

**“EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COSECHA EN PLANTACIONES DE
PINO (*Pinus patula*) EN FORMA MECANIZADA Y SEMI-MECANIZADA EN LA
EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.”**

PATRICIA ISABEL LLANGA OCHOA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE INGENIERA FORESTAL**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

HOJA DE CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA QUE: El trabajo de tesis titulado “EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COSECHA EN PLANTACIONES DE PINO (*Pinus patula*) EN FORMA MECANIZADA Y SEMI-MECANIZADA EN LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.”, de responsabilidad de la señorita egresada Patricia Isabel Llanga Ochoa, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Eduardo Cevallos
DIRECTOR

Ing. José Paredes

MIEMBRO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

Riobamba, octubre del 2011

DEDICATORIA

A mis padres Marcos y Leonor, con su amor y sacrificio me impulsaron a alcanzar la meta que hoy logro. A mis hermana/os Maritza, Leyda, Viviana, Paúl y Pablo que me han apoyado incondicionalmente, dándome siempre palabras de aliento para seguir adelante y nunca darme por vencida.

Isabel

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por acompañarme en todos los momentos de mi vida, dándome la fortaleza que me permite alcanzar los retos que pone en mi camino.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal por haberme formado y poder ser competitiva en a lo largo de mi carrera profesional.

Mi sincero agradecimiento al Ing. Eduardo Cevallos e Ing. José Paredes por su valiosa colaboración y experiencia entregada durante la elaboración de esta investigación.

A la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. por haberme dado la oportunidad de realizar tan interesante estudio, en especial al Ing. Sebastián Garzón por su disposición, conocimientos y confianza que ayudaron a la culminación de este trabajo .

A mi amiga Patricia Rosero por brindarme su inestimable amistad durante el transcurso de toda nuestra carrera.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
LISTA DE MAPAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xii

CAPITULO	CONTENIDO	Pp.
I.	TITULO.....	1
II.	INTRODUCCIÓN.....	1
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
VI.	CONCLUSIONES.....	76
VII.	RECOMENDACIONES	78
VIII.	RESUMEN	79
IX.	SUMMARY.....	80
X.	BIBLIOGRAFIA	81
XI.	ANEXOS	83

LISTA DE TABLAS

No.	TITULO	Pp.
1.	Clasificación de la resistencia mecánica de los suelos.....	22

LISTA DE CUADROS

No.	TITULO	Pp.
1.	Especificaciones del campo experimental.....	25
2.	Descripción de los tratamientos	25
3.	Análisis estadístico delrendimientoen tiempo planificado y productivo de la cosechadora Fellerbuncher L870C	40
4.	Detalle de las actividades de la cosechadora Fellerbuncher L780C en un turno de trabajo	41
5.	Análisis estadístico delrendimientoen tiempo planificado y productivo del tractor de arrastre SkidderGrapple 620D.....	42
6.	Detalle de las actividades del tractor de arrastre SkidderGrapple 620D en un turno de trabajo	43
7.	Análisis estadístico delrendimientoen tiempo planificado y productivo del procesamiento.....	45
8.	Detalle de actividades de la maquinaria del procesamiento en un turno de trabajo	46
9.	Comparación del rendimiento del sistema de cosecha mecanizado en tiempos planificados y la eficiencia a alcanzar	47
10.	Aumento del rendimiento en el procesamiento.....	48
11.	Aumento del rendimiento en el SkidderGrapple.....	50
12.	Balanceo del sistema mecanizado	51
13.	Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivodel volteo.....	52
14.	Detalle de actividades devolto con motosierra en un turno de trabajo	53
15.	Análisis estadístico delrendimientoen tiempo planificado y productivo del desrame con machete.....	54
16.	Detalle de actividades en el desrame con machete en un turno de trabajo.....	55

17.	Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo del tractor de arrastre Skidder de cable	56
18.	Detalle de actividades del tractor de arrastre Skidder de cable en un turno de trabajo	57
19.	Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo del trozado con motosierra	58
20.	Detalle de actividades del trozado con motosierra en un turno de trabajo	59
21.	Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo de la cargadora Bell 220	60
22.	Detalle de actividades de la cargadora Bell 220 en un turno de trabajo	61
23.	Aumento del rendimiento en el sistema de cosecha semi-mecanizado	62
24.	Comparación de rendimientos entre los sistemas de cosecha por hora y por mes	64
25.	Costo horario planificado de los sistemas de cosecha en \$/hr y \$/mes	68
26.	Costo unitario de los sistemas de cosecha en \$/m ³ st.	70
27.	Análisis estadístico de compactación del suelo	71
28.	Análisis estadístico del volumen de desperdicios por hectárea	73

LISTA DE GRÁFICOS

No.	TITULO	Pp.
1.	Comparación del rendimiento planificado, productivo e ideal (eficiencia al 90%) de la cosechadora Fellerbuncher L870C	40
2.	Detalle de actividades de la cosechadora FellerbuncherL780C en un turno de trabajo	41
3.	Comparación del rendimiento planificado, productivo e ideal (eficiencia al 90%) del tractor de arrastre SkidderGrapple 620D.....	42
4.	Detalle de actividades del tractor de arrastre SkidderGrapple 620D en un turno de trabajo	44
5.	Comparación del rendimiento planificado, productivo e ideal (eficiencia al 90%) del procesamiento	45
6.	Detalle de actividades de la maquinaria del procesamiento en un turno de trabajo	46
7.	Aumento del rendimiento en el procesamiento	49
8.	Aumento del rendimiento del SkidderGrapple 620D.....	50
9.	Comparación del rendimiento planificado, productivo e ideal (eficiencia al 70%) volteo con motosierra	52
10.	Detalle de actividades del volteo con motosierra en un turno de trabajo	53
11.	Comparación del rendimiento planificado, productivo e ideal (eficiencia al 70%) del desrame con machete.....	54
12.	Detalle de actividades del desrame con machete en un turno de trabajo	55
13.	Comparación del rendimiento planificado, productivo e ideal (eficiencia al 90%) del tractor de arrastre Skidderde cable	56
14.	Detalle de actividades del tractor de arrastre Skidder de cable en un turno de trabajo	57
15.	Comparación del rendimiento planificado, productivo e ideal (eficiencia al 70%) deltrozado con motosierra	58

