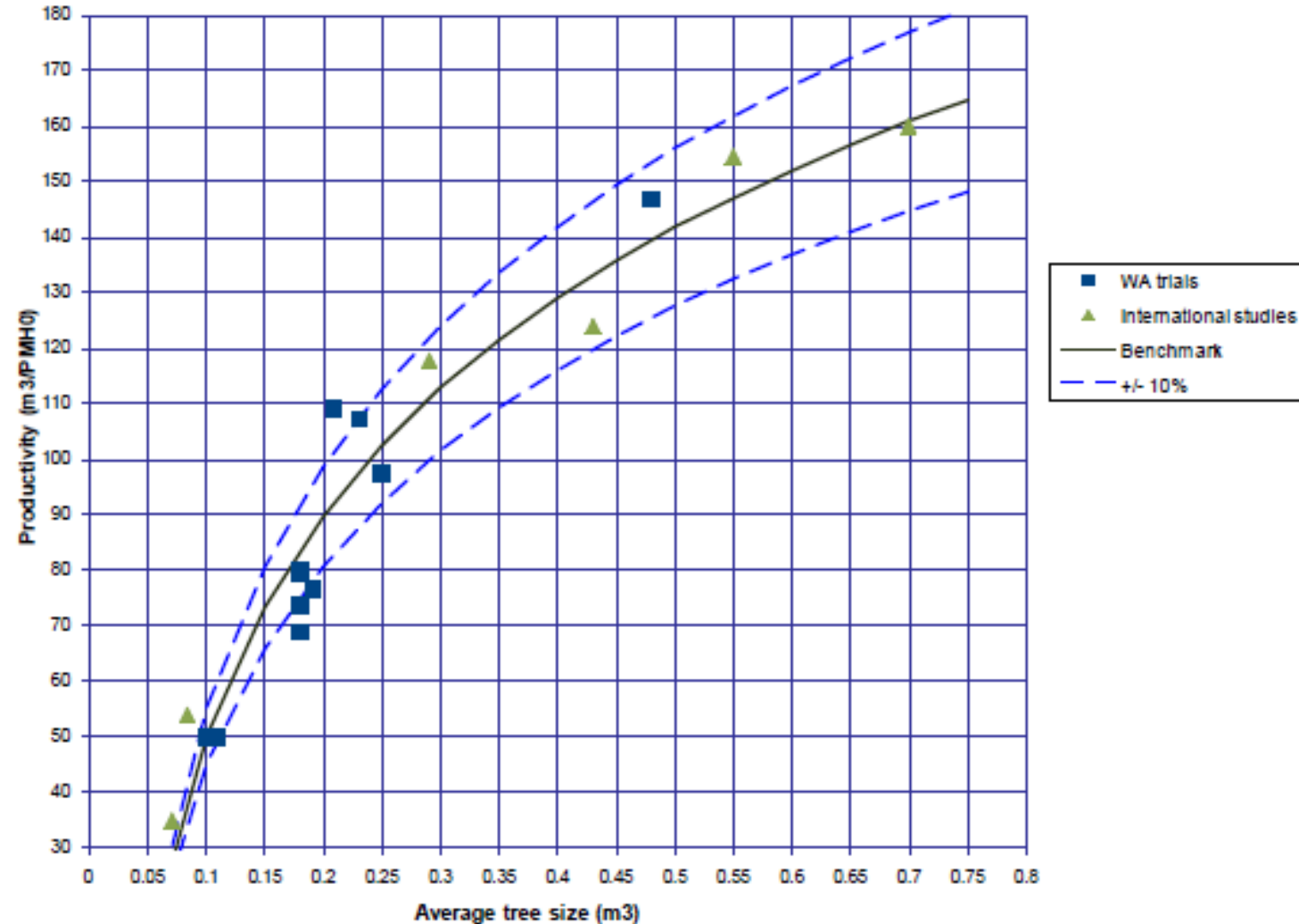
Cuando existen

- Variable nivel de detalle
- Dificultad para estimar eficiencias y cuantificar variables.
- De buena calidad (producción, identificación de las operación y operarios, EO) – mejor opción

