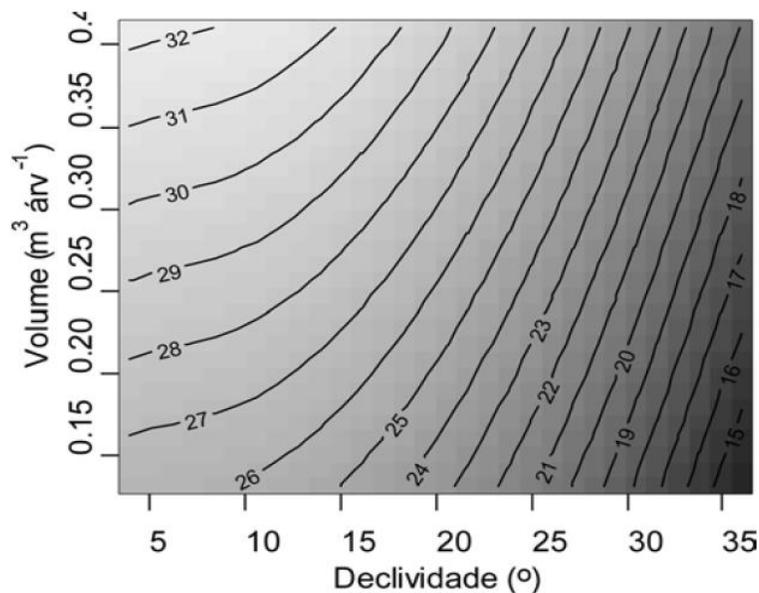
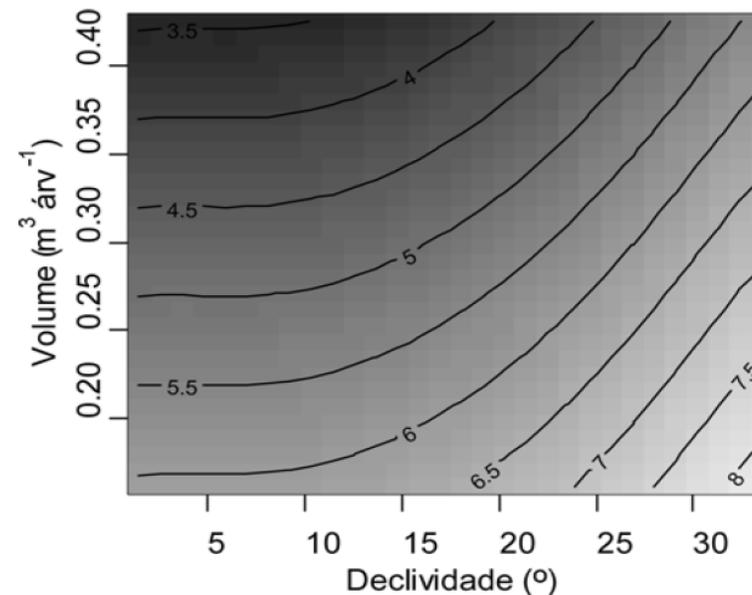


# Evaluación de productividad de Operaciones Forestales



**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

Alejandro Olivera, Ing. Agr. PhD  
Ing. For.  
[alejandro.olivera@cut.edu.uy](mailto:alejandro.olivera@cut.edu.uy)

098500106

Carlos Perdomo, Ing. Agr.  
[cperdomo@fagro.edu.uy](mailto:cperdomo@fagro.edu.uy)

# Evaluación de productividad de Operaciones Forestales

Alejandro Olivera, Ing. Agr. PhD  
Ing. For.  
[alejandro.olivera@cut.edu.uy](mailto:alejandro.olivera@cut.edu.uy)

098500106

Carlos Perdomo, Ing. Agr.  
[cperdomo@fagro.edu.uy](mailto:cperdomo@fagro.edu.uy)

# Hoy



 Objetivos del curso

 Organización

 Contenidos

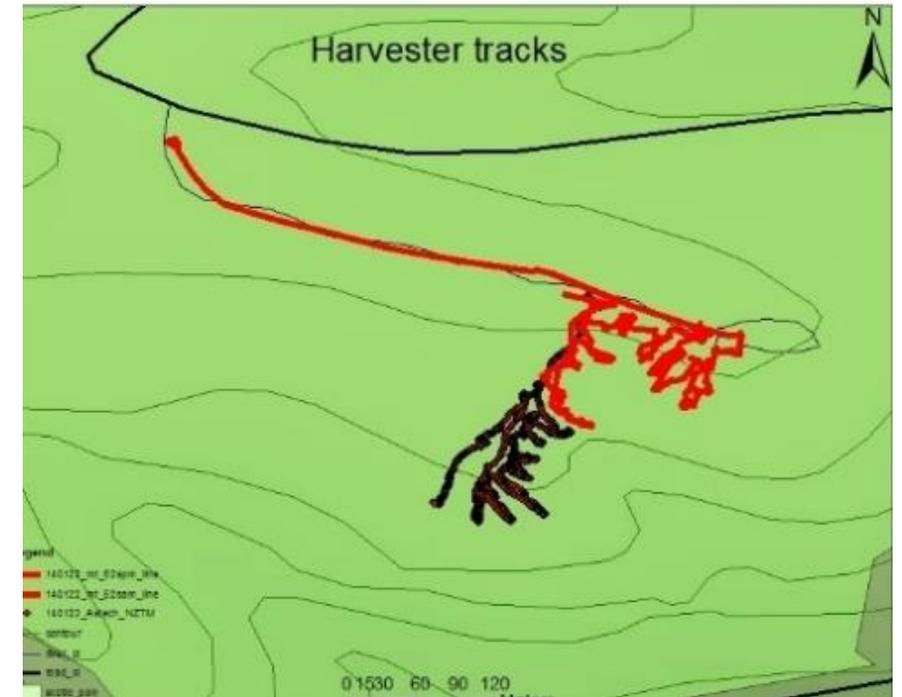
 Bibliografía y material

 Introducción



# Objetivo general

Comprender, generar y analizar datos para evaluar productividad de operaciones forestales de silvicultura, manejo y cosecha.

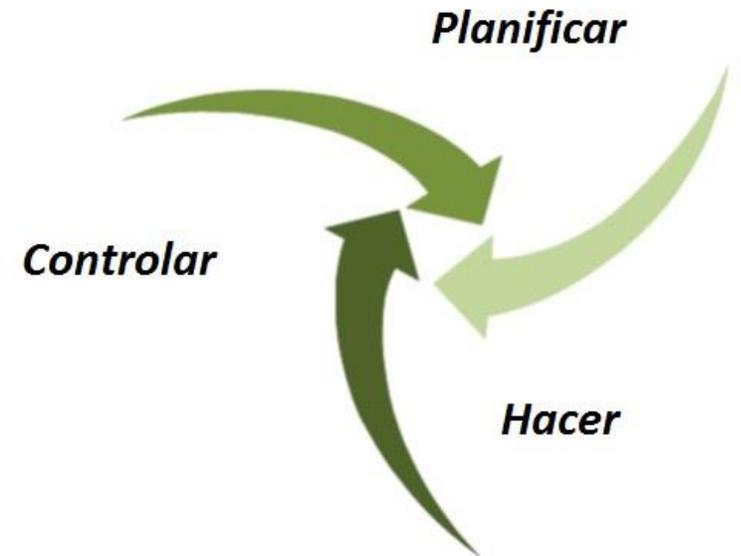


# Objetivos específicos

Conocer herramientas (y tecnologías) disponibles para la generación de datos en OF (mecanizadas)

- Silvicultura.
- Cosecha.

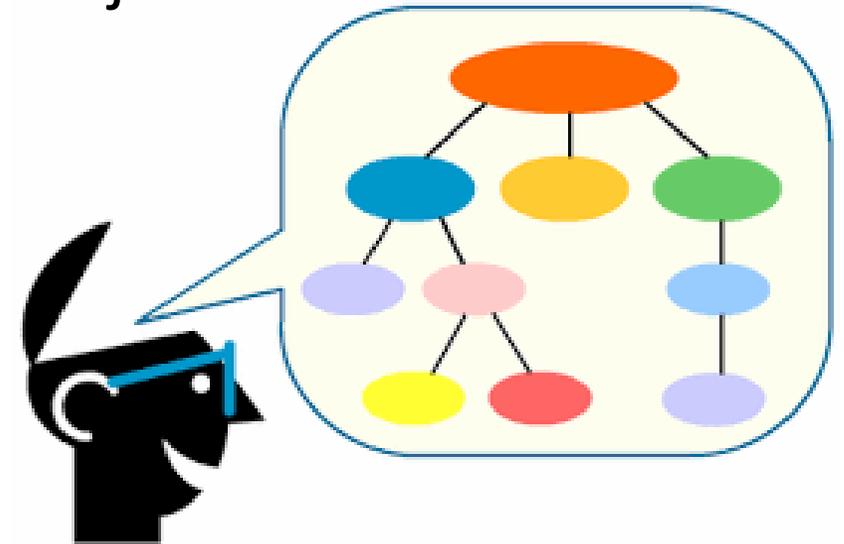
Entender –practicar- recolección de datos y procesarlos aplicando técnicas y tecnologías para la evaluación de productividad de OF.



# Organización

Conocimientos previos

- Nociones forestales generales
- Nociones generales de organización de trabajo
- Productos forestales
- Maquinaria forestal
- Legislación y SySO
- Gestión Forestal
- Suelos
- Inventarios Forestales
- Sistemas de Información Geográfico



# Organización

Metodología de clases:

👷 Mañana - teórico

👷 Tarde - práctico

👷 Discusión

👷 Sábado salida a campo ???

👷 Material



# Organización

Fecha			h	Tema	Descripción
Abril	M 3	Mañana	3	Introducción. Productividad	Introducción curso. Fundamentos de estudios de tiempos y rendimientos. Métodos manuales
		Tarde	3	Practica Métodos manuales	Uso de datos recolectados manualesmente, practicas con grabaciones en video
	J 4	Mañana	3	Evaluaciones de productividad en cosecha Forestal	StanForD, StanForD2010, evaluaciones de productividad usando datos recolectados automaticamente por maquinas Harvester y Forwarder
		Tarde	3	Practica StanForD	Configuración de computadoras de cosechadoras para registro de datos y practica de procesamiento de datos
	V 5	Mañana	3	Datos recolectados por computadoras de abordó No StanForD	Configuración de equipos de recolección de datos y practica de procesamiento de datos
		Tarde	3	Practica con información de silvicultura	Configuración de equipos de recolección de datos y practica de procesamiento de datos
	S 6		10	Salida a campo o aula	Práctica a campo de evaluación de operaciones - métodos de registros manual; o procesamiento de datos
	Mayo	V 17	Mañana	4	Seminario final

# Organización

## Certificaciones:

### Participación/asistencia

 80% de las clases

### Aprobación

 70% del puntaje máximo

Escala porcentual	Escala categorías	Escala UDELAR
90-100	A	10 - 11 y 12
80-89	B	8 - 9
70-79	C	6 - 7
50-69	D	5
40-49		4
30-39		3
20-29		2
10-19		1
0-9		0

# Organización

Evaluaciones para aprobación:

- 👷 EDUPER: seminario – presentación oral (15 minutos) - grupos de 2 o 3
- 👷 Estudiantes posgrado – seminario e Informe escrito

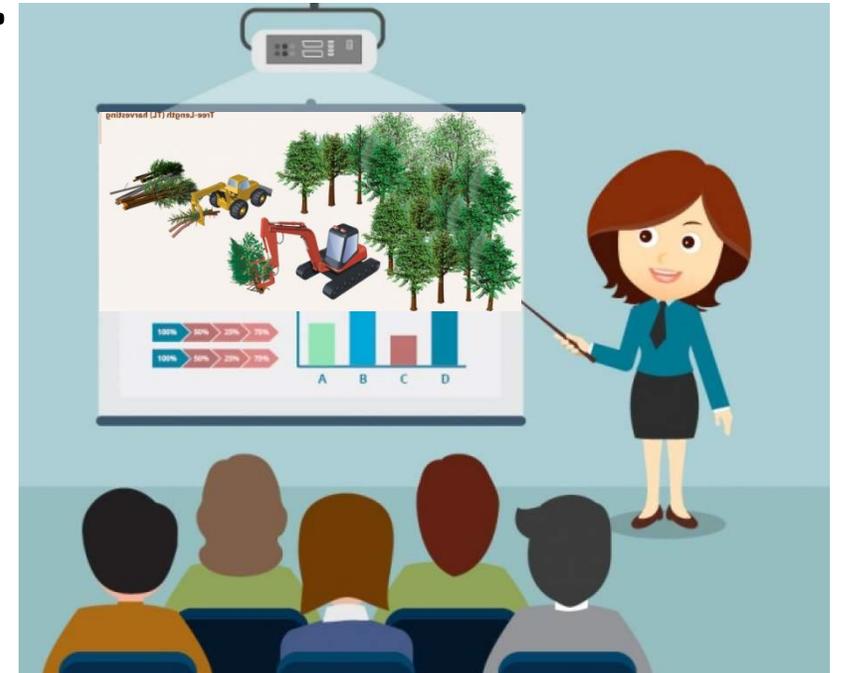


# Organización

Evaluaciones para aprobación:

Seminario grupos 2 o 3 (15'):

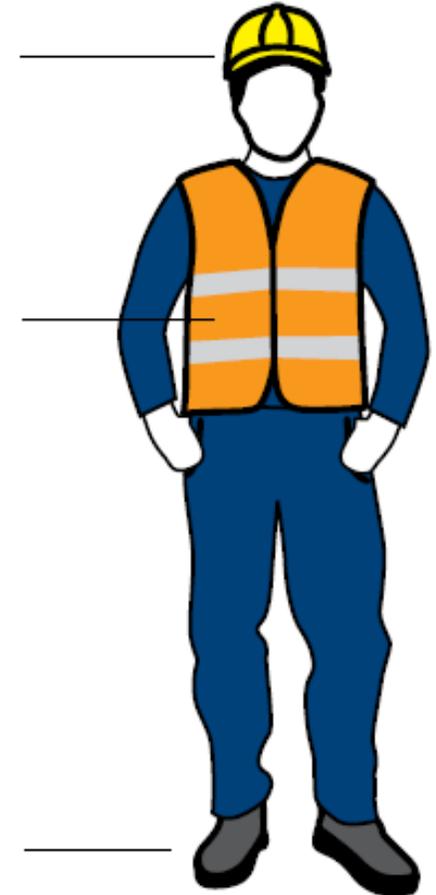
- 1. Evaluación de productividad de una operación forestal.***
- 2. Análisis de una publicación científica***



# Organización

## Practica - campo

- Casco
- chaleco/ropa reflexivo/a
- Zapatos con suela antideslizante
- Polainas (según lugar de visita)
- Para evaluación: cronometro, cámara, cinta métrica, planillas, lápiz, Tablet o teléfono



# Bibliografía básica

- COST Action FP-0902 (2012) - “Good practice guidelines for biomass production studies”
- IUFRO. (1995). Forest work study nomenclature. Garpenberg, Sweden.
- Ackerman, P., Gleasure, E., Ackerman, S., & Shuttleworth, B. (2014). STANDARDS FOR TIME STUDIES FOR THE SOUTH AFRICAN FOREST INDUSTRY. Retrieved from <http://www.icfr.ukzn.ac.za/sites/default/files/pubs/Time Study Standards 2015.pdf>
- Forestry, C. R. C. for. (2010). Enhancing forest machine efficiency: onboard computer selection and implementation guide. Tasmania, Australia: CRC for Forestry. Retrieved from [http://www.crcforestry.com.au/publications/downloads/CRC-Onboard-Computers-WEBLINK-21\\_031.pdf](http://www.crcforestry.com.au/publications/downloads/CRC-Onboard-Computers-WEBLINK-21_031.pdf)
- Uusitalo J. (2010). *Introduction to Forest Operations and Technology*. JVP forest Systems Oy. Cap 8.