16.	Detalle de actividades del trozado con motosierra en un turno de trabajo	59
17.	Comparación del rendimiento planificado, productivo e ideal (eficiencia al 90%) de la cargadora Bell 220	60
18.	Detalle de actividades de la cargadora Bell 220 en un turno de trabajo	61
19.	Aumento del rendimiento en el sistema de cosecha semi-mecanizado.....	63
20.	Intervalos de confianza para la variable rendimiento m^3 st.por hora planificada de los métodos de cosecha	65
21.	Intervalos de confianza para la variable rendimiento m^3 st.por hora productiva de los métodos de cosecha	65
22.	Intervalos de confianza para la variable rendimiento m^3 st.por mes planificado de los métodos de cosecha	66
23.	Intervalos de confianza para la variable rendimiento m^3 st.por mes productivo de los métodos de cosecha	66
24.	Porcentaje del costo horario del sistema mecanizado y semi-mecanizado	68
25.	Intervalos de confianza para la variable compactación del área cosechada en MP para los dos sistemas	71
26.	Intervalos de confianza para la variable compactación de las vías de saca en MP para los dos sistemas	72
27.	Intervalos de confianza para la variable volumen de desperdicios en tocones en m^3 st./ha. para los dos sistemas	74
28.	Intervalos de confianza para la variable volumen de desperdicios de trozas en m^3 st./ha. para los dos sistemas	74

LISTA DE MAPAS

No.	TITULO	Pp.
1.	Mapa de la ubicación geográfica del área de estudio	23
2.	Mapa de la ubicación de parcelas valoración post-cosecha	37

LISTA DE ANEXOS

No.	TITULO	Pp.
1.	Formatos de la toma de datos en campo.....	83
2.	Regresiones en altura de los sistemas de cosecha.....	87
3.	Factor de conversión de m ³ sólidos a m ³ estéreos.....	88

I. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COSECHA EN PLANTACIONES DE PINO (*Pinus patula*) EN FORMA MECANIZADA Y SEMI-MECANIZADA EN LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.

II. INTRODUCCION

La evolución de la tecnología en cosecha forestal va avanzando rápidamente con el objetivo de aumentar la productividad para satisfacer la demanda de madera que cada vez es mayor. En nuestro país la aplicación de tecnologías modernas se van incluyendo de manera pausada, ya que existen pocas empresas madereras que puedan acceder a éstas, tanto por su nivel de producción como por la inversión requerida.

Hoy en día existen varios sistemas de extracción, algunos más complicados que otros desde diferentes puntos de vista como tecnológico, económico, condiciones del bosque, etc., pero ninguno es superior a otro. Son utilizados en dependencia de las condiciones topográficas, edáficas, climáticas y en la mayoría de los casos se toma en cuenta los costos, la elección debe tomarse con la finalidad de minimizar los daños causados a nivel ambiental y obtener una adecuada producción.

La evaluación de los sistemas de cosecha nombrados en el presente estudio como mecanizado y semi-mecanizado, abarca todas las maquinas, herramientas y actividades que se encuentren dentro de los procesos.

El coste y el rendimiento de un sistema de aprovechamiento pueden variar mucho, en función de su adaptación a las condiciones del lugar y, lo que es igual importante, de la cualificación de los trabajadores y de la organización de las actividades. Los métodos totalmente mecanizados pueden conseguir rendimientos diarios muy altos, pero requieren grandes inversiones de capital.

En condiciones favorables, las modernas cosechadoras pueden producir más de 200m³ de troncos por jornada de 8 horas. Es improbable que un operario de motosierras produzca más del 10% de esa cantidad. Una cosechadora o malacate de grandes dimensiones cuesta

alrededor de 500.000 dólares en comparación con los 1.000 a 2.000 dólares que cuesta una motosierra y a los 200 dólares que cuesta una trozadora de mano de buena calidad. Uno de los mayores intereses de la industria es optimizar las aplicaciones y la recuperación de los productos forestales y al mismo tiempo obtener productos de mejor calidad. Los programas se deben centrar en el análisis de calidad de madera, es decir, el análisis operacional y económico de su clasificación por clases y calidades, además del análisis sobre la recuperación de la madera obtenida utilizando diferentes sistemas de aprovechamientos.

Aglomerados Cotopaxi S.A. actualmente cuenta con dos sistemas de cosecha: sistema semi-mecanizado que consta de motosierras, machetes, Skidder decable y un tri-neumático, el cual lo ha venido desarrollando desde hace mucho tiempo y que ha permitido una buena producción para el abastecimiento de su industria, pero por las necesidades y exigencias productivas de la empresa recientemente adquirieron un sistema completamente mecanizado, que consiste en tres máquinas de marca Tigercat y dos accesorios CSI: un FellerBuncher, un SkidderGrapple y una Log Loader (cargadora) que trabaja con un Delimber (desramador) y un Slasher (trozador). Puesto que este sistema es nuevo, se carece de experiencia para definir y delimitar un proceso o metodología de cosecha que nos permita maximizar los rendimientos, la productividad y fiabilidad eliminando las decisiones de las operaciones de bajo nivel y permitiendo la planificación de las operaciones y la toma de mejores decisiones.

A. JUSTIFICACION

Al incorporar nueva maquinaria y crear un proceso totalmente mecanizado la empresa Aglomerados Cotopaxi necesita saber las ventajas y desventajas que se presentan en los sistemas de cosecha mecanizado y semi-mecanizado en pino (*Pinus patula*), esto hace necesario realizar una evaluación de todo el proceso para detectar posibles fallas o resultados no deseados con el fin de obtener los mejores rendimientos tanto cuantitativos como cualitativos.

Con este estudio se pretende obtener información de rendimientos y costos en los dos sistemas de cosecha, que nos pueda proporcionar conocimientos sobre la viabilidad de esta maquinaria en sitios con características y condiciones (climáticas, topográficas, etc.) similares a las de la presente investigación.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Evaluar los sistemas de cosecha en plantaciones de pino (*Pinus patula*) en forma mecanizada y semi-mecanizada en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.

2. Objetivos Específicos

- a. Determinar los rendimientos en pino bajo los sistemas de cosecha mecanizado y semi-mecanizado.
- b. Evaluar los costos operativos de los sistemas de cosecha.
- c. Valorar los sitios post-cosecha en los sistemas

C. HIPOTESIS

1. Hipótesis nula

Los rendimientos y costos del sistema mecanizado no son económicamente viables en comparación al sistema semi-mecanizado.

2. Hipótesis alternante

Los rendimientos y costos del sistema mecanizado son económicamente viables en comparación al sistema semi-mecanizado.