Productividad; como estimar?₁

Bibliografía

- Modelos
- Evaluaciones casos



Productividad; como estimar?₂

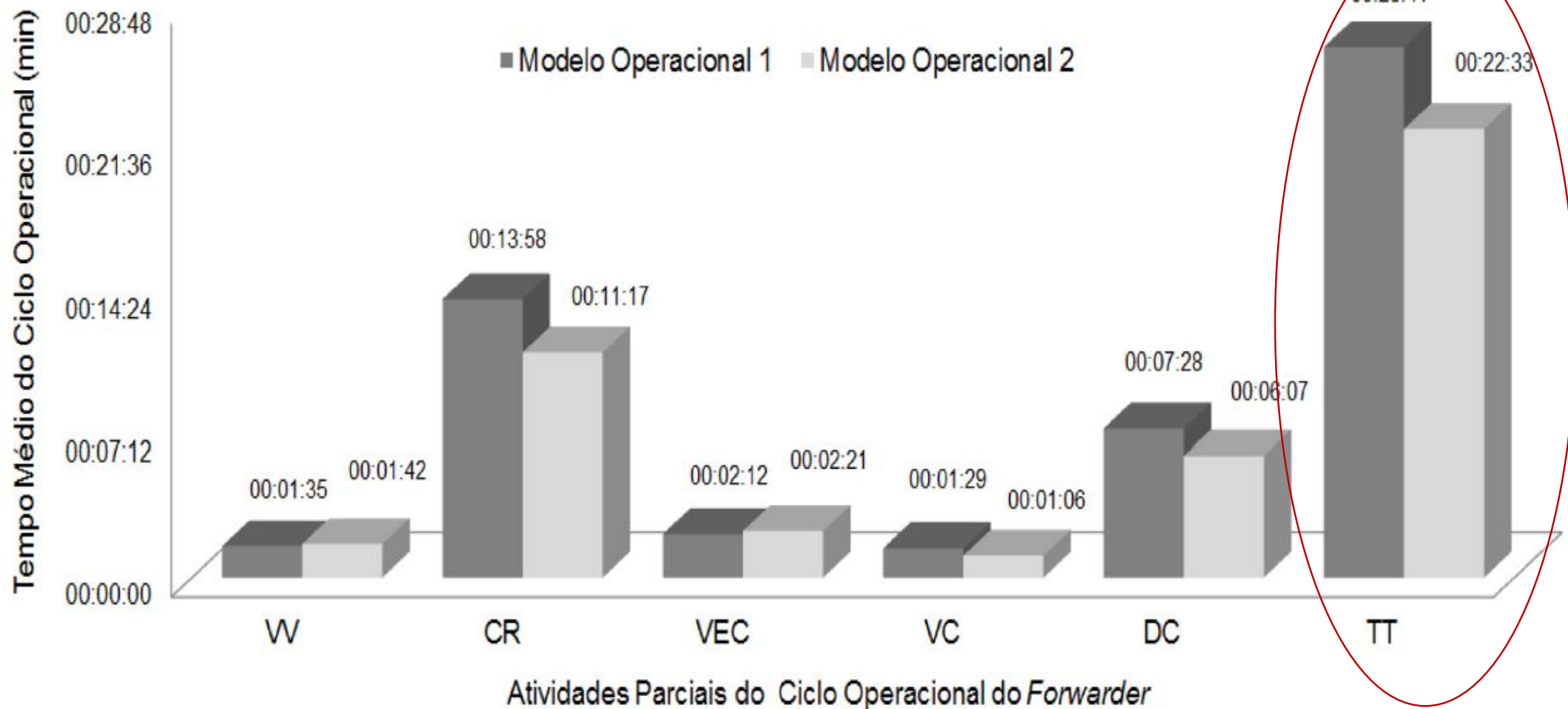
Extracción:



Volumen o peso carga / tiempo de ciclo * EO

- No trozas o fustes * volumen
- Balanza (celda de carga)
- Volumen estéreo * coeficiente de apilamiento
- Modelo (volumen o peso)

Definir ciclo (carga, viaje cargado, descarga, viaje vacío, otros)
Medir duración



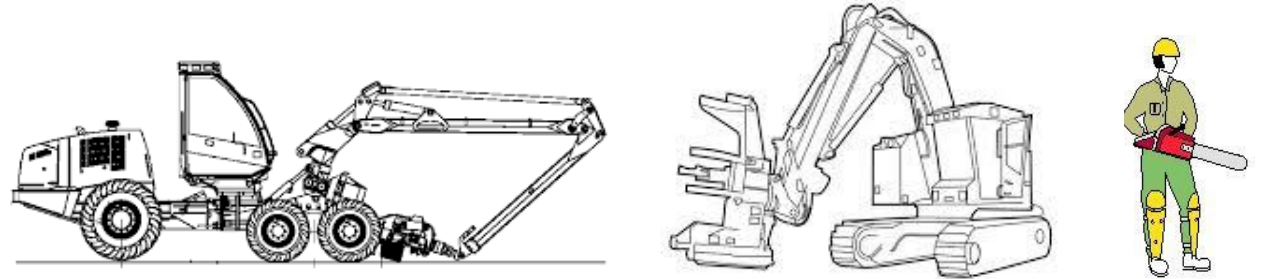
Em que: W = Viagem Vazio; CR = Carregamento (CR); VEC = Viagem entre Carga; VC = Viagem Carregado, DC = Descarregamento, TT = Tempo Total.