# Bibliografía y material de apoyo

- <https://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/>
- Ponsse Plc. (n.d.). Opti4G 4.730 - Manual.
- Log Mate © Log Max AB, (2018) Log Mate 510 Manual del Operador
- Log Mate © Log Max AB, (2017) Log Mate 500 Manual del Operador
- Log Mate © Log Max AB, (2013) Log Mate 500 Operational Monitoring
- Log Mate © Log Max AB, (2013) Log Mate 500 Manual de Software
- Deere & Company (2016), TimberMatic H-12, Manual del Operador.
- <http://www.forestproductivity.co.za>

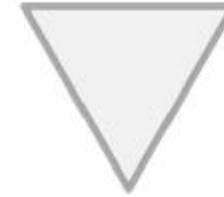
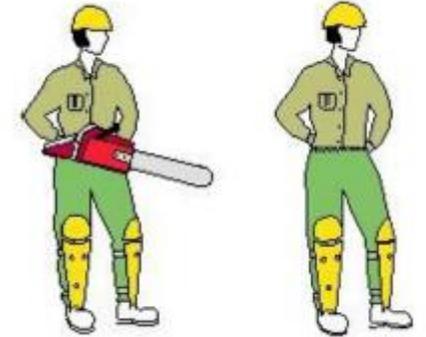
# Evaluación de productividad de Operaciones Forestales

# Operaciones Forestales

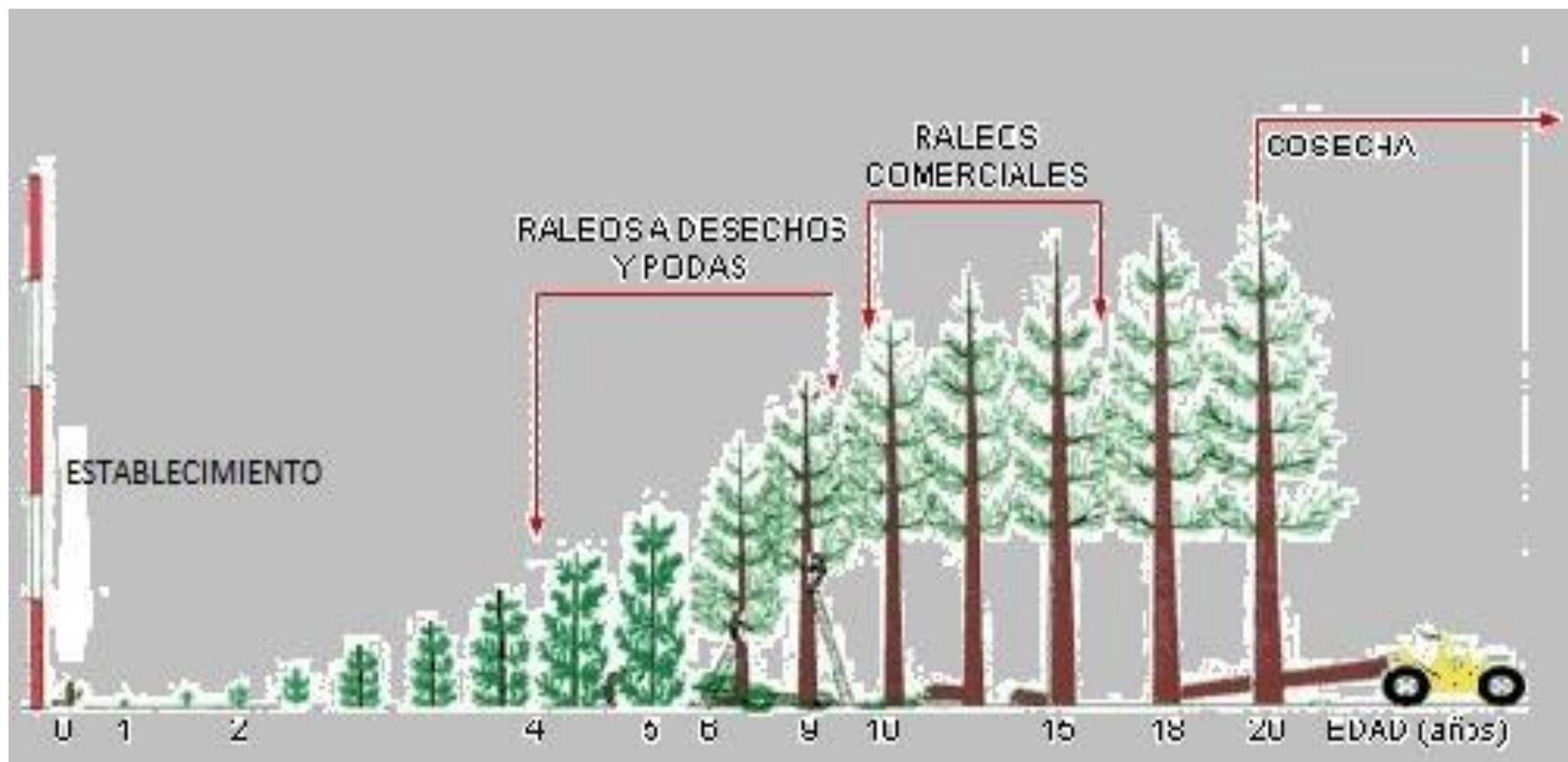


# OF concepto

Organización y gestión de recursos (RRHH, maquinas, insumos) para ejecutar actividades forestales.