III. REVISION DE LITERATURA

A. COSECHA FORESTAL

1. Aprovechamiento maderero

El aprovechamiento maderero es la preparación de los troncos en un bosque o plantación de acuerdo con las necesidades del usuario y la entrega de los mismos al consumidor. Comprende la corta de árboles, la reparación de los troncos y su extracción y transporte a larga distancia hasta el consumidor o los centros de elaboración. Los términos *aprovechamiento forestal*, *aprovechamiento maderero* o *saca* suelen utilizarse como sinónimos.

2. Operaciones

Aunque se utilizan muchos métodos diferentes para el aprovechamiento maderero, todos ellos comportan operaciones similares:

- a. Apeo. Cortar un árbol por el pie y derribo.
- b. Desmochado y desramaje. Eliminación de la zona inútil de la copa y de las ramas.
- c. Descortezado. Eliminación de la corteza del fuste; esta operación suele realizarse en el centro de elaboración más que en el bosque; en la corta de madera para leña no se realiza.
- d. Extracción. Traslado de los troncos o trozas desde el tocón hasta un lugar próximo a una carretera forestal en el que pueden clasificarse, apilarse y a menudo almacenarse temporalmente, en espera de su transporte a larga distancia.
- e. Preparación de los troncos/tronzado (troceado). Corte del fuste a la longitud especificada por el destinatario de las trozas.

- f. Cubicación. Determinación de la cantidad de troncos obtenidos, por lo común, midiendo el volumen.
- g. Clasificación, apilamiento y almacenamiento temporal. Los troncos suelen ser de dimensiones y calidades variables, por lo que se clasifican en surtidos según puedan destinarse a pasta, aserrado, etcétera, y se apilan hasta que se consigue una carga completa, por lo común la suficiente para llenar un camión.
- h. Carga. Traslado de los troncos al medio de transporte, normalmente un camión, y fijación de la carga.

No es preciso realizar estas operaciones en el orden citado. En función del tipo de bosque, del tipo de producto deseado y de la tecnología disponible, puede ser más conveniente realizar una operación antes (es decir, más cerca del tocón) o después (es decir, en el cargadero o incluso en el centro de elaboración).

3. Avances tecnológicos

El coste y el rendimiento de un sistema de aprovechamiento pueden variar mucho, en función de su adaptación a las condiciones del lugar y, lo que es igualmente importante, de la cualificación de los trabajadores y de la organización de las actividades. Los métodos totalmente mecanizados pueden conseguir rendimientos diarios muy altos, pero requieren grandes inversiones de capital.

En condiciones favorables, las modernas cosechadoras pueden producir más de 200 m³ de troncos por jornada de 8 horas. Es improbable que un operario de motosierras produzca más del 10 % de esa cantidad. Una cosechadora o malacate de grandes dimensiones cuesta alrededor de 500.000 dólares en comparación con los 1.000 o 2.000 dólares que cuesta una motosierra y los 200 dólares que cuesta una tronzadora de mano de buena calidad. (Dykstra, D. y Poschen, D. 1998).

4. Niveles tecnológicos de las operaciones de aprovechamiento de la madera

a. Explotación manual

En este tipo de operación, como su nombre indica, la mano de obra es el aporte o insumo principal. Con la ayuda de herramientas forestales manuales de buena calidad y mantenidas adecuadamente, desarrolladas para los distintos tipos de trabajo forestal, se puede lograr unos resultados bastante buenos en las operaciones de aprovechamiento de la madera. En lo que se refiere al transporte de trozas, se han desarrollado métodos tradicionales muy especializados en diversas partes del mundo; algunos de ellos todavía se practican, especialmente donde la mano de obra es todavía más barata que el empleo de maquinaria.

b. Explotación maderera de tecnología intermedia.

En este tipo de operación solo se emplea trabajo manual en cuantía limitada, introduciendo la maquinaria para facilitar el trabajo y mejorar al nivel de producción. Por ejemplo, para el apeo se sustituye la sierra manual por la motosierra, mientras que para el desrame todavía se utiliza el hacha. Para el transporte fuera de la carretera y por ella los tractores agrícolas con implementos forestales (cabrestantes, vagonetas, accesorios de cable-grúa, y remolque) hacen en muchos casos un trabajo suficientemente aceptable.

El concepto de utilizar tecnología intermedia en las operaciones forestales y especialmente en la explotación maderera (extracción y transporte) obedece sobre todo a los cambios en la situación económica de muchos países del mundo, especialmente respecto al consumo, utilización y costes de la energía. Es también consecuencia de un mejor conocimiento de la necesidad de preservar los recursos forestales mediante unas operaciones eficientes, mejor orientadas desde el punto de vista ambiental, y de incrementar los recursos forestales mediante nuevas plantaciones.

c. Explotación totalmente mecanizada

En la mayoría de los países industrializados se aplican técnicas altamente mecanizadas, debido al alto coste de la mano de obra y a la necesidad de garantizar un abastecimiento

sostenido de gran cantidad de trozas para las industrias forestales establecidas y para los mercados consumidores.

En los países desarrollados, en zonas de topografía suave, la mecanización de las operaciones de aprovechamiento a gran escala ha avanzado tanto que una sola máquina realiza actualmente las distintas tareas de corte, desrame, tronzado y descortezado. Sin embargo, en terrenos difíciles y muy accidentados o con fuertes pendientes todavía se necesita una serie de varias máquinas para la producción de trozas; es frecuente emplear la siguiente secuencia de técnicas: motosierras para el apeo, cables-grúa para la extracción de árboles y el transporte a borde de carretera, tractores arrastradores para transportar los árboles al cargadero, donde se emplea una procesadora finalmente para desramar, tronzar y descortezar los árboles. (Ortiz, L 1995).

B. RENDIMIENTO

1. Estudio de rendimientos

El estudio de rendimientos es la relación de los tiempos totales (productivos y no productivos) con los volúmenes extraídos, expresado en metros cúbicos por hora ($m^3/hora$). En este tipo de estudios también es importante considerar las condiciones de trabajo, ya que esto lo hará comparable con estudios posteriores que se realicen en similares circunstancias (Eronheimo y Mäkinen, 1995).

Según Vignote (1993), los principales factores que afectan el rendimiento de los procesadores forestales son: factores geomorfológicos, geográficos, climáticos, de masa y humanos.

a. Factores geomorfológicos: la pendiente del terreno, la escabrosidad y la adherencia afectan de forma importante a la movilidad de la máquina base, hasta el punto de que en muchos casos condicionan la posibilidad de su utilización.