Figura 3. Tempos médios das atividades parciais do *forwarder* nos modelos operacionais de extração 1 e 2.

Figure 3. Mean times of the partial activities of the *forwarder* in the operational models 1 and 2.

Productividad; como estimar?₅

Corte y procesamiento:



- Volumen unitario/tiempo de ciclo * EO ---- (m^3/hr)
- Arb cortados * m^3/arb /tiempo (hr)

Información inventario

Medición a campo

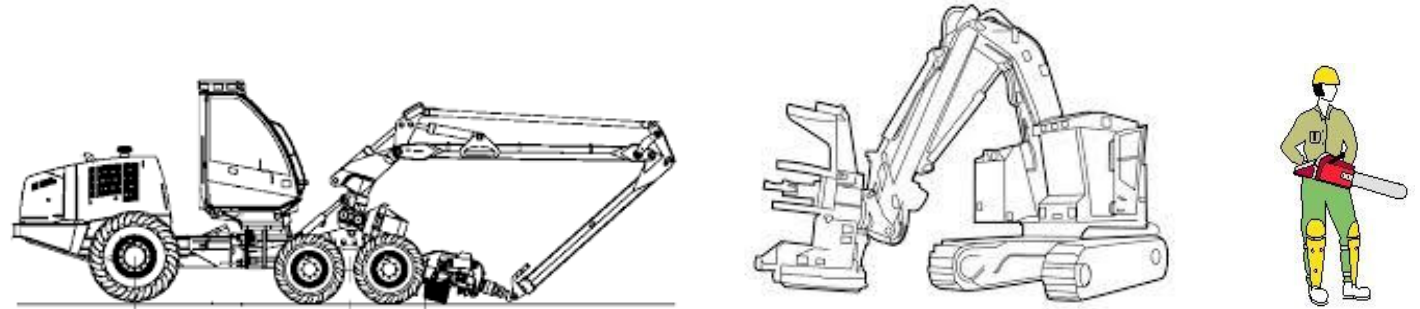
- Medir volumen en un periodo de tiempo conocido.