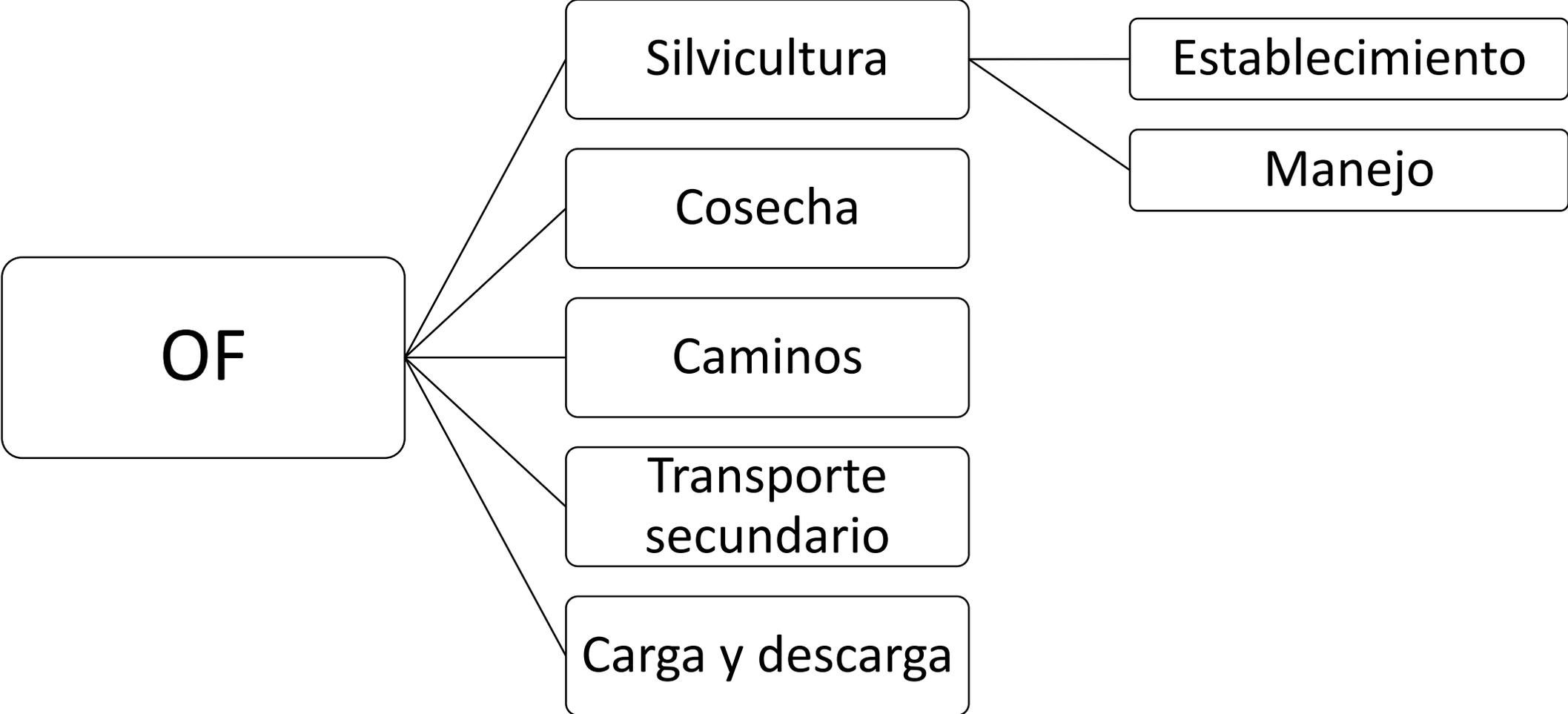


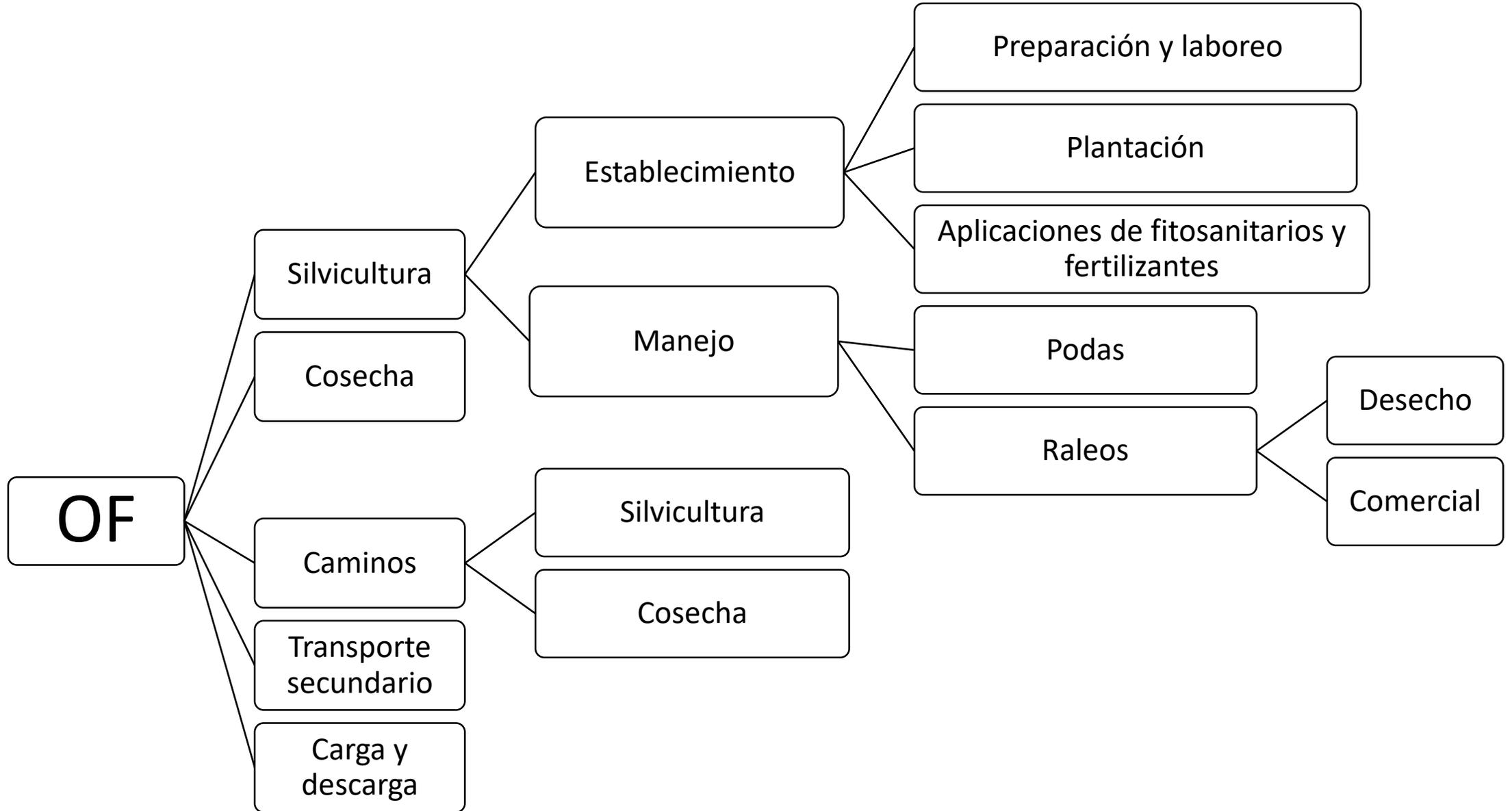
OF

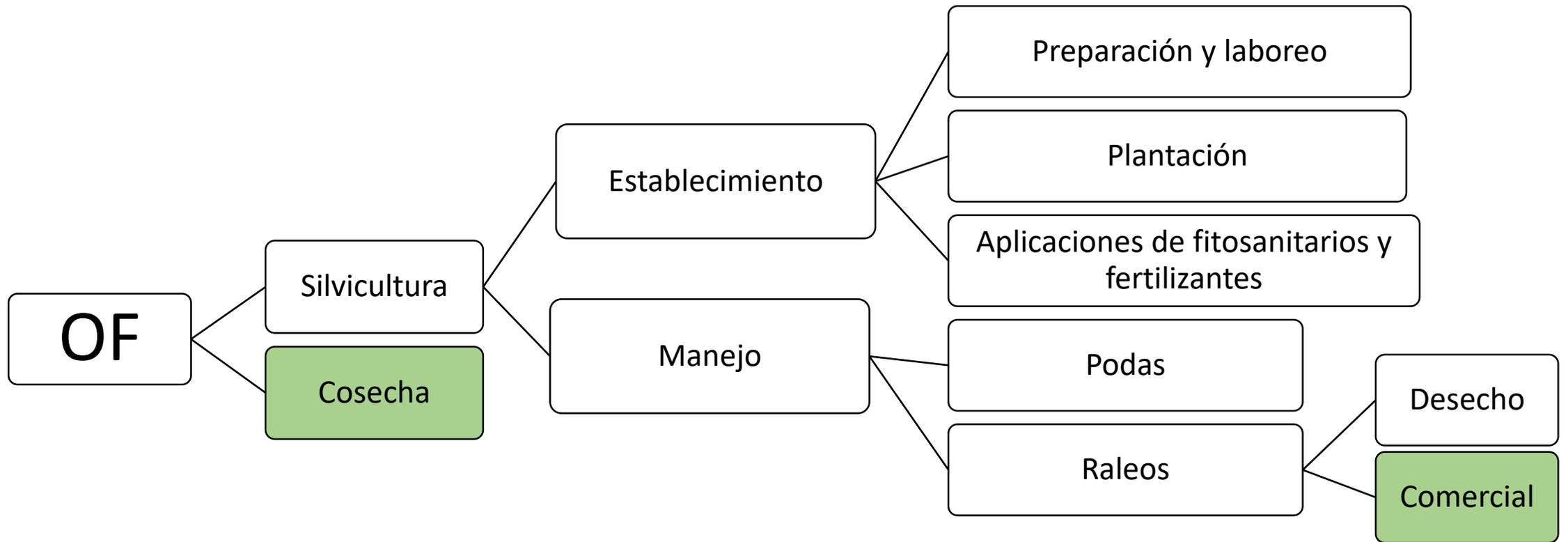


# OF

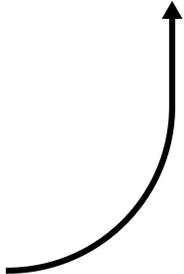
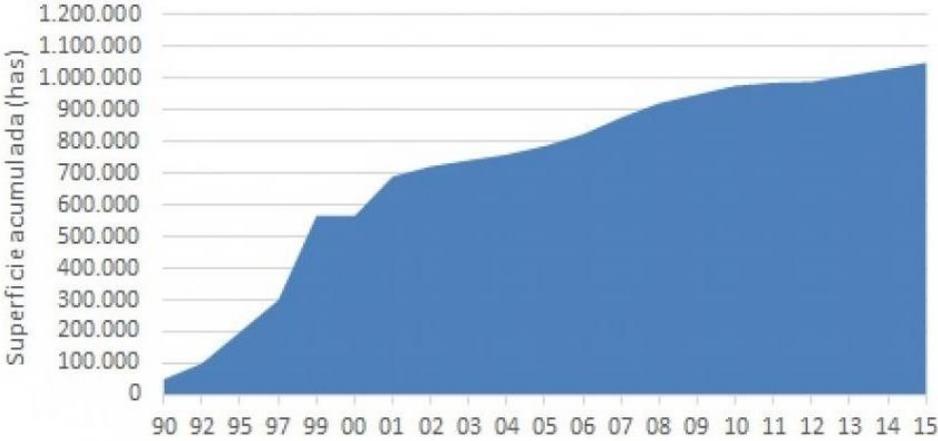




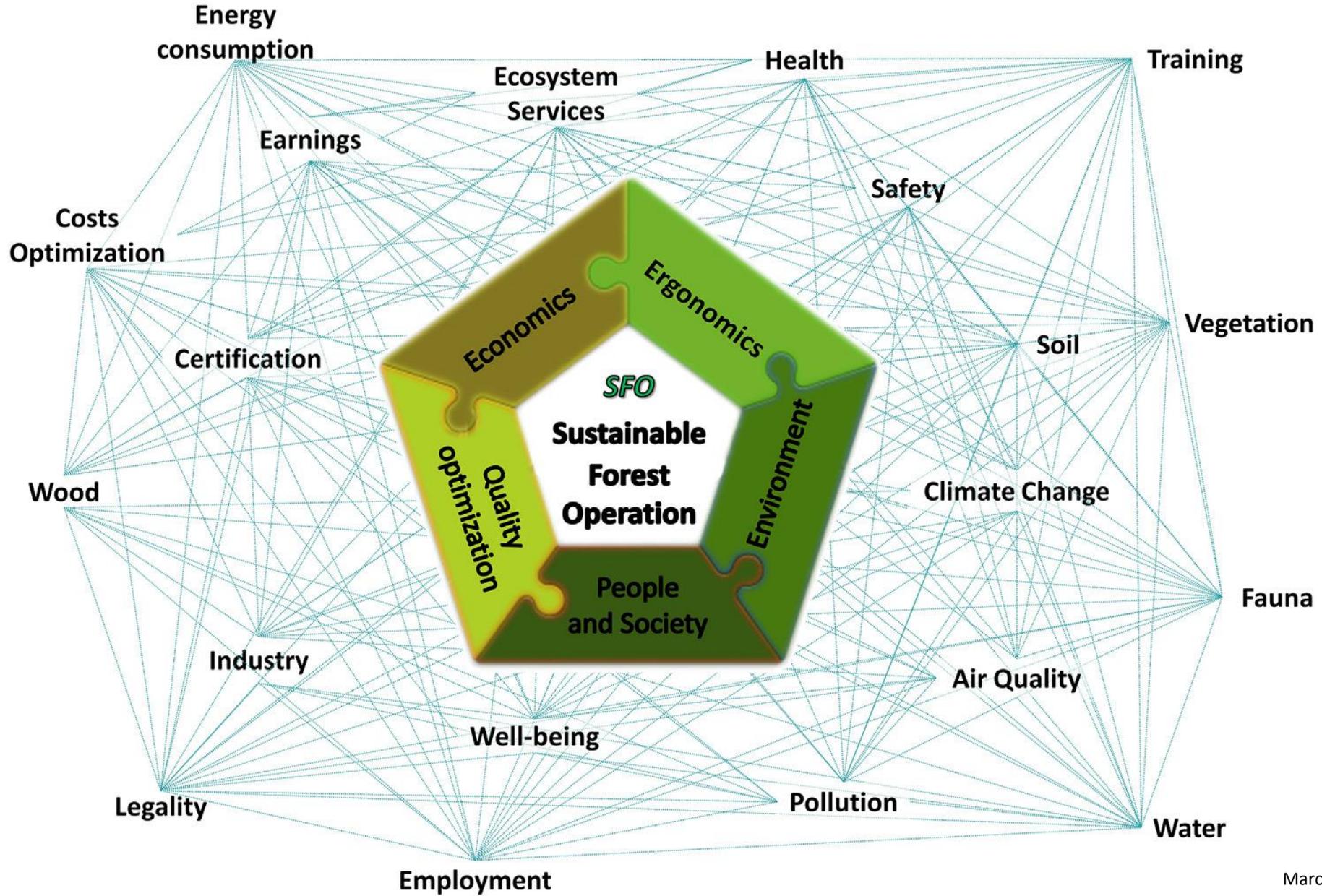




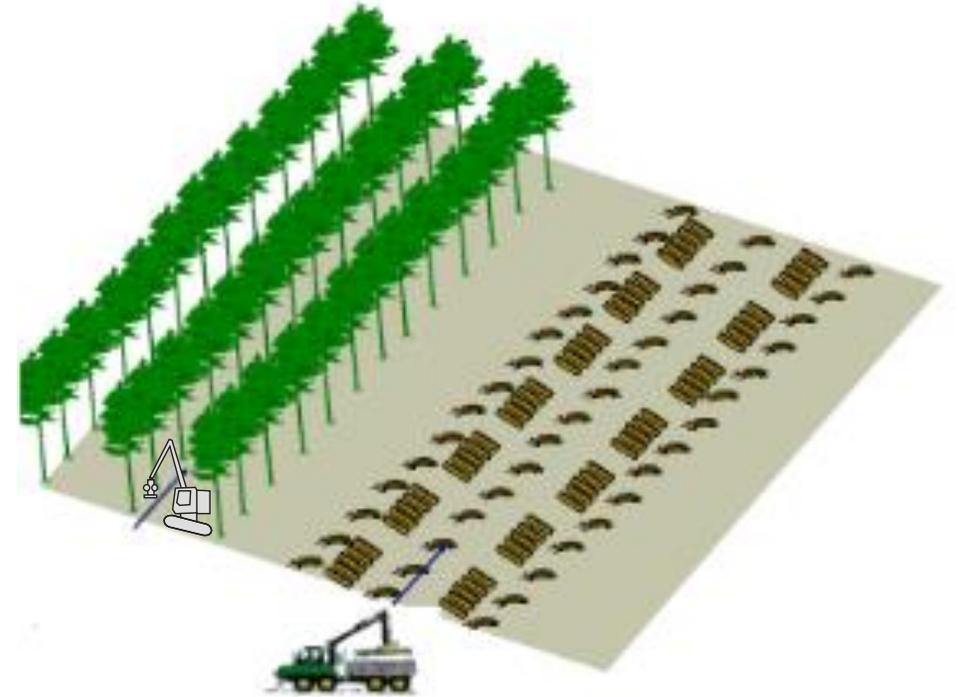
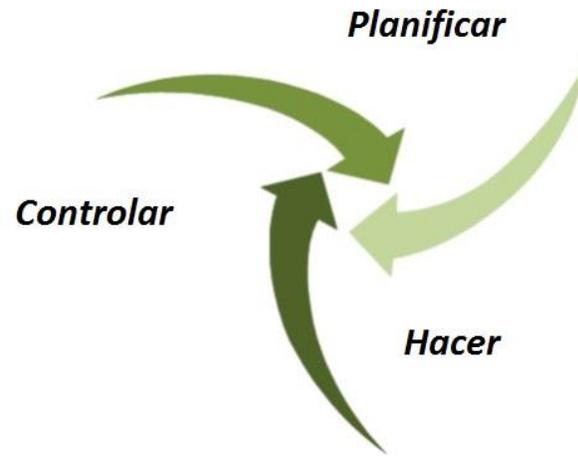
# Tecnología OF - evolución



# OF

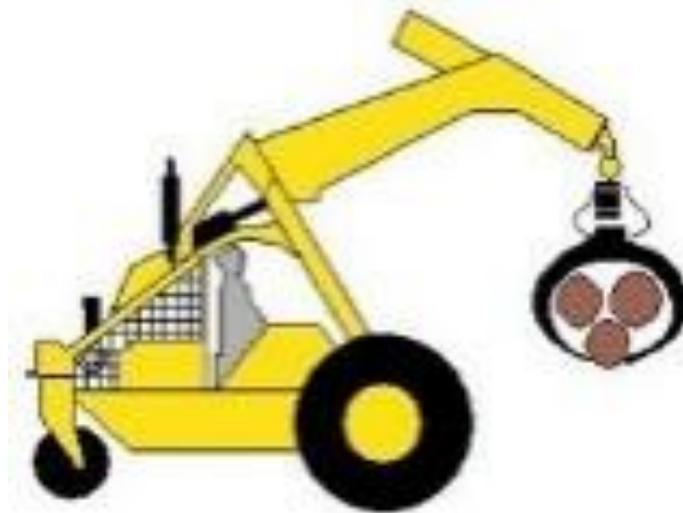


# OF



# Productividad de OF

¿Que es productividad?