- b. Factores geográficos: la latitud y altitud influyen de forma directa en el rendimiento de los equipos forestales, la primera como consecuencia de su influencia en las horas de luz natural, y la segunda por la pérdida de potencia que experimenta la máquina base.
- c. Factores climáticos: los fenómenos meteorológicos, influyen directamente, aunque no de forma muy notable, en las labores de los equipos, debido a la acción que ejerce sobre el rendimiento del trabajador. Indirectamente tienen una importancia mayor, pues influyen en factores tales como la adherencia.
- d. Factores de masa: la especie, la edad, la forma y tamaño de los árboles, la rugosidad, las características y cantidad de corteza, y de ramas y las características de la madera influyen de forma muy notable en el rendimiento de los procesadores.
- e. Factores humanos: la profesionalidad y la motivación influyen de forma directa en el rendimiento de la máquina. Los procesadores son equipos que necesitan un cierto período de aprendizaje para su correcta utilización, el que variará según lo complejo que sea el equipo.

C. MEDICIÓN DE TIEMPOS

1. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos, es un estudio detallado de la distribución del uso del tiempo en las diversas tareas que componen un determinado esquema de trabajo, incluyendo también el estudio del tiempo consumido por otros eventos ajenos en principio al objetivo como retrasos, pausas, incidentes, entre otros (Tolosana, E. V, González. S, Vignote., 2000).

Según los tiempos medidos pueden clasificarse como: tiempo planificado, es decir, tiempo total del ciclo de trabajo incluyendo demoras; tiempo productivo, suma de los tiempos parciales de los elementos productivos del ciclo de trabajo de los subsistemas, excluyendo las demoras; y tiempo de demoras, entendiéndose como tal los tiempos ocasionales, ya sea

indirectamente productivos o tiempos muertos. A la vez, los tiempos de demoras, se pueden clasificar en operacionales, mecánicos y personales (P. Carey. 1997).

Es la técnica especialmente del estudio de métodos y medidas de trabajo para el examen sistemático del trabajo humano en todos sus contextos, así como de todos los factores que afectan su eficiencia y economía (Chávez, 1997).

a. Tiempo productivo

- 1) Derribo (cortes de dirección y caída, troceo, desrame, desplazamiento entre árboles)
- 2) Arrastre con grúa-con yunta (desplazamiento entre trozas, enganche, arrastre y desenganche)
- 3) Carga con grúa (levantamiento, acomodo y desplazamiento)
- 4) Carga manual (levantamiento, acomodo y desplazamiento entre trozas)

b. Tiempo improductivo

- 1) Derribo (remoción de obstáculos, descanso, combustible y mantenimiento)
- 2) Arrastre con grúa-con yunta (atoramiento de trozas, descansos y mantenimientos)
- 3) Carga con grúa (reacomodo del camión y remolque, descansos)
- 4) Carga manual (remoción de obstáculos, reacomodo del camión, descanso etc.)

2. Métodos y tiempos de trabajo

a. Método de tiempo total

Se basa en la producción obtenida en un periodo de tiempo determinado (hora, día, mes).

b. Método por muestreo aleatorio

Está basado en principios estadísticos según el cual se hacen observaciones instantáneas al azar o de forma sistemática. (H. Luna y J. Sánchez, 2008)

3. Tipos de cronometraje

Los tipos de muestreo de tiempos varían según las necesidades de precisión y el objetivo del estudio. Algunos de ellos se describen a continuación:

a. Control por producción

El análisis productivo grosero se realiza conociendo la cantidad de producto obtenida en un periodo de tiempo determinado (un mes, un año) sin tener un conocimiento preciso de los factores de influencia.

b. El control por partes diarios o turnos shift-level studies

Para ello cada trabajador debe rellenar un estadillo en el que se le solicita la hora de inicio y fin de tarea, unidades de producto manipuladas y otros aspectos de interés para la empresa, como horas de mantenimiento, avería, cantidad de combustible gastado, etc.

c. Cronometraje discontinuo o multimomento

Se fija un intervalo de tiempo (desde un minuto a más de 5 minutos dependiendo de la precisión) tras el cual se registra en un estadillo la operación elemental que desarrolla el operario o maquina en ese momento. Se puede emplear un reloj pitador en que se fija el intervalo de tiempo. Además se anota, de forma continua, la cantidad de producto elaborada así como los parámetros más influyentes en el tiempo empleado en realizar ese producto.

d. Cronometraje de vuelta a cero

Que el cronómetro se detiene al final de cada operación elemental y vuelve inmediatamente a cero al inicio de la siguiente. Se puede emplear un formulario con las operaciones detalladas donde anotar el tiempo.

e. Cronometraje continuo

Registra el tiempo total empleado en cada operación realizada de forma secuencial. El registro se hace sobre unas libretas electrónicas o PDAs indicando el final de cada operación elemental y registrando los parámetros explicativos

f. Filmadoras

Medición de tiempos mediante el empleo de filmaciones de las operaciones realizadas por los trabajadores o máquinas. Se recomienda esta técnica para el entrenamiento de nuevos cronometradores o el establecimiento de criterios comunes entre diferentes cronometradores.

g. La tecnología G.P.S

(GeographicPositioningSystem) en el control de tiempos proporciona la localización de un punto por la latitud longitud y altitud a que se encuentra una máquina en diferentes momentos. Este tipo de control de tiempos es útil para máquinas dinámicas como camiones de mercancías. Proporciona información en tiempo real evitando esperas para obtener los resultados de los rendimientos (McDONAL, 1999a). (Y. Ambrosio y E. Tolosana, 2007)

D. EQUIPO Y MAQUINARIA FORESTAL

1. Motosierras

Una motosierra es una máquina de excelente rendimiento y de amplia utilidad. Reemplaza a una gran cantidad de herramientas como el hacha y el tronizador y distingue por su mayor comodidad y capacidad. Sin embargo, el uso de una motosierra requiere tomar precauciones debido a que puede causar numerosos accidentes. Las motosierras de motor de gasolina son muy potentes y tienen muy buena movilidad. Se utilizan en trabajos pesados y requieren mantenimiento. Usan una mezcla de aceite con gasolina, por lo que despiden olor. (www.misrespuestas.com).

a. Parámetros de rendimientos

En pinos de mayor tamaño (alrededor de un m^3 c/c por pie), no es corriente en España la ejecución del apeo de forma separada del desramado, dado que se emplea generalmente el sistema de aprovechamiento de fustes enteros y el operario que apea suele desramar a continuación, o los operarios de cada cuadrilla se intercambian las tareas. No obstante, se puede citar la referencia de Saldanha, *et al.*, que tras una experiencia de estudios de tiempos en una corta a hecho de pino pinaster de aproximadamente $1m^3$ en un monte de fisiografía muy suave en Foja (Portugal), hallaron rendimientos de $27.2m^3$ /hora productiva.