Variables que influyen en productividad

Corte y procesamiento

Tamaño de árbol

60-80% variabilidad

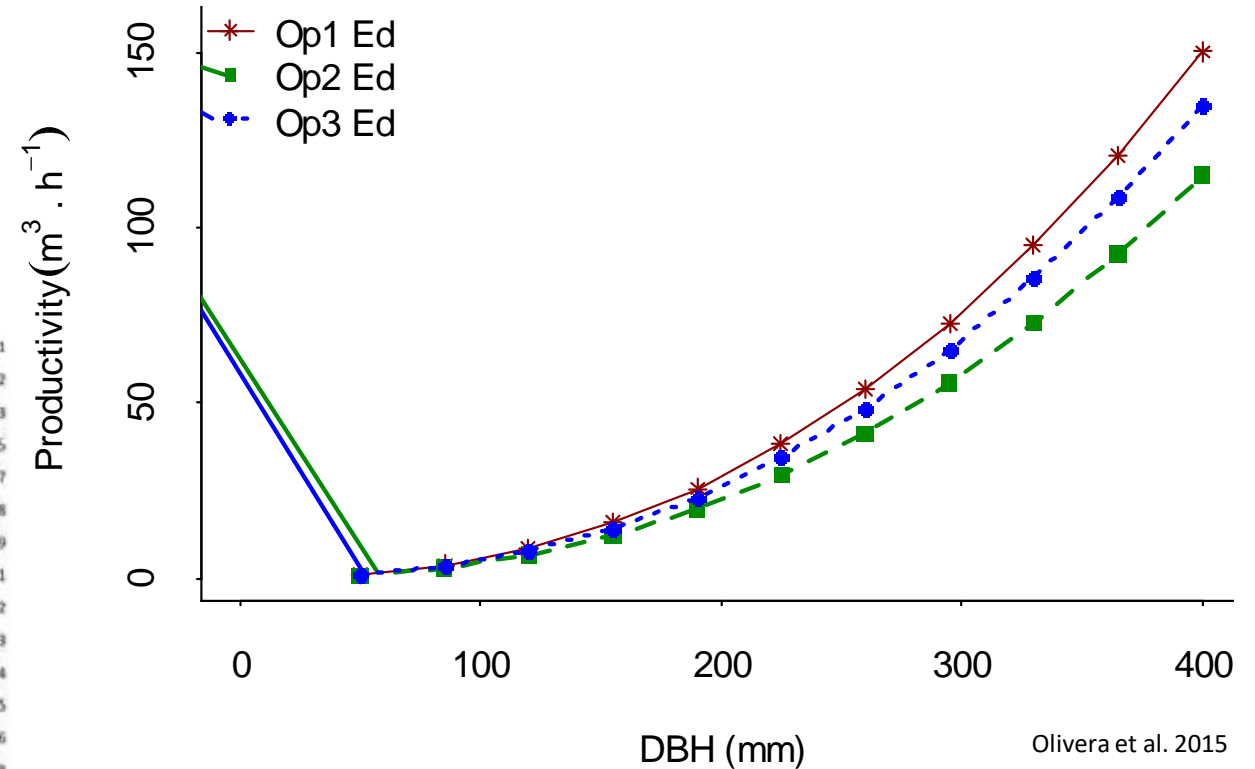
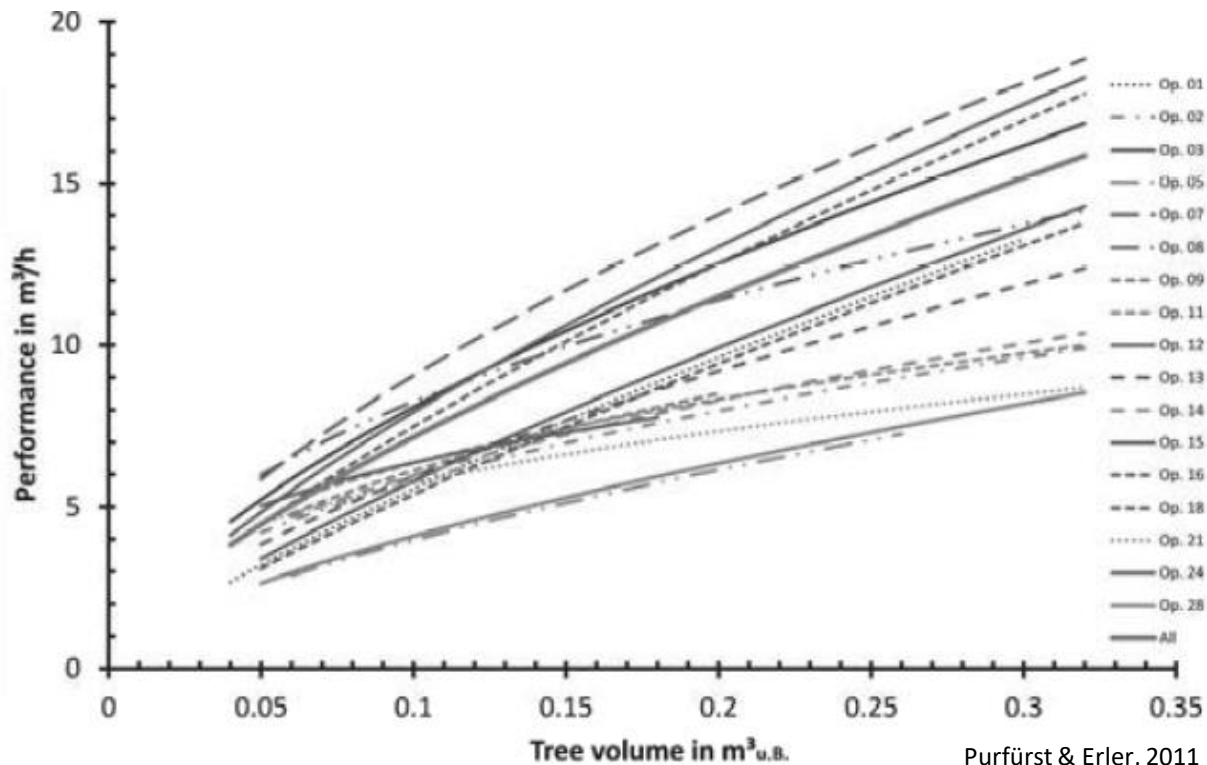