# Productividad de OF ¿Qué es?

Productividad

Relación entre variables – **No se mide, se calcula, estima**

Expresada - Indicadores “de productividad”

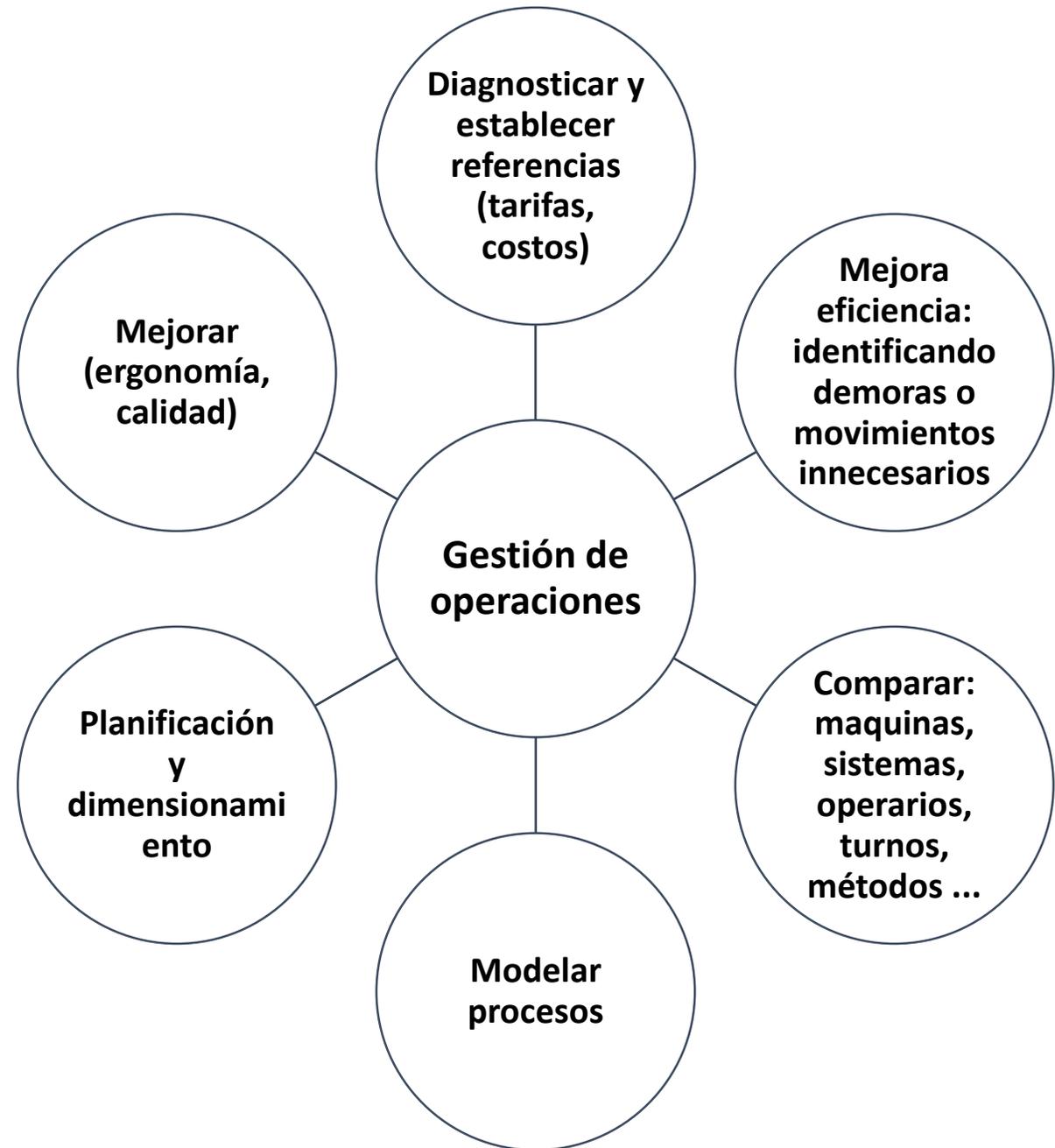
$m^3/h - t/h$

$\text{árb}/h$

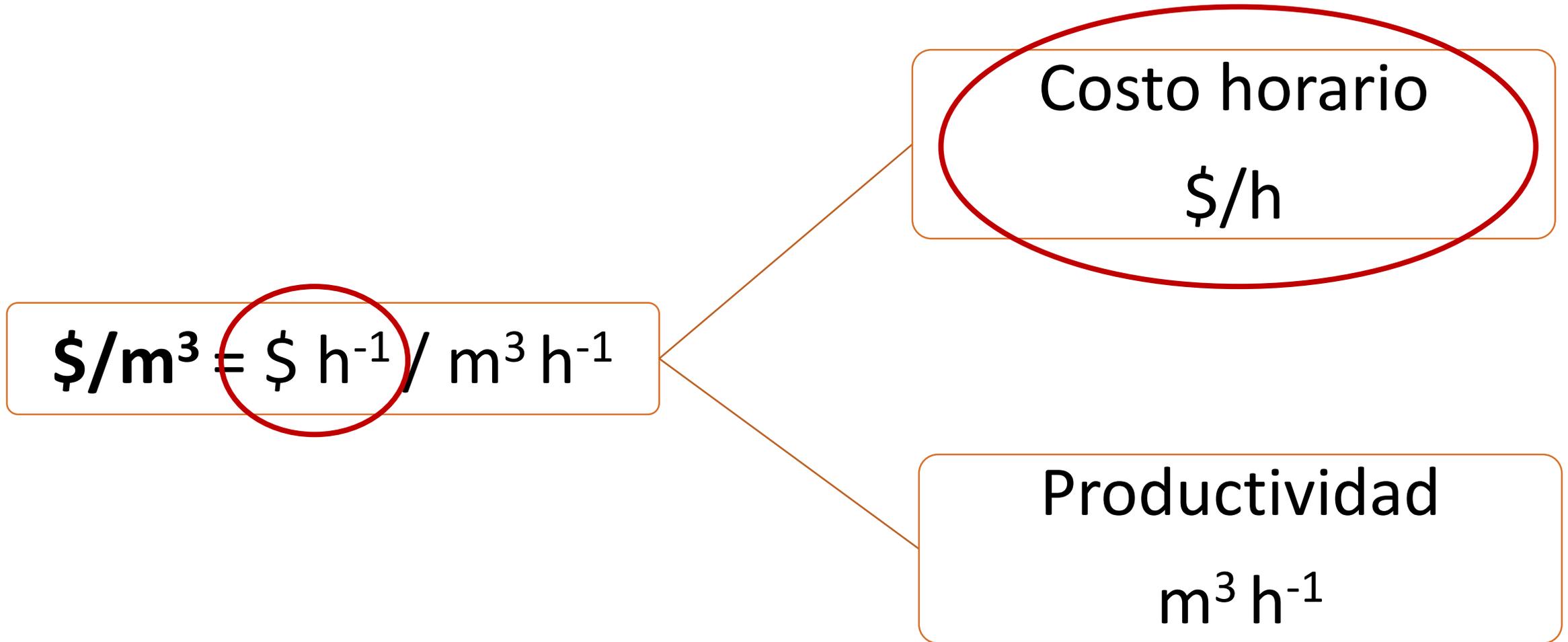
$l/m^3$

$ha/h$

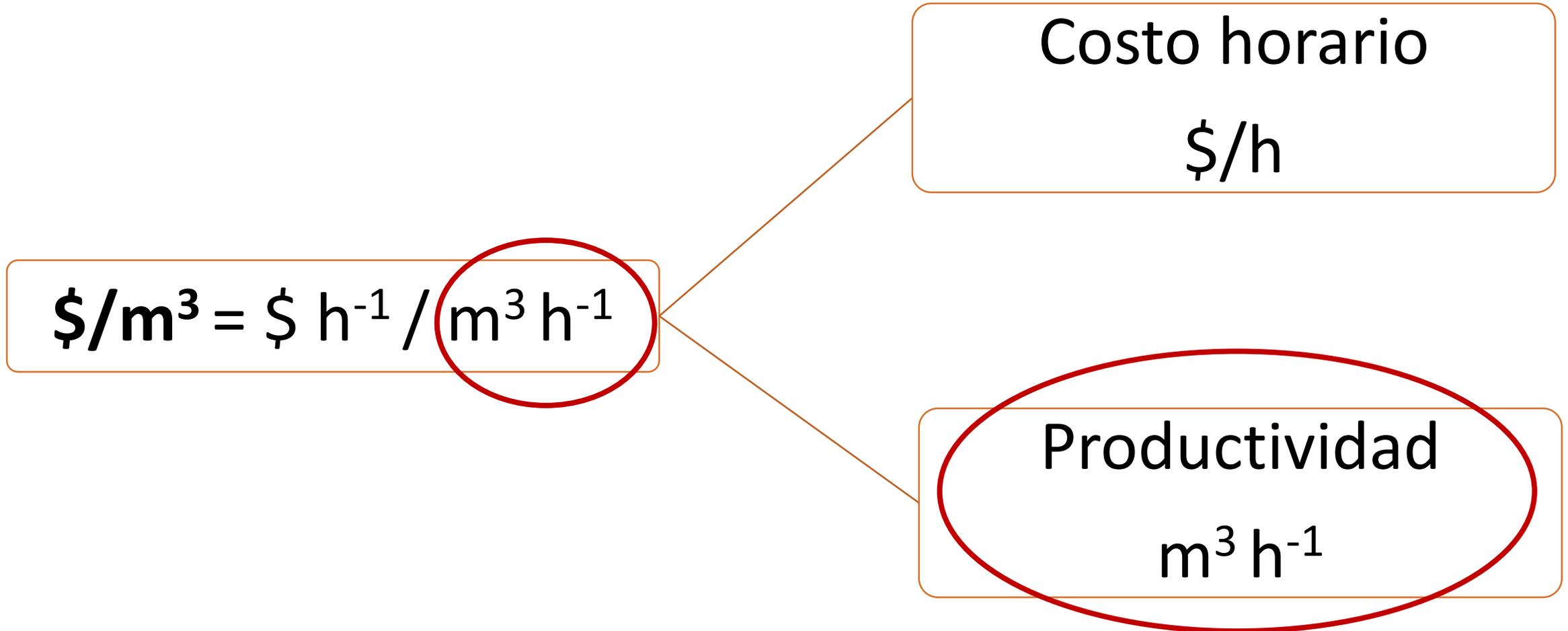
# Productividad de OF ¿para que?