Para la operación de tronzado, en las ecuaciones predictivas de rendimiento, aparte del tamaño del árbol expresado por su diámetro normal o volumen, suele incluirse como variable explicativa tanto la longitud de las trozas como algún parámetro fisiográfico – el más utilizado es la pendiente media.

El tronzado rara vez se suele llevar a cabo en monte como una operación aislada en los aprovechamientos españoles, siendo lo normal que el mismo operario que apea y desrama tronce los fustes y, a veces, incluso los apile. (E. Tolosama, V. Gonzales y S. Vignote. 2000).

Datos de rendimientos de trabajos de apeo y elaboración citados por E. Tolosama, V. Gonzales y S. Vignote. (2000) de distintos autores ibéricos en masas de coníferas se resumen a continuación:

1) Para el tronzado en pista (longitudes variables, sin incluir apilado) de pino radiata de $0.48m^3$ de volumen unitario: $8.1m^3$ por hora de presencia (Arconada, R et al., 1999).

2) Mediante el análisis disgregado de datos de cronometraje, Martinez Carnero et al., (1997) desarrollaron unas ecuaciones predictivas de tiempo básico de apeo, desramado y tronzado a 2.5m, junto con unos factores de corrección para su conversión en tiempos reales estimados, que arrojan, por ejemplo, los siguientes resultados para los casos de aprovechamientos gallegos con pendiente entre el 25 y el 40%, escasa pedregosidad y buenas condiciones atmosféricas en que fueron desarrolladas. En cuanto a rendimientos de

apeo, desramado y tronzado: En pino radiata (corta a hecho): para un volumen por árbol de 0.5m^3 c/c: 3.9m^3 por hora de trabajo (coeficiente de utilización – tiempo productivo por tiempo de trabajo – del 71.4%).

3) El rendimiento medio de apeo, desramado y tronzado – en trozas de 4 a 5m – de pino pinaster (CBE, 1993); en pinos de un metro cúbico con corteza en una corta a hecho de 260m^3 c/c por HA sobre terreno llano localizada en Figueira da Foz (Portugal): 14.3m^3 c/c por operario y por hora productiva (CBE, 1997), en pinos de 1.14m^3 c/c en una corta a hecho de $443\text{m}^3/\text{HA}$ en un terreno del 40% de pendiente, en Lousa (Portugal): 4.54m^3 por operario y hora productiva.

2. Cortadoras-apiladoras (feller-bunchers)

Las cortadoras-apiladoras son máquinas manejables por un sólo hombre, con ruedas o montadas sobre orugas, diseñadas para cortar y apilar arboles completos, listos para arrastrar o cargar hasta el borde de la carretera (sistema de árboles completos) o para ser elaborados en forma de troncos enteros (sistema de troncos enteros) o de madera corta (sistema de madera corta) en la zona del apeo. Hay esencialmente dos tipos:

a. Las que están equipadas con un brazo articulado

Lleva un cabezal para cortar, equipado con una sierra de cadena o con una cizalla, diseñadas para cortar los árboles, levantarlos por encima del terreno, girarlos hasta la dirección de caída que se desee y apilarlos con los extremos cortados de manera uniforme.

Algunas cortadoras-apiladoras dotadas de brazo articulado están montadas sobre orugas; otras están montadas sobre un chasis articulado con doble tracción que lleva el motor en la parte trasera. Algunos brazos, junto con la cabina del operario, están montados sobre una plataforma giratoria o sobre un anillo giratorio; otros están montados sobre un pedestal. Algunos cabezales de corta están equipados con sierra de cadena de transmisión hidráulica en vez de cizalla, o con hojas de cizalla cóncavas para dirigir las fuerzas de corte hacia el

tacón y hacia abajo, a fin de reducir la altura del tocón y el astillado de la parte más gruesa del tronco.

La producción no difiere sustancialmente para las distintas máquinas cuando funcionan con operarios eficientes y motivados, en terrenos suaves y llanos, libres de sotobosque. Si se considera en pequeñas pruebas, los niveles básicos de producción son del orden de los 0,35 minutos por árbol para las máquinas europeas y norteamericanas, es decir unos 175 árboles por hora productiva de máquina. Sin embargo, considerando un período de semanas o meses, los niveles de producción son normalmente menores debido a las condiciones que se encuentran en operaciones normales. (L. Ortiz, 1995).

3. Tractor de arrastre (skidder)

El tractor de arrastre -skidder en inglés- es un tractor forestal empleado como medio de saca en el aprovechamiento maderero, puede ser empleado como medio de reunión y desembosque o sólo de desembosque dependiendo del sistema de aprovechamiento aplicado. Puede trabajar en pendientes de hasta un 50 ó 55% en línea de máxima pendiente y hasta un 35% en curva de nivel, cifras estas orientativas y más aun con las peculiaridades que se dan en España.

Normalmente llevan una hoja dozer delantera que les da una cierta versatilidad e independencia, pudiendo con ella modificar los accesos a la masa desde los taludes de las vías adyacentes, y seguridad, ya que sirven de freno en altas pendientes.

a. Clasificación de los tractores de arrastre

1) Órgano de trabajo

- Tractor de arrastre de cable

El órgano de trabajo es un cable, accionado por la toma de fuerza, y una placa protectora de las ruedas del eje trasero, llamada "escudo", sobre la que se eleva un "mástil" al final del

cual se encuentran unos rodillos por las que sale el cable. La función es, sencillamente, hacer que el punto de apoyo del cable esté elevado y permitir que, cuando se arrastra la carga, se haga en semi-suspensión, para disminuir la superficie en contacto con el suelo de esta y la resistencia que presenta al avance del tractor. Además permite el desembosque de madera corta en suspensión.

Una de las cosas que hace de uno de estos tipos de T.A. una máquina muy versátil en España es el hecho de que el cable permite trabajar en altas pendiente (superiores al 50 ó 55%) en una modalidad de trabajo específica de esta máquina: mediante el método denominado "cableado desde pista".

- **Tractor de arrastre de grapa**

El órgano de trabajo es una grapa accionada por medio de un circuito hidráulico, que sustituye al cable como elemento de trabajo.