Distancia de extracción



VARIABLES QUE INFLUYEN EN PRODUCTIVIDAD 1

Corte y procesamiento y
Extracción
Operario



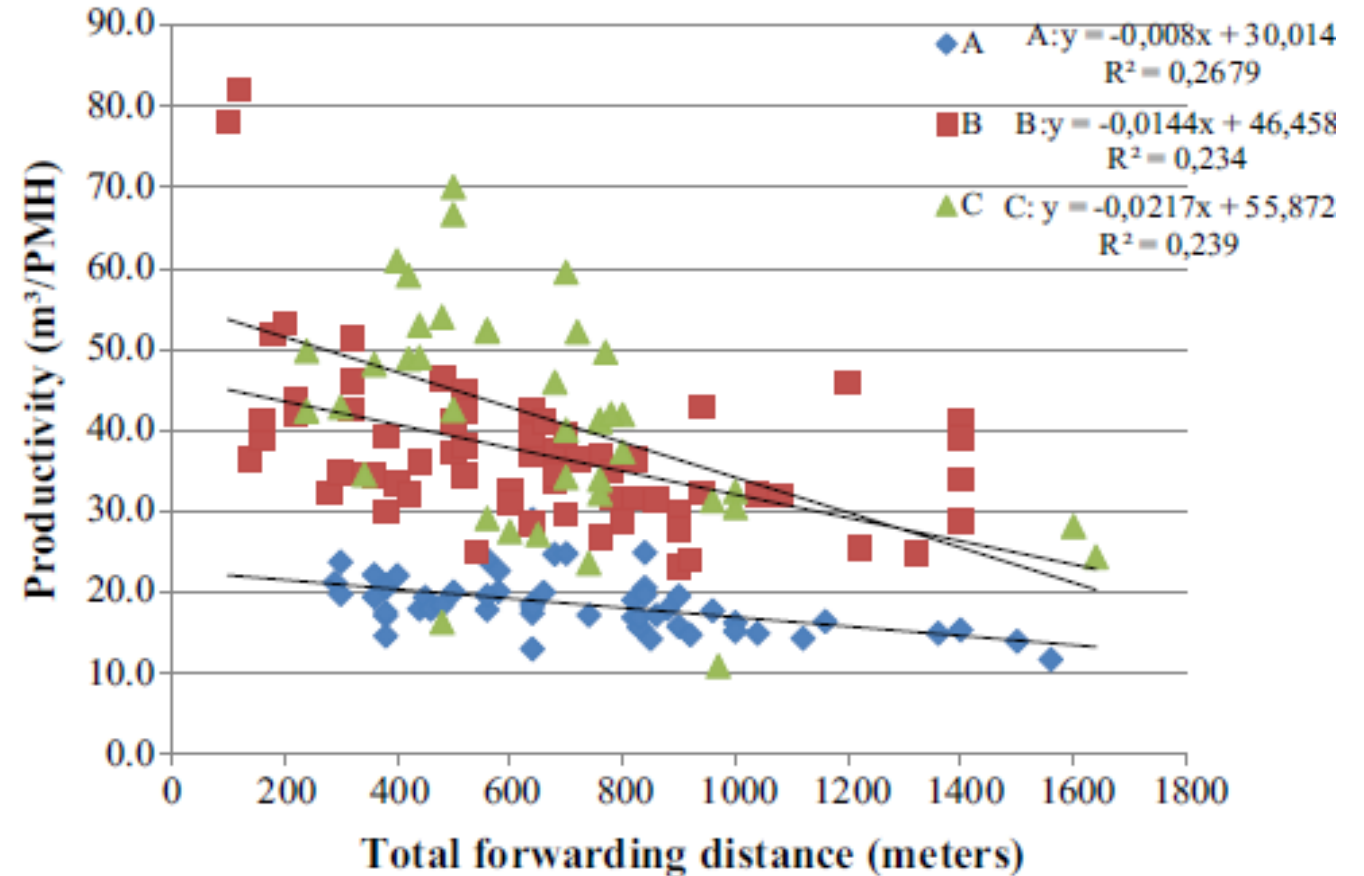
Olivera et al. 2015

Variables que influyen en productividad 2

[http://dx.doi.org/10.5380/rf.v36i2.6459.](http://dx.doi.org/10.5380/rf.v36i2.6459)

Factores que influyen en productividad 2

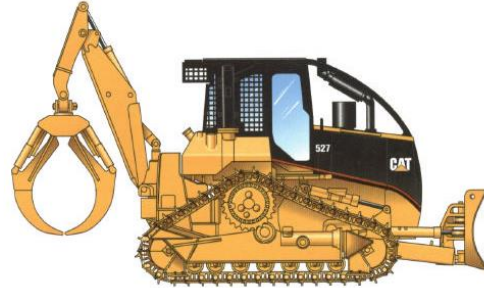
Extracción
Tamaño de
maquina.