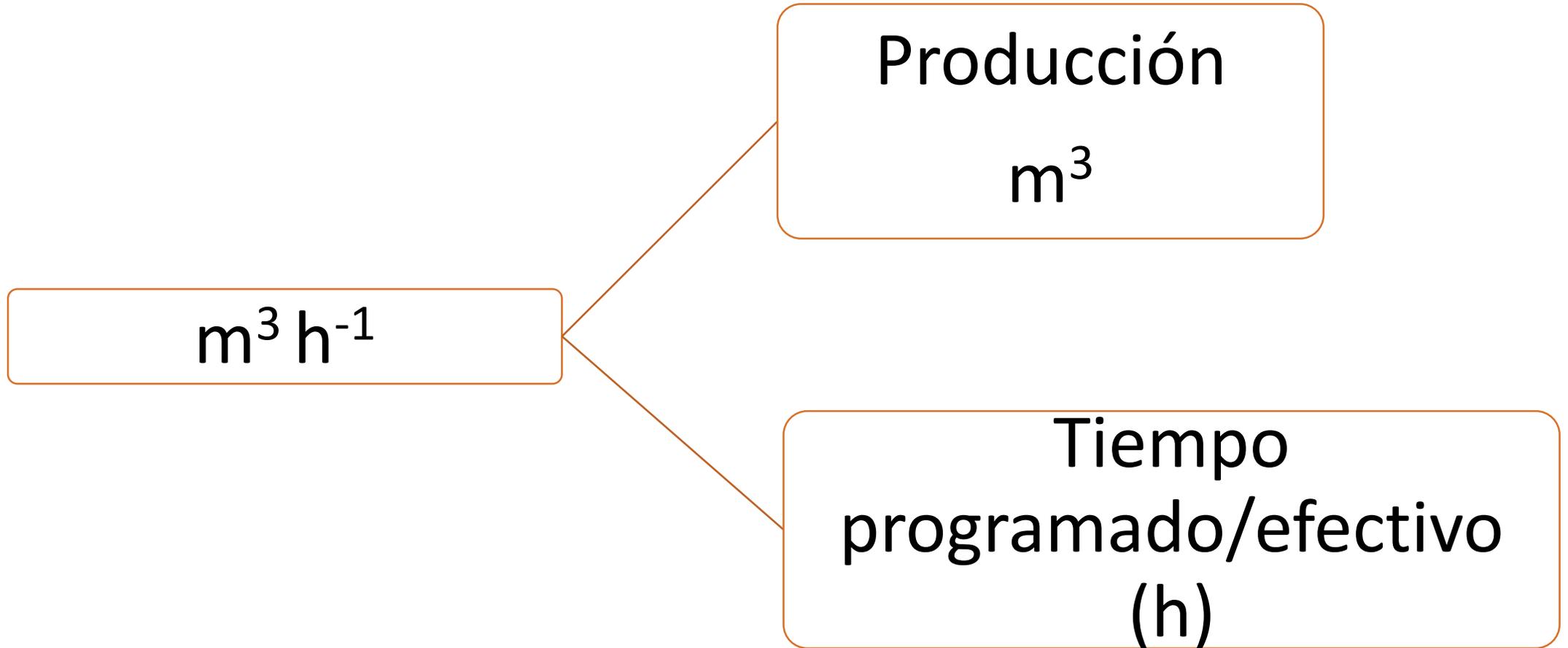
# Productividad - Costos



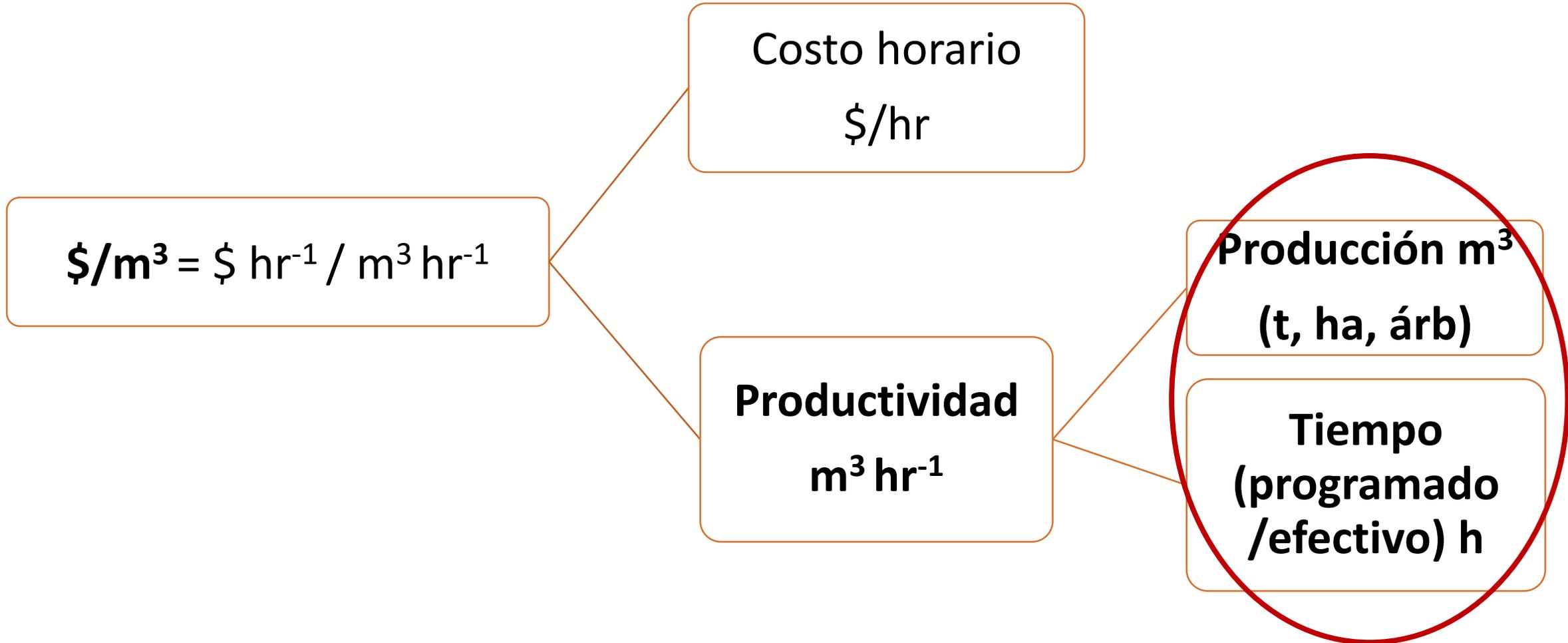
# Productividad - Costos



# Productividad



# Productividad



# 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



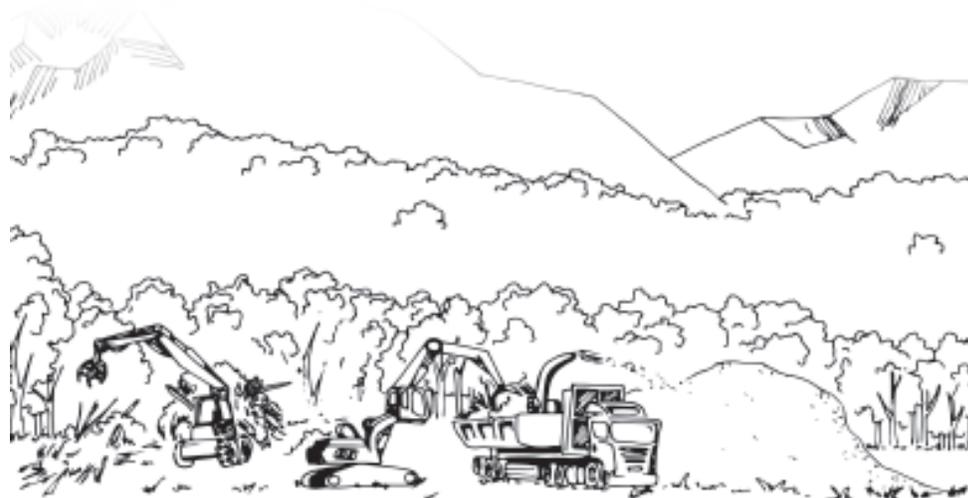
# Productividad de OF ¿Cómo?



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?

## STANDARDS FOR TIME STUDIES FOR THE SOUTH AFRICAN FOREST INDUSTRY

First Edition

5 February 2014

Project team:

Pierre Ackerman

Elizabeth (Lise) Gleasure

Simon Ackerman

Brad Shuttleworth



# Evaluación de productividad

## Calidad del producto y efecto sobre el ambiente

### Recursos de entrada (Input)

- **Tiempo**
- Energía

### Métodos y movimientos

- Tratamiento de residuo
- Control de malezas
- Laboreo
- Plantación
- Poda
- Apeo
- Procesamiento
- ...

### Salida (producto)

- ha
- Plantas
- arboles
- m<sup>3</sup>
- t
  
- Calidad

### Producto final

- ha/h
- Plantas/h
- Árboles/h
- m<sup>3</sup>/h

# Productividad de OF ¿para que?

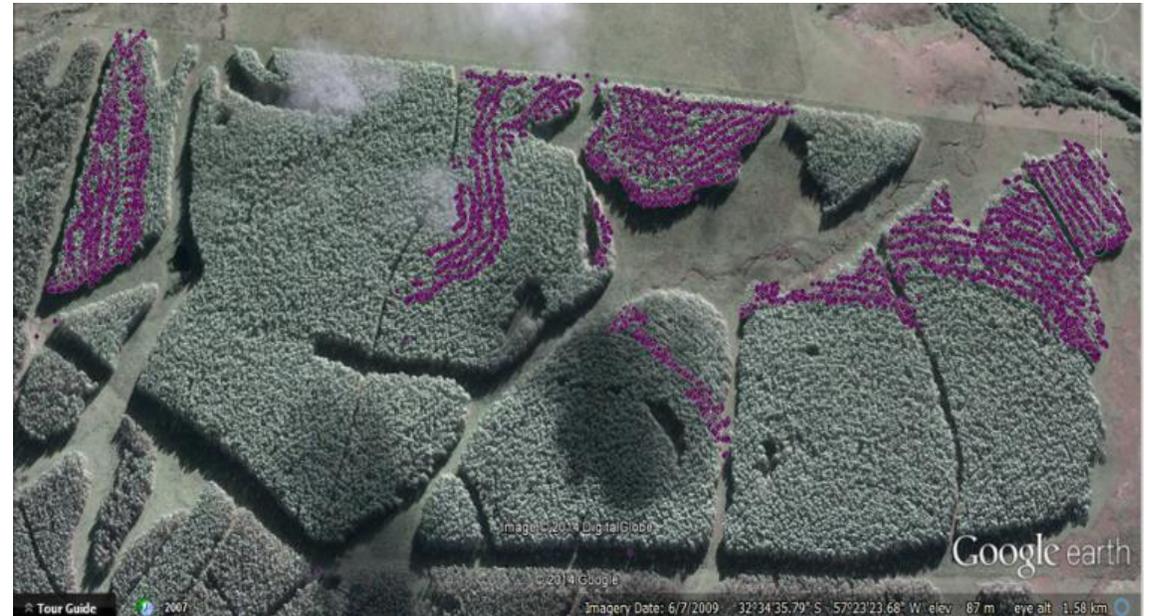


# Productividad de OF ¿para que?

## 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?

## **Evaluaciones de productividad**

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

## **Estudios de productividad**

Estudio de tiempos y movimientos +  
Producción



# Estudios de tiempo - Tipos

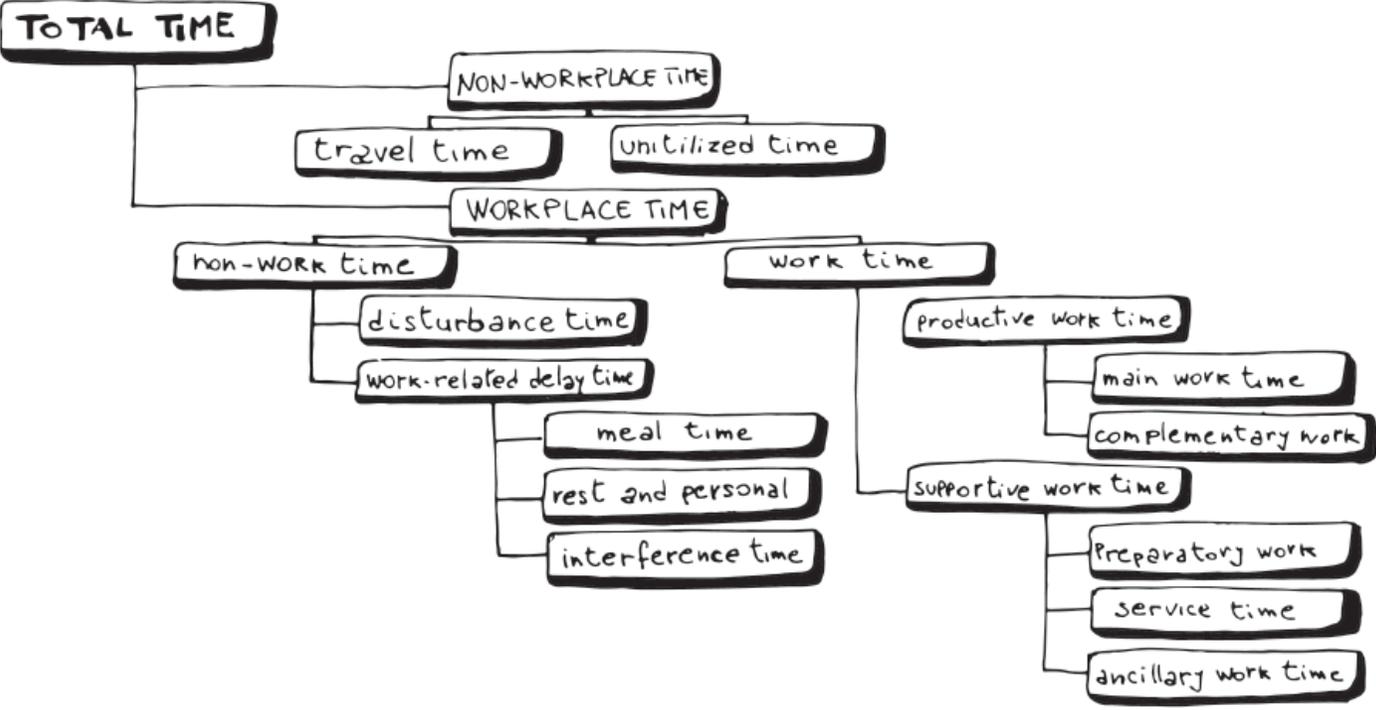
## Experimental:

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

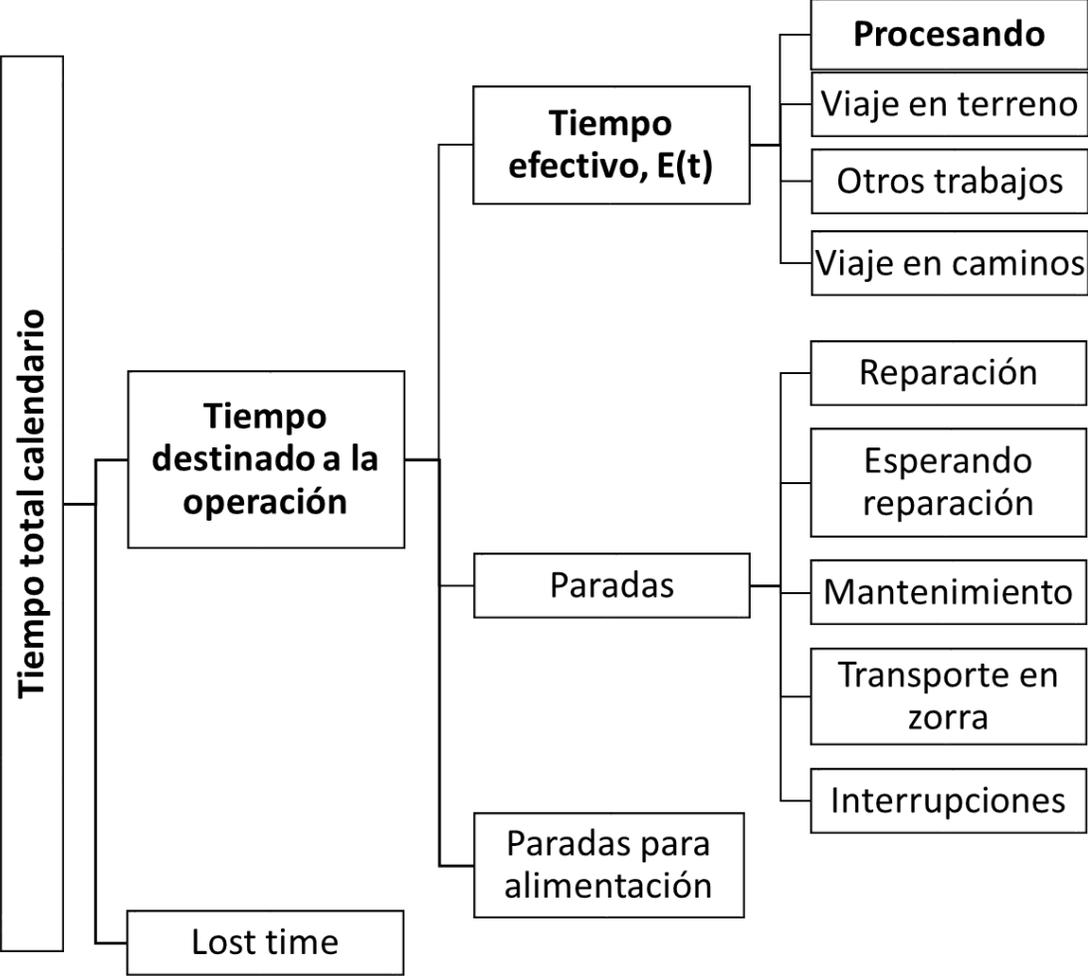
# Estudios de tiempo - escala

- 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 – tiempos operativos

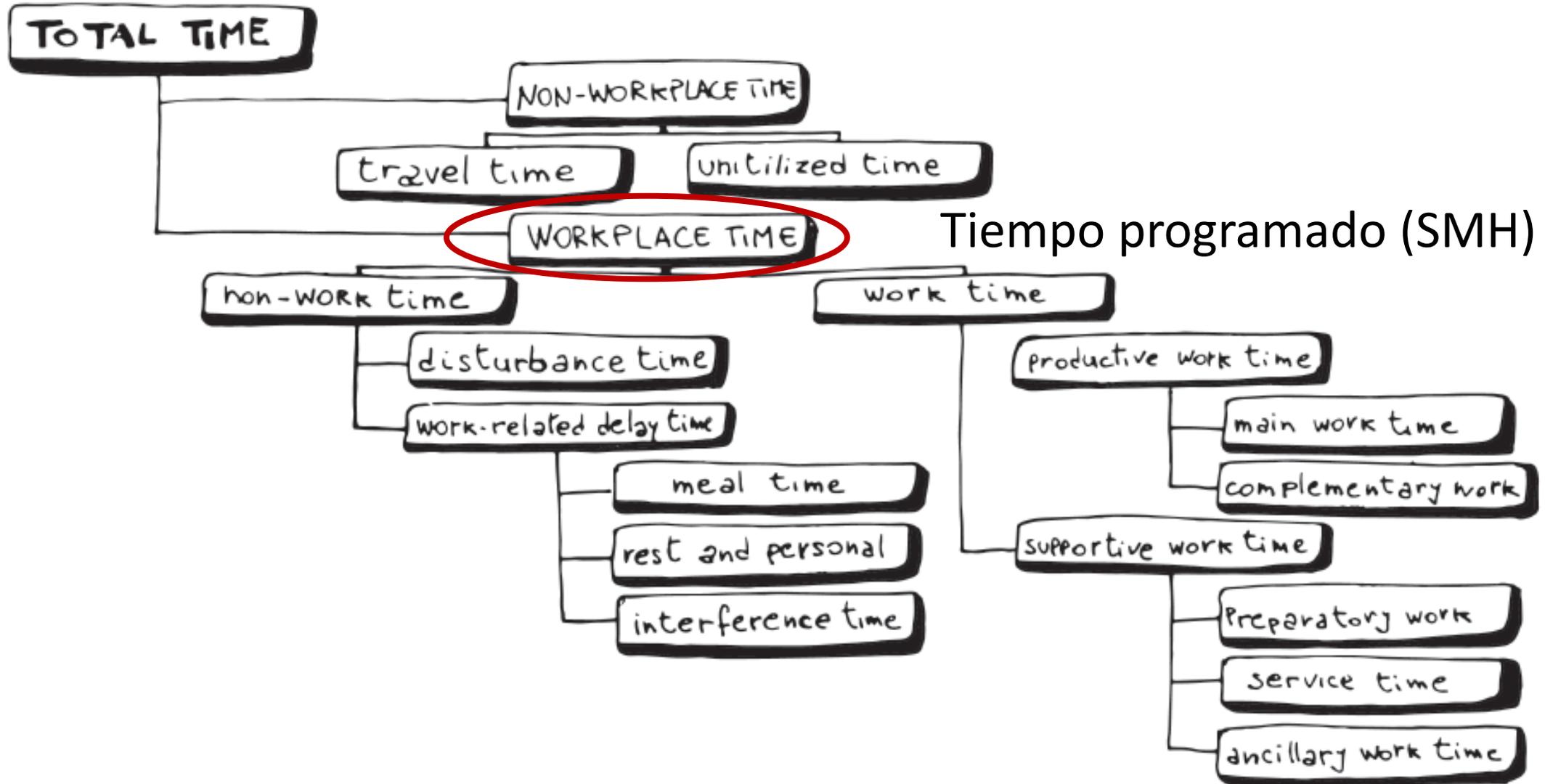


IUFRO 1995



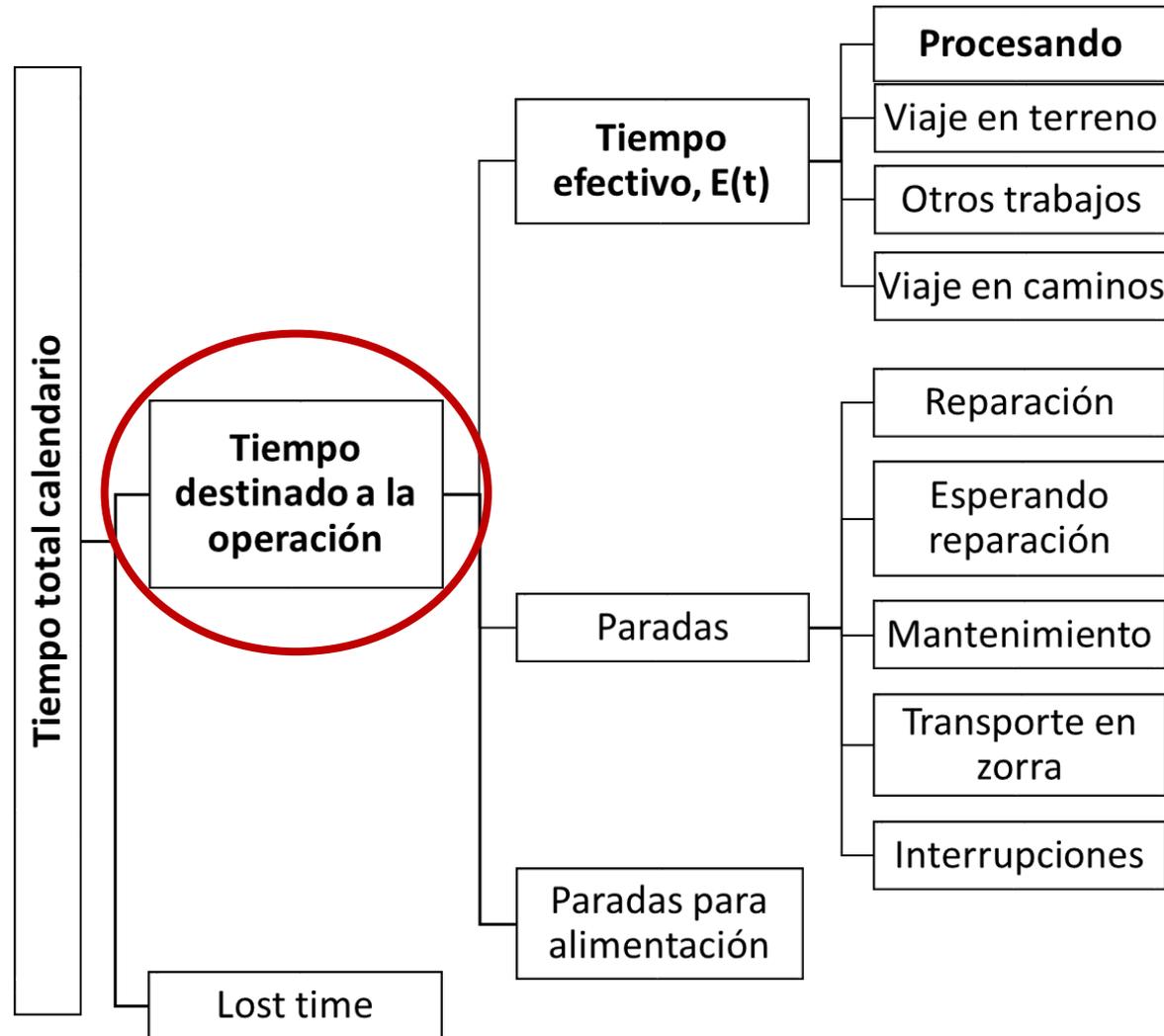
Clasificación según StanForD, Olivera 2016

# Tiempos operativos - convención

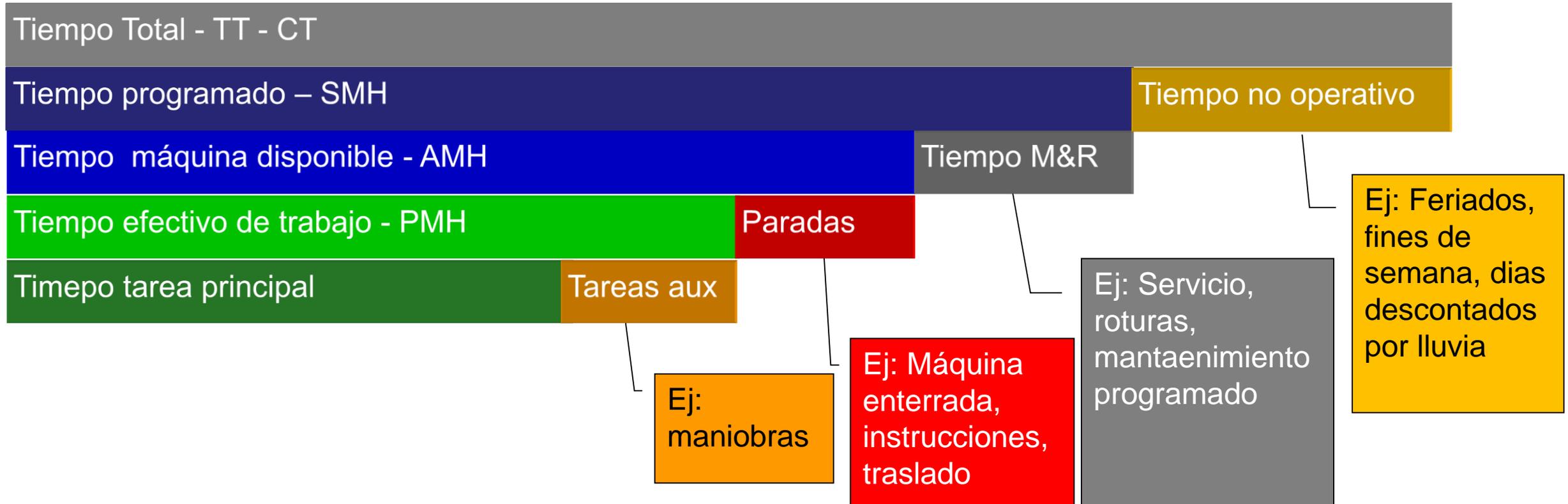


# Tiempos operativos - StanForD

**Tiempo programado (SMH)**



# Tiempos operativos



# 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

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

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



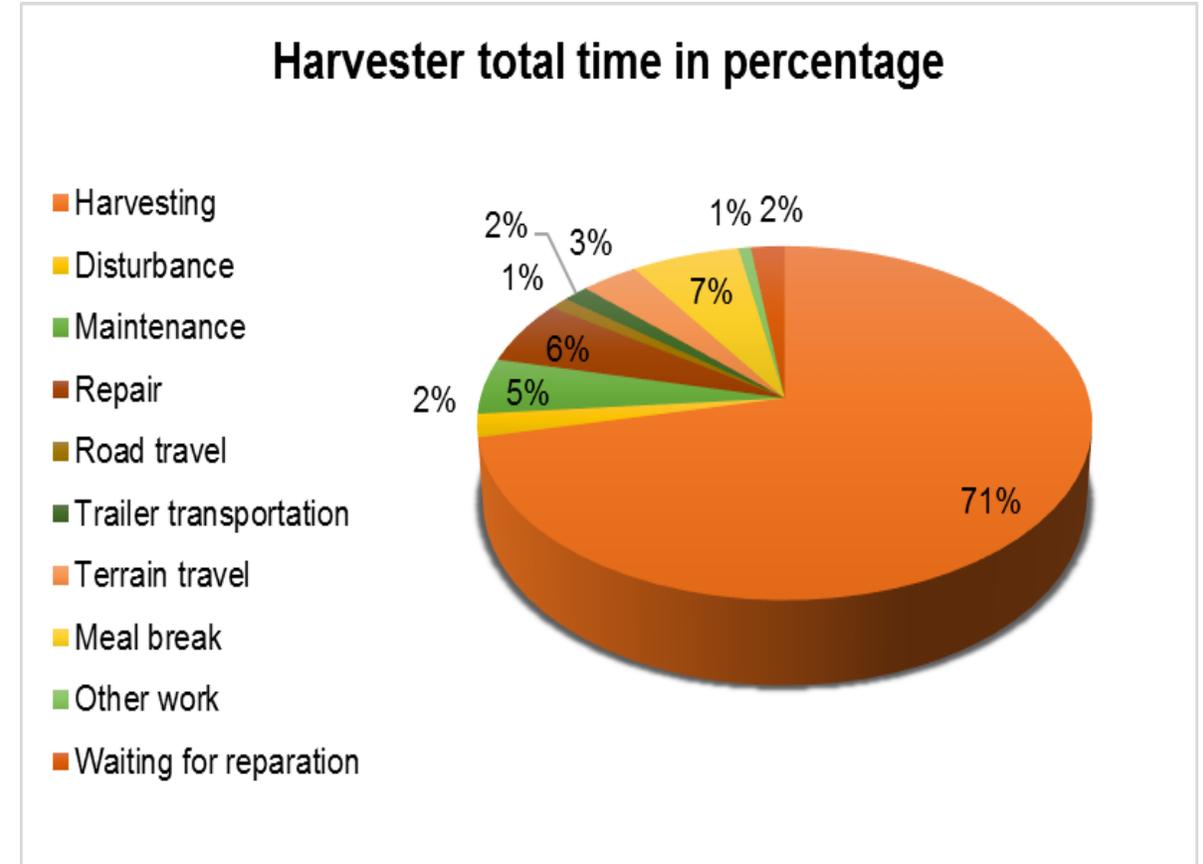
# Estudios de tiempo - escala

- **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, m<sup>3</sup>/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*