La grapa recoge las trozas o los fustes directamente del suelo sin necesidad de un ayudante del tractorista que amarre la carga y sin necesidad, al menos en principio, de que las trozas o los fustes se apoyen sobre otras que proporcionen un vano para facilitar el enganche de la carga, ya que la grapa funciona como una pinza.

En los "**sin arco**", la grapa se une al chasis trasero mediante un sistema intermedio que le da una cierta movilidad y se sitúa invertida, es decir, con las uñas de la grapa hacia arriba.

En este caso la grapa no coge directamente la carga, si no que ha de ser colocada sobre esta por un segundo dispositivo que puede ser ajeno a la propia máquina, o ir incorporada en este, llevando además en este caso un brazo de grúa y una grapa similares a los empleados en los autocargadores.

En los que tienen **arco**, la grapa cuelga de él y en ningún caso necesitan de medios auxiliares ni operarios distintos del tractorista.(<http://usuarios.multimania.es/maquinariaforestal/index.htm>).

b. Distancia promedio de madereo (DPM).

J. Rojas (2004) dice y cita a ciertos autores sobre distancia promedio de madereo: Los resultados obtenidos reflejan claramente que: al aumentar la inclinación del camino el costo de la cosecha aumenta considerablemente, esto se debe principalmente al aumento de la distancia promedio de madereo (DPM).

Según Ramírez (2001), la DPM se puede definir como la distancia media a recorrer por la máquina para trasladar la madera dentro de un rodal a un punto determinado. Esta es una de las variables más importantes que influyen dentro de los costos de las faenas de extracción que intervienen para la generación del modelo total de costos.

Los autores Aedo, Neuenschwander y Chacón (1998), mencionan que la extracción de madera mediante, equipos mecanizados como los skidders, operan en condiciones adecuadas cuando las DPM fluctúan entre 100 y 300m.

Según Matthews (1942), cuando el madereo se realiza directamente a caminos (ver Figura 1), la DPM es fácilmente determinada multiplicando la profundidad del rodal (P), por el factor 0.5, sin embargo, en los procesos de madereo a canchas o puntos de acopio en el bosque, donde no se considera la construcción de caminos en el interior de los rodales, el cálculo se hace más complejo.

4. Cargadora (lodloader)

La carga de productos forestales en bruto se suele hacer mecánicamente. En ciertas regiones en que la materia prima es suficientemente corta y ligera para ser manejada por un solo hombre, la carga puede hacerse a mano.

Hay muchas formas de emplear máquinas para cargar los vehículos de transporte. Hay dos tipos generales de cargadores mecánicos para trabajar a borde de pista:

- a. Los que están dotados de un brazo articulado y grapa y

b. Los que están dotados de una horquilla para trozas (cargadores frontales) o de una garra, que se mueven entre la pila de trozas y los vehículos de transporte, durante la operación de carga.

Ambos tipos son móviles, pudiendo emplearse la mayoría de las máquinas para cargar madera corta, troncos enteros o árboles completos, aunque algunos tienen fuertes limitaciones; por ejemplo, los cargadores frontales cuando cargan madera corta de menos de 2 m de longitud. Las grúas de brazo rígido, equipadas con grapa para trozas, se utilizan también en pequeña escala para cargar trozas de aserrío y piezas más largas. (Ortiz, L. 1995).

E. COSTOS DE COSECHA

Se denomina costo horario de un medio de producción al conjunto de costos directos imputables a dicho medio por hora de utilización del mismo. La definición de lo que se entiende por “hora de utilización” es uno de los principales problemas en la cuantificación de los costos horarios. Los componentes que se suelen considerar en el cálculo de costes horarios son los siguientes:

1. Costos fijos

Son aquellos que se producen independientemente del medio de producción empleado trabaje o no. No obstante, su magnitud varía en función de los que dicho medio trabaje, aunque no de todo modo proporcional al tiempo en que lo haga, por lo que su valor horario dista mucho de ser fijo. Los costos son:

a. Costo de depreciación (de amortización).

Es un gasto no desembolsable, el cual es la disminución del valor de los bienes como consecuencia de determinadas causas. Representa el coste que supone la recuperación del capital invertido en la adquisición de la máquina.

b. Costo de intereses.

Es el costo de financiamiento del capital invertido en la adquisición de la máquina, normalmente obtenido por un crédito bancario. Su magnitud depende de la tasa de interés.

c. Costo de seguros e impuestos.

Es el debido a estas cargas, y se suele considerar para las maquinas que las soportan. Por su cálculo, lo idóneo es el conocimiento de los gastos anuales por concepto de seguros (generalmente de siniestro y de responsabilidad civil).

2. **Costos variables.**

Se llama así a los costos horarios que sólo se producen si se utiliza la máquina, y cuya magnitud global se supone proporcional o casi al número de horas de utilización en un cierto periodo.

a. Costo de combustible.

Se calcula como producto del consumo de combustible por hora de funcionamiento y el precio de dicho combustible. El cálculo es inmediato se conocen los consumos reales.

b. Costo de lubricantes.

Se calcula del mismo modo que el de combustible a partir de los consumos y de los precios de los diferentes lubricantes (aceite motor, líquidos hidráulicos, aceite de la transmisión, etc.). En caso de no conocer estos consumos, se debe estimar los costes de lubricantes, para tractores de saca convencionales, entre 5 y un 10% de los costos horarios de combustible, y multiplicar por coeficientes mayores que la unidad en el caso de máquinas de transmisión hidrostática o con gran complejidad en los circuitos hidráulicos de sus elementos de trabajo.

c. Costos de reparación y mantenimiento.

Es uno de los costos de más difícil valoración, entre otras razones porque varía notablemente a lo largo de la vida de la máquina. La mayor parte de los autores estiman que se puede estimar su valor medio a lo largo de N horas de vida útil como porcentaje de los costes de amortización, siempre que la máquina tenga un uso medio. La magnitud de este porcentaje varía en función del tipo de máquina y de las condiciones de trabajo, desde el 60 al 100%.

d. Costo de accesorios.

Estos costos se suelen calcular de manera independiente debido a que los accesorios de las maquinas tienen una vida útil menor a la máquina. Para el caso de un harvester son la cadena de la sierra, los rodillos o el cabezal completo.

3. **Costo de mano de obra.**

En el caso de cálculo de costos, se suele imputar a la máquina el coste del operario y, en su caso, de los operarios auxiliares que lo atiendan. Para ello, si estos operarios trabajan exclusivamente con la máquina, habría que dividir su costo anual bruto (incluidos todos los costos sociales y de seguros) por el número de horas de utilización de la máquina al cabo del año. (P. Carey, 1997).