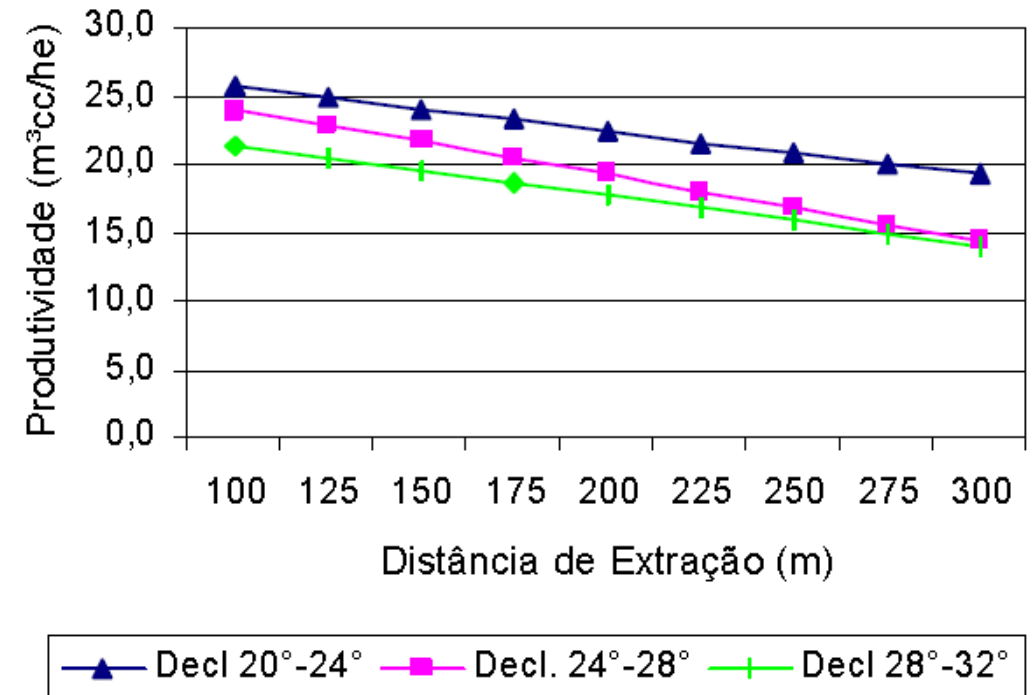
Proto et al. 2018

Factores que influyen en productividad 3

Extracción Terreno



- Topografía (pendiente)
 - Frontal <15%, 16-30%, >30%
- Distancia media de extracción



Factores que influyen en productividad 5

Planificación

- Producto/s a producir (mix, especificaciones)