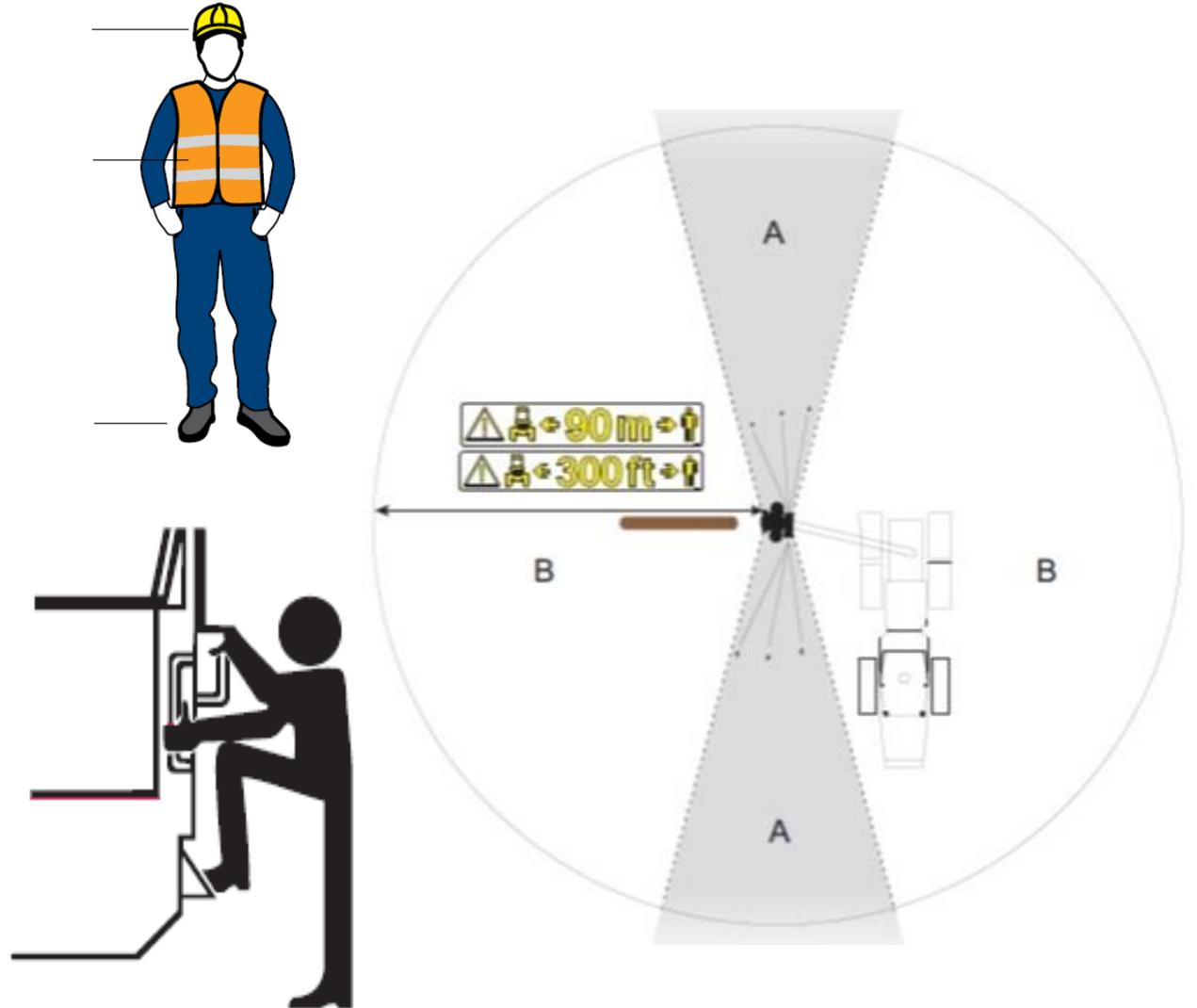
# Estudios de tiempos y movimientos - manuales

## Seguridad

EPP

Conocer los riesgos de la operación

- Distancias de seguridad
- Practicas de trabajo seguro



# Estudios de tiempos y movimientos – manuales

## Seguridad

Contacto visual o comunicación con operador y responsables de operación

Códigos claros al comunicarse con operadores

No fumar, consumir alcohol o drogas que alteren la percepción

Conocer procedimiento en caso de emergencia

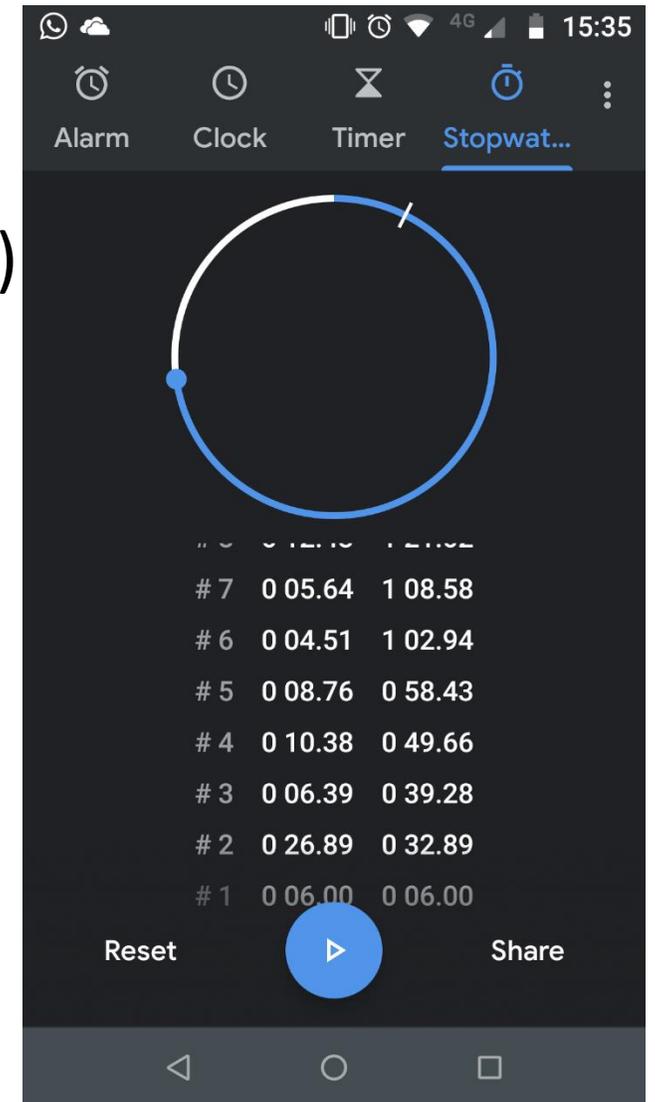


# Estudios de tiempos y movimientos – manuales

## 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.

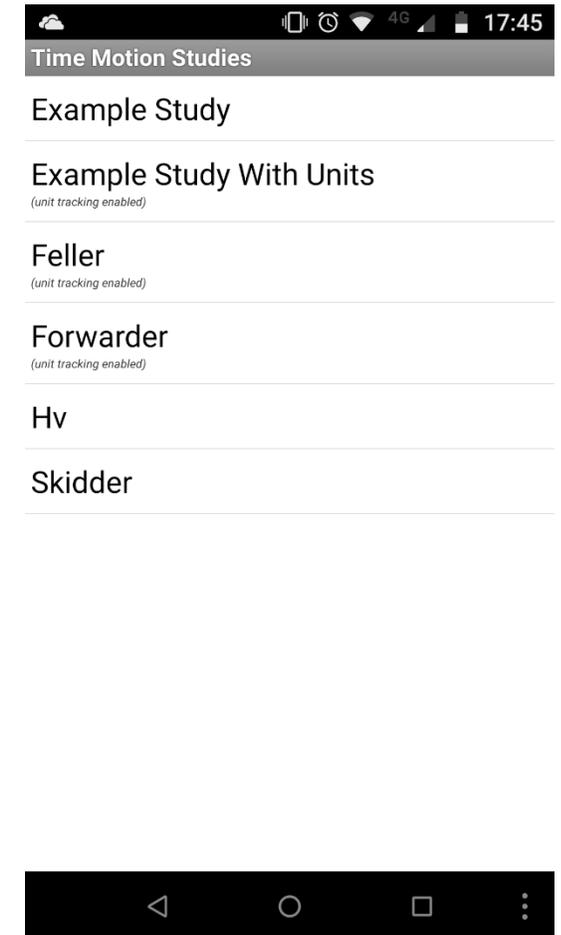
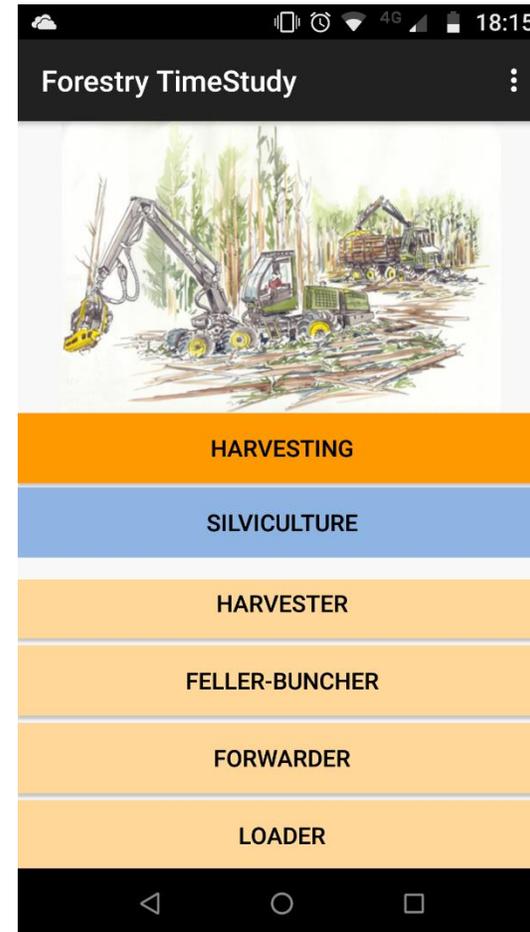


# Estudios de tiempos y movimientos – manuales

## 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

Ej.

Ej1.



# Evaluación de productividad

## Calidad del producto y efecto sobre el ambiente

### Recursos de entrada (Input)

- **Tiempo**
- **Energía**

### Métodos y movimientos

- Tratamiento de residuo
- Control de malezas
- Laboreo
- Plantación
- Poda
- Apeo
- Procesamiento
- ...

### Salida (producto)

- ha
- Plantas
- arboles
- m<sup>3</sup>
- t
  
- **Calidad**

### Producto final

- ha/h
- Plantas/h
- Árboles/h
- m<sup>3</sup>/h

# 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

S<sup>2</sup> = 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 de OF ¿Cómo?

Como son los ciclos en operaciones continuas de silvicultura?



# Productividad de OF ¿Cómo?

Como medir la productividad?



# Métodos de estudios de tiempo

Productividad (ha/h) = Área (ha) / tiempo (h)

¿eficiencia?

Muestras:

Productividad (ha/h) = AO (m) \* **V (km/h)** \* 0,1 \* EO

AO: Ancho operativo

V: velocidad de avance del tractor **efectiva**

EO: Eficiencia Operativa (especificar como se estima)

 Control de turnos

# 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  
...



Montes  
delPlata

**TRABAJO DE DESPEJADOR EN  
ENTREFILAS (RESIDUO FRESCO)**

Mes de cosecha - MAYO/11

Mes de despejado - JULIO/11

Volumen promedio de madera  
inventario - 143 m<sup>3</sup>/ha

Rendimiento de la operación -  
0,53 ha/hora

Tarifa resultante - \$ 3184 (U\$S 172)



Montes  
delPlata

**TRABAJO DE TRITURADOR EN  
REDISEÑO DE PLANTACIÓN  
(RESIDUO FRESCO)**

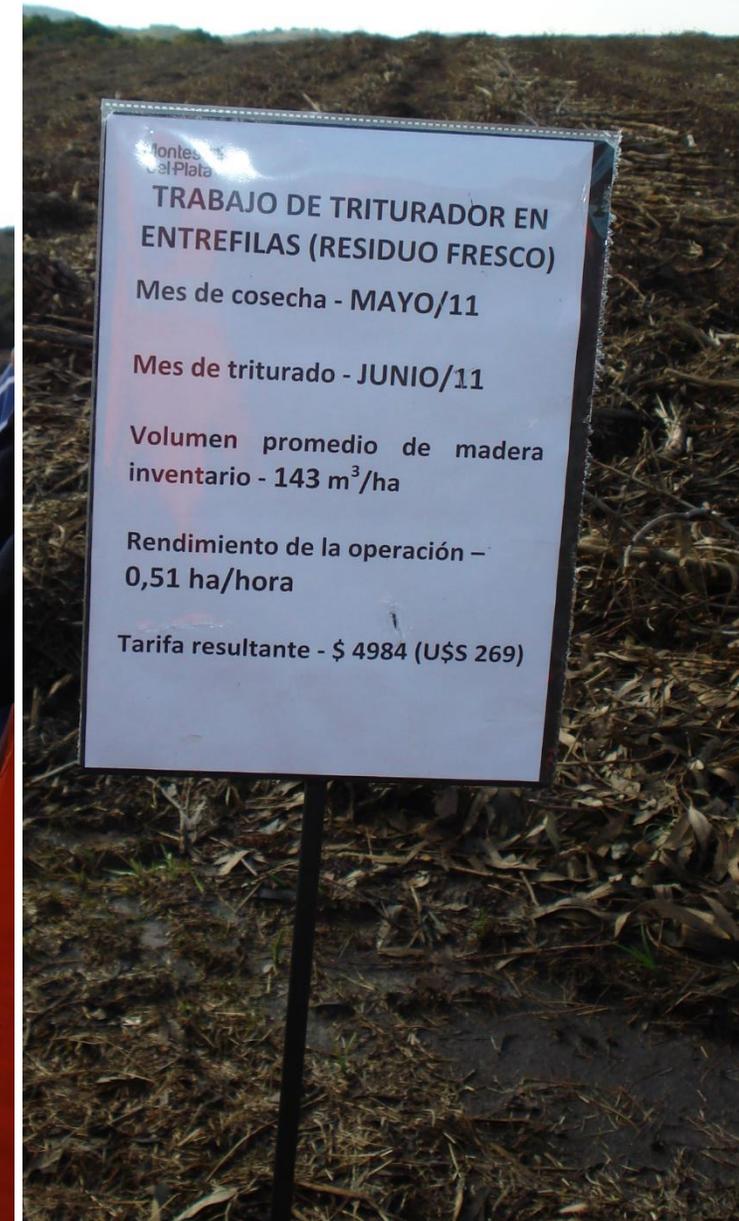
Mes de cosecha - MAYO/11

Mes de triturado - JUNIO/11

Volumen promedio de madera  
inventario - 143 m<sup>3</sup>/ha

Rendimiento de la operación -  
0,50 ha/hora

Tarifa resultante - \$ 5084 (U\$S 275)