Además de la mecanización, hay otra serie de factores, que tienen un efecto considerable sobre los costes, por ejemplo los diámetros de la madera, el método de apeo utilizado, las condiciones topográficas y las medidas de planificación y organización. La explotación maderera con cable suele ser más cara que el arrastre.

Los costes de los jornales pueden equipararse con el aporte de tiempo necesario en trabajo manual, que no sólo es valioso para reducir los costes sino que en algunos casos lo es también para la creación de puestos de trabajo, que puede ser un requisito de una política social determinada.

Un aumento importante en los costes de compra y en los gastos de funcionamiento y un menor grado de utilización de la maquinaria disponible, junto con una menor producción debida a una organización ineficiente del trabajo, etc., podrían traducirse en una reducción de los beneficios que se habrían podido obtener mediante mecanización o incluso en pérdidas. La primera tarea de los planificadores es identificar tal tendencia negativa y evitar tales problemas orientando la mecanización a las necesidades reales.

El grado necesario de mecanización en los aprovechamientos de maderas variará en cada caso. Además del nivel de los jornales, las condiciones sociales, las normas o requisitos de seguridad y el peso de la madera, suelen jugar un papel importante en el análisis de costes en que se basan las decisiones; por ello deben tenerse en cuenta todos estos factores. (L. Ortiz. 1995)

F. ALTERACIÓN DEL SUELO

Según J. Gayoso, y D. Alarcón. (1999). Las actividades ligadas al manejo forestal en general, producen un efecto o impacto directo sobre los componentes del medio ambiente, como son el suelo, el agua, y los componentes bióticos. Con el fin de prevenir o minimizar dicho impacto, es necesario llevar a cabo prácticas forestales que conduzcan hacia una mayor sustentabilidad en el manejo forestal. Entre otros efectos producidos, la remoción, compactación y erosión de suelos se traducen en pérdida de superficie productiva, disminución de la productividad del sitio y generación de sedimentos que alteran por consecuencia la calidad de las aguas.

Los problemas de erosión severa, que pueden ocurrir en terrenos forestales, son originados por operaciones de cosecha en altas pendientes, madereo a lo largo de la pendiente, construcción de caminos en terrenos de topografía abrupta y con sistemas de drenaje inapropiados. Por consiguiente, es necesario plantear criterios más específicos para las actividades forestales de mayor influencia en el recurso suelo, con el fin de asegurar una adecuada protección de este componente ambiental.

1. Compactación del suelo

Proceso mecánico que genera un aumento de la densidad del suelo por una reorganización de las partículas del suelo, en respuesta a la aplicación de fuerzas externas ejercidas por el tránsito de equipos en diversas labores y el madereode las trozas durante la cosecha. La compactación afecta el suelo superficial, sección que almacena la mayor proporción de nutrientes, y en la cual se desarrolla la mayor parte de las raíces de los árboles (Smith y Norris, 1995).

El aumento de la densidad reduce la porosidad del suelo especialmente los poros mayores (macroporos), que juegan un importante rol para el crecimiento de las raíces y desarrollo de la flora y fauna del suelo. En relación con lo anterior, se produce un aumento de la cohesión y resistencia al corte, dificultando el desarrollo radicular. Además, ocurre una disminución de la permeabilidad, al disminuir los macroporos, por lo cual se tiene menor disponibilidad de agua en el suelo, determinando un mayor escurrimiento superficial, lo que se traduce en un aumento del riesgo de erosión. (Gayoso, J. y Alarcón, D. 1999)

La medición de la resistencia a la penetración de un suelo a través del penetrómetro de cono tiene como ventajas de ser fácil, rápida y económica; al tiempo que provee datos que pueden ser sencillamente analizados (Perumpral, 1987). La resistencia a la penetración es un parámetro más sensible que la densidad aparente para determinar la compactación inducida por tránsito.(Terminiello, 2000). Citado por Smith, Aucaná, Hilbert e Iruetia. 2009)

Según Threadgill (1982), valores de resistencia a la penetración, superiores a 1,5 MPa implican reducciones en el crecimiento radicular, en tanto que valores de 2,1 a 2,5 MPa actúan como limitantes del mismo.

Se asume que el valor crítico de RP para la penetración de raíces es de 2Mpa (Gupta; Allmaras, en Procisur, 2007).

La resistencia mecánica esta dado por la fuerza que oponen los suelos a la penetración de un objeto punzante; esta fuerza viene expresada en kg/cm^2 . Dicha resistencia se manifiesta según el estado de la consistencia de los suelos; si los suelos están compactados la resistencia mecánica será mayor y si es friable será menor. (Cairo, P. 1995).

Tabla 1. Clasificación de la resistencia mecánica de los suelos

Rango de la Resistencia Mecánica (Kg/cm^2)	Clasificación
> 100	Suelos extremadamente densos
50 a 100	Suelo muy densos
30 a 50	Suelos densos
20 a 30	Suelos medianamente densos
10 a 20	Suelos medianamente sueltos
< 10	Suelos sueltos

Fuente: Cairo, P. 1995

2. Penetrometría

Consiste en medir la resistencia a la deformación, al hacer penetrar un cono en el suelo a una velocidad constante y midiendo la resistencia que el suelo opone al área de manto de la punta del penetrómetro.

La resistencia a la penetración de un suelo varia con las propiedades intrínsecas del suelo y condiciones de manejo, será menor a mayor humedad y mayor mientras mayor el grado de compactación. El penetrómetro registra la fuerza por unidad de área necesaria para introducir un cono hasta una cierta profundidad. (Gayoso, J. y Alarcón, D. 1999).