Harvester

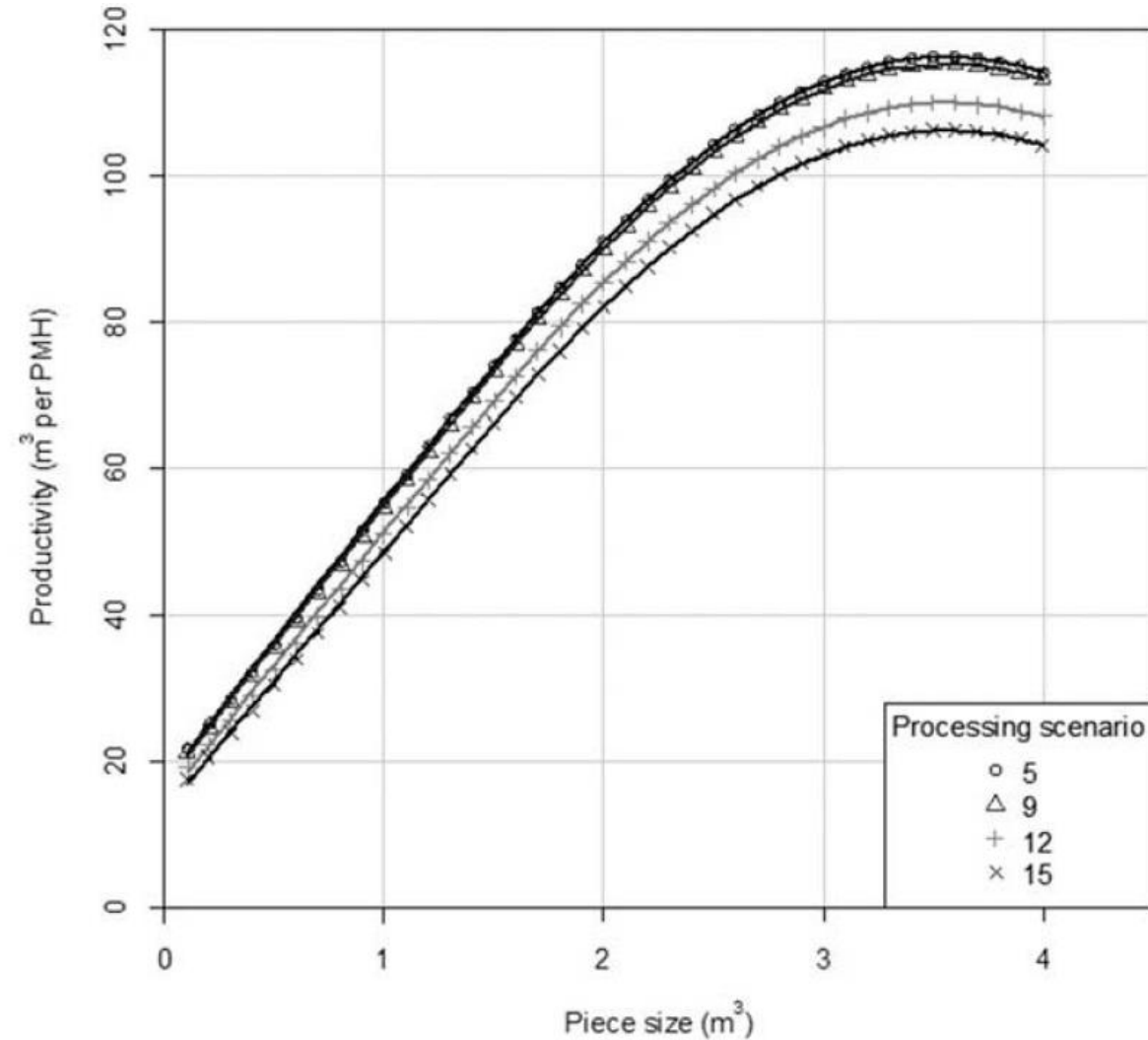


Figure 2. Productivity trend lines by processing scenario.

Factores que influyen en productividad 6

Planificación

- Producto/s a extraer (mix, especificaciones)

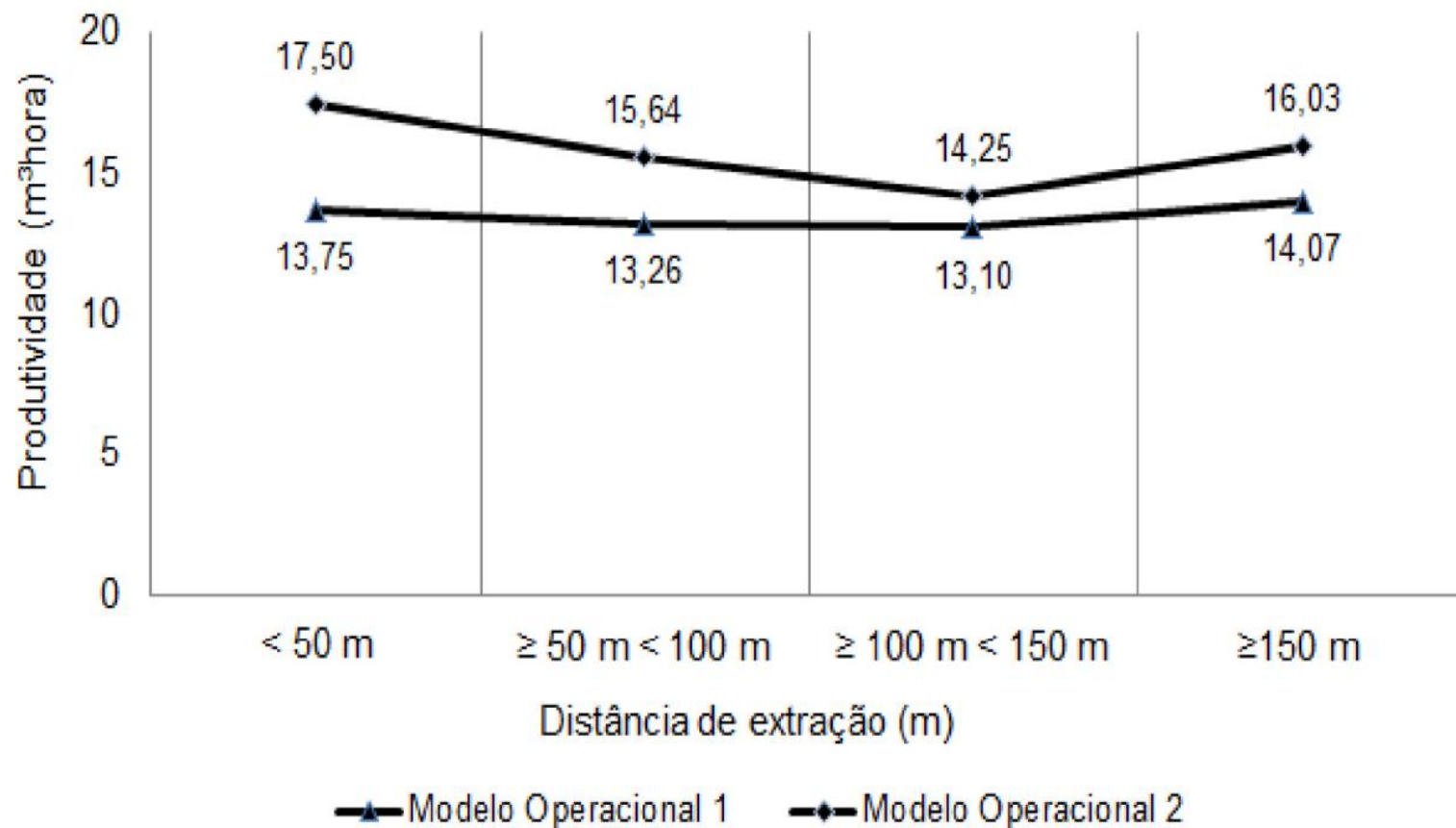


Figura 4. Produtividade média do *forwarder* nos diferentes modelos operacionais e distâncias de extração.
Figure 4. Mean productivity of the *forwarder* in the different operational models and extraction distances.