Montes  
delPlata

**TRABAJO DE TRITURADOR EN  
ENTREFILAS (RESIDUO FRESCO)**

Mes de cosecha - MAYO/11

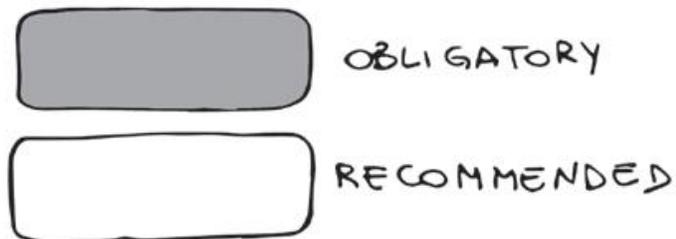
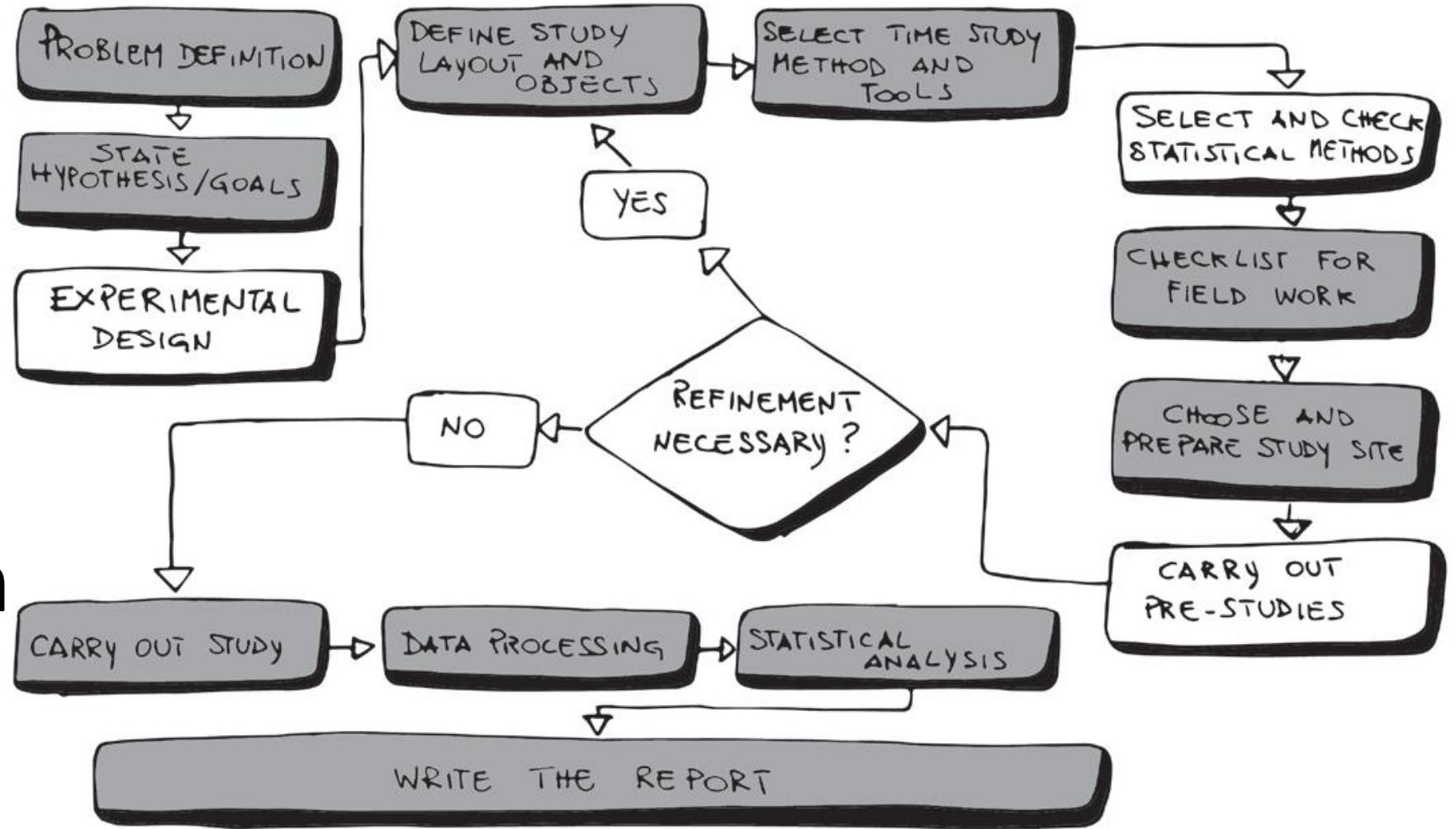
Mes de triturado - JUNIO/11

Volumen promedio de madera  
inventario - 143 m<sup>3</sup>/ha

Rendimiento de la operación -  
0,51 ha/hora

Tarifa resultante - \$ 4984 (U\$S 269)

# Estudios de tiempo – Organización - Seminario



# Productividad; como estimar? <sub>1</sub>

## Bibliografía

- Modelos [2](#)

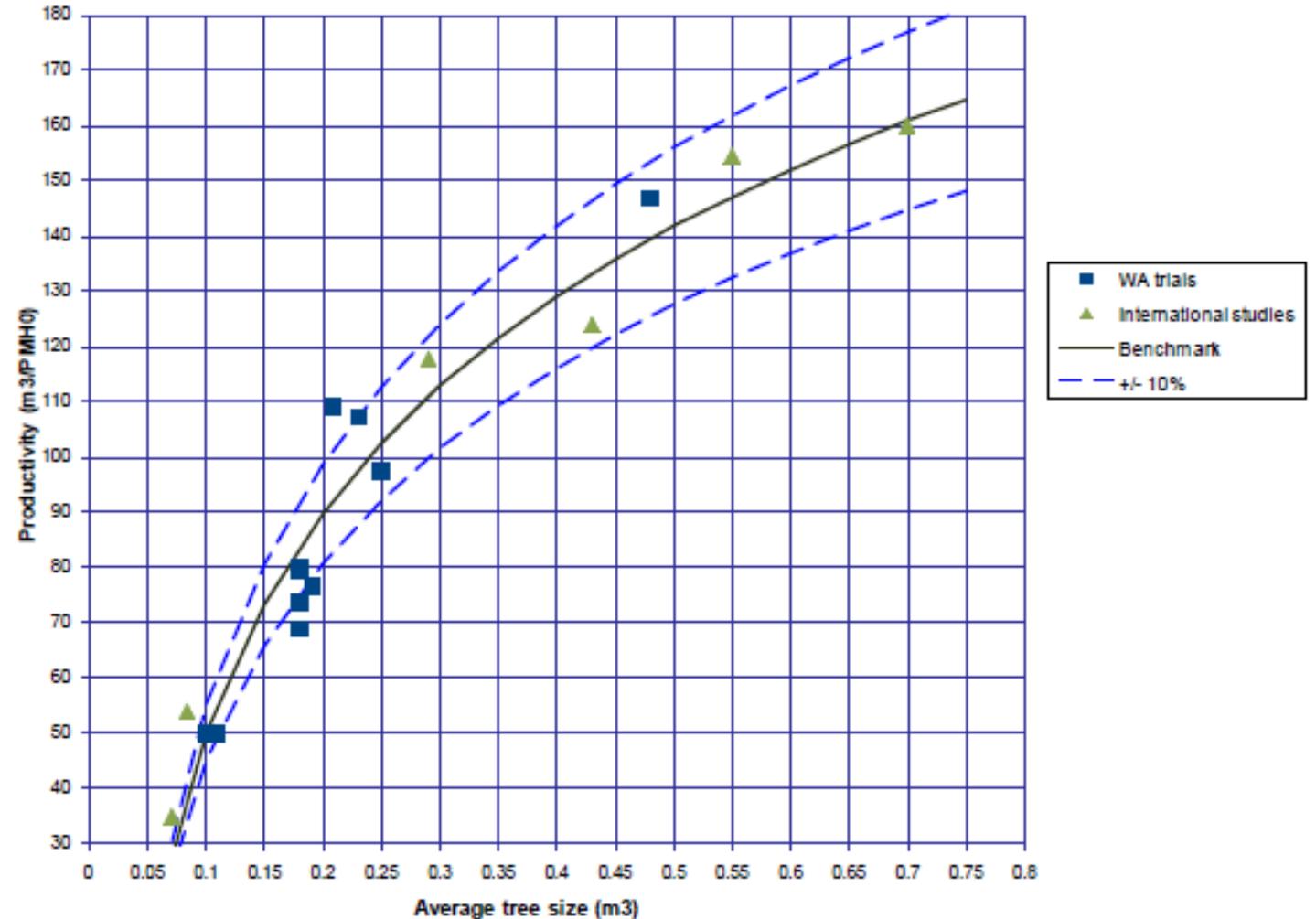


Fig 1. Feller-buncher productivity (m<sup>3</sup>/PMH0) against average tree size (m<sup>3</sup>)

# Productividad; como estimar?<sub>2</sub>

## Estudios de tiempo

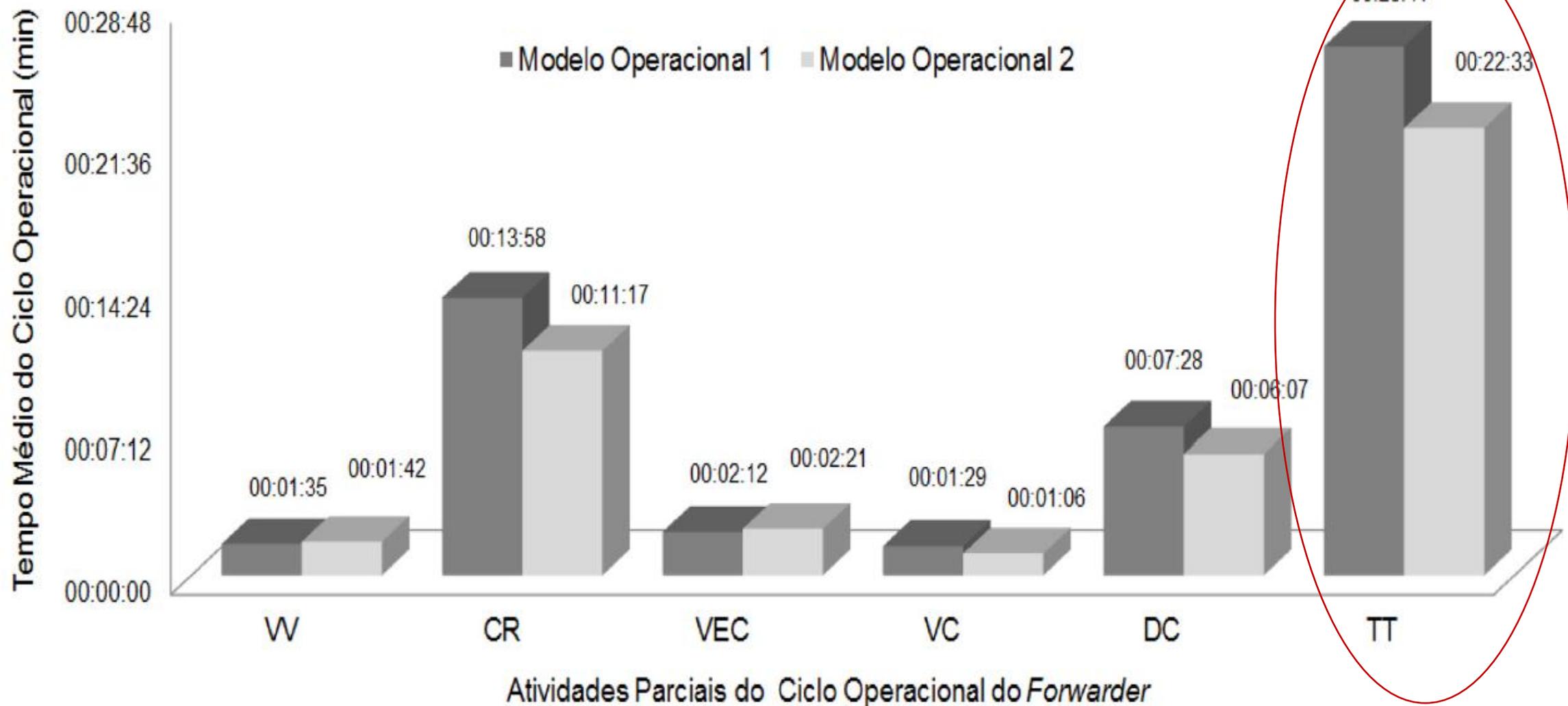
Extracción:



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.

**Tabela 1** – Elementos do ciclo operacional do clambunk Skidder, tempo médio consumido e porcentagem dos tempos.  
**Table 1** – Elements of the clambunk operational cycle, average time consumed and time percentage.

Elementos do ciclo operacional	Tempo médio (min)	Porcentagem do tempo médio total (%)
<b>Trabalho efetivo:</b>		
Viagem sem carga	2,22	12,07
Manobra para carregamento	0,29	1,57
Deslocamento entre feixes	1,38	7,50
Carregamento	4,46	24,22
Viagem com carga (arraste)	2,94	15,95
Descarregamento	0,32	1,74
Manobra na estrada	0,37	2,07
Deslocamento de resíduo	0,10	0,54
Deslocamento de over	2,32	12,64
Subtotal efetivo	14,40	78,30
<b>Interrupções:</b>		
Espera de processamento da madeira pelo picador	0,81	4,41
Espera pelo fim do ciclo de outro clambunk	0,33	1,79
Espera para ajeitar feixes no campo	0,14	0,76
Interrupções operacionais	0,63	3,43
Interrupções mecânicas	2,08	11,31
Subtotal interrupções	3,99	21,70
Total	18,39	100,00

# Productividad; como estimar?<sub>2</sub>

## Estudios de tiempo

Extracción:

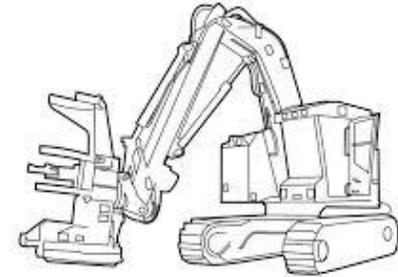


Volumen o peso carga / tiempo de ciclo \* EO

# Productividad; como estimar? <sub>5</sub>

## Estudios de tiempo

Corte y procesamiento:



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

Información inventario

Medición a campo

- Medir volumen en un periodo de tiempo conocido.

## Referencias de classe

- Malinowski, R. A., Malinowski, R. A., Malinowski, 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., Mitchell, R., & Acuna, M. (2016). General productivity model for single grip harvesters in Australian eucalypt plantations. *Australian Forestry*, 79(2), 108–113. <https://doi.org/10.1080/00049158.2015.1127198>
- Murphy G. 2005 Determining sample size for harvesting cost estimation. *New Zealand Journal of Forestry Science* 35: 166-169.
- Szewczyk, g., Sowa, J., Kamiński, K., Kulak, D., & Stańczykiewicz, A. (2017). *Selection of time study methods for forest operations*. *Forestry Letters* (Vol. 110). [s.n.]. Retrieved from <http://www.forestryletters.pl/index.php/forestryletters/article/view/65/61>