Variables que influyen en productividad 4

Terreno

- Suelo
 - Capacidad portante
 - Tipo de suelos y transiciones.
 - Rugosidad del terreno
 - Residuos forestales

Variavles que influyen en productividad 5

Terreno

- Lluvias (intensidad y distribución)
- Sotobosque - regeneración

Variables que influyen en productividad 7

Plantación

- Características de los arboles
 - Forma
 - Ramas (densidad, diámetro, arboles de borde)
 - Bifurcaciones o multi-lideres (porcentaje, frecuencia)
 - Sanidad
 - Poda
 - Presencia
 - Altura

Variables que influyen en productividad 8

Plantación

- Tipo de operación
 - Tala rasa
 - Raleo
 - Marco de plantación (calidad)
 - Tipo
 - Sistemático, selectivo o mixto
 - Árboles remanentes
 - Marcación previa o el operador define

Variables que influyen en productividad

Plantación

- Tipo de plantación
 - Tallar
 - Fustal
- Extensión, áreas contiguas (movimientos encarecen)
- Dirección de plantación
- Densidad (arb/ha)
 - Marco de plantación
 - Faltantes (“clarones”)

Próxima classe

Costos

Bibliografía

- IUFRO. (1995). Forest work study nomenclature. *Test Edition Valid 1995 - 2000*. Garpenberg, Sweden. Retrieved from internal-pdf://iufro_workstudynomenclature__bjoerheden_-3177350400/IUFRO_WorkStudyNomenclature__bjoerheden_.pdf
- Skogforsk. (2017). StanForD. Retrieved October 19, 2017, from <https://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/>
- Eriksson, M., & Lindroos, O. (2014). Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets. *International Journal of Forest Engineering*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/14942119.2014.974309>
- Lopes, E. da S., Diniz, C. C. C., Serpe, E. L., & De Cabral, O. M. J. V. (2016). Efeito do sortimento da madeira na produtividade e custo do forwarder no desbaste comercial de Pinus taeda. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, 44(109), 57–66. <https://doi.org/10.18671/scifor.v44n109.05>
- SANTOS, P. H. A. dos, SOUZA, A. P. de, MARZANO, F. L. da C., & MINETTE, L. J. (2013). Produtividade E Custos De Extração De Madeira De Eucalipto Com Clambunk Skidder. *Revista Árvore*, 37(3), 511–518. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000300014>
- Malinovski, R. A., Malinovski, R. A., Malinovski, J. R., & Yamaji, F. M. (2006). Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. *Revista Floresta*, 36(2), 169–182. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v36i2.6459>
- Strandgard, M., Alam, M., & Mitchell, R. (2014). Impact of slope on productivity of a self-levelling processor. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 35(2), 193–200. Retrieved from http://www.crojfe.com/r/i/crojfe_35-2_14/strandgard.pdf
- Proto, A. R., Macrì, G., Visser, R., Harrill, H., Russo, D., & Zimbalatti, G. (2018). Factors affecting forwarder productivity. *European Journal of Forest Research*, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10342-017-1088-6>

Próxima classe

custos

Bibliografía 2

Birro, M. H. B., Machado, C. C., Souza, A. P. de, & Minetti, L. J. (2002). Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Track-Skidder” em região montanhosa. *Revista Árvore*, 26(5), 525–532.

<https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000500001>

Purfürst, F. T., & Erler, J. (2011). The Human Influence on Productivity in Harvester Operations. *International Journal of Forest Engineering*, 22(2), 15–22.

<https://doi.org/10.1080/14942119.2011.10702606>

Tolan, A., & Visser, R. (2015). The effect of the number of log sorts on mechanized log processing productivity and value recovery. *International Journal of Forest Engineering*, 26(1), 36–47. <https://doi.org/10.1080/14942119.2015.1011404>

Leite da, E. S., Fernandes, H. C., Minette, L. J., Leite, H. G., & Guedes, I. L. (2013). Modelagem técnica e de custos do harvester no corte de madeira de eucalipto no sistema de toras curtas. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, 41(98), 205–215.

Retrieved from <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr98/cap06.pdf>