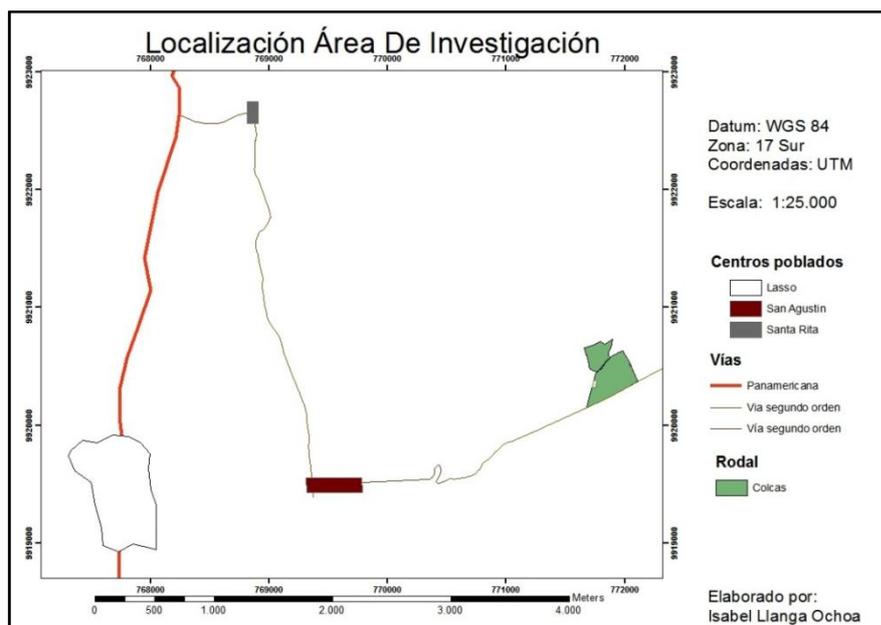
IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

La presente investigación se realizó en las plantaciones de pino (*Pinus patula*) en la hacienda Colcas de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., que se encuentra ubicada en la Parroquia Lasso, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi.

Mapa 1. Ubicación geográfica del área de estudio



2. Ubicación geográfica¹

La hacienda se encuentra en la zona 17 con las siguientes coordenadas UTM:

- Altitud: 3401 m.s.n.m
- Norte: 9920385m.
- Este:

771017m.

¹Datum WGS 84

3. Características climáticas²

- a. Precipitación media anual : 643.4mm.
- b. Temperatura media anual : 8.7°C
- c. Humedad relativa : 91%

4. Clasificación ecológica

La hacienda se encuentran ubicada en la zona de vida Húmedo Montano bhM(Holdrigge, 1982)

5. Características físicas del suelo

El suelo es de origen volcánico con derivados de ceniza, con mucha grava y piedra, con un porcentaje menor al 1% de materia orgánica en el horizonte A-B.

B. MATERIALES Y EQUIPOS

1. Materiales

Mapa, botas de seguridad, casco, chaleco reflectante, tablero, hojas de campo, lápiz, pintura, cinta métrica, flexómetro.

2. Equipos

Forcipula, clinómetro de Sunnto, cronómetro, GPS, cámara fotográfica, calculadora, computador.

² ACOSA S.A.

C. METODOLOGIA

1. Especificaciones del campo experimental (Cuadro 1)

Volteo (FellerBuncher)	1 persona
Arrastre (Skiddergrapple)	1 persona
Cargadora (Log loader)	1 persona
Reproceso (Motosierra y machete)	3 personas
Volteo/ayudante (Motosierra)	2 personas
Desrame (machete)	3 personas
Arrastre (Skidder de cable)	4 personas
Trozado (Motosierra)	2 personas
Cargadora (Trineumático)	1 persona

2. Tratamientos en estudio

a.	Número de Tratamientos	2
b.	Número de Repeticiones	3
c.	Número total de unidades experimentales	6

Los tratamientos en estudio son los siguientes:

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.

NUMERO DE TRATAMIENTOS	CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	T1D1	S. Mecanizado; repetición1
2	T1D2	S. Mecanizado; repetición2
3	T1D3	S. Mecanizado; repetición3
4	T2D1	S. Semi-mecanizado; repetición1
5	T2D2	S. Semi-mecanizado; repetición2
6	T2D3	S. Semi-mecanizado; repetición3

3. Análisis estadístico

- a. Desviación estándar
- b. Coeficiente de variación
- c. Prueba t “student”

4. Métodos de evaluación y datos a registrarse

En los dos sistemas se determinaron rendimientos planificados y productivos, según Tolosana, E. 2011, el porcentaje de eficiencia (rendimiento ideal) a utilizarse sería, para feller-buncher y skidder (como media de experiencias) un 85%, dado que son máquinas robustas, dependiendo del operario y su eficiencia, se puede llegar al 90% (especialmente en el skidder). Por el contrario, para trabajos con motosierra, dados los mayores tiempos de servicio, mantenimiento y necesidades de descansos, se usaría el 70 % si los operarios no son especialmente eficientes.

a. Rendimiento sistema de cosecha mecanizada

Dentro de éste sistema se registraron los rendimientos tanto en horas planificadas como horas productivas, además se tomaron los tiempos de demoras y las actividades detalladas por turno. Las actividades se desarrollaron de la siguiente manera:

- 1) Volteo - Feller Buncher L870C (árboles y m³st.)
- 2) Arrastre – Skidder Grapple 620D (árboles, m³st., distancia media)
- 3) Procesamiento - Log Loader T234 con dos aditamentos un Delimber para el desrame y un slasher para el trozado. (árboles, m³st.)

b. Rendimiento sistema de cosecha semi-mecanizada

Se registraron los rendimientos de sistema de cosecha semi-mecanizada, tanto en horas planificadas como horas productivas. Las actividades que se realizaron son:

- Volteo (árboles, árboles desramados, m³st.)
 - Desrame (árboles)
 - Arrastre skiddercon cable (buncher, árboles, m³st., distancia media)
 - Trozado (árboles, m³st.)
 - Carga (m³st.)
- c. Evaluar los rendimientos de los sistemas de cosecha mecanizado y semi-mecanizado.

Con los resultados de los rendimientos finales, se comparó los rendimientos de los dos sistemas en m³st/hr y m³st/mes.

d. Costos

- Se registraron los costos horarios de la cosecha en USD/hr. y USD/mes.
- Se determinó los costos unitarios en USD/m³.

e. Compactación del suelo

Se evaluó la compactación del suelo del área cosechada y de las vías de saca, con el penetrómetro LANG en megapascuales (MP).

f. Residuos

Se midieron los tocones en altura y se obtuvo el volumen en m³st./ha.

La madera aprovechable dejada en campo en m³/ha.

5. Manejo del ensayo.

Se elaboró formatos para la toma de tiempos, rendimientos, costos, compactación y residuos, tomando en cuenta las variables a medir. En los dos sistemas se recopiló las demoras (tiempo muerto), es decir, cuando no se está realizando actividad alguna y el motivo (mantenimiento, daño de las máquinas o equipos, atrasos en operaciones previas,

descanso, entre otros). Se tomó en cuenta que el sistema mecanizado labora dos turnos de 8 horas cada día, a diferencia del sistema semi-mecanizado que trabaja un solo turno de 8 horas. Las muestras registradas fueron de tres días para cada sistema.

a. Cálculo del volumen

Se obtuvo el volumen para los dos sistemas, primero se midió el DAP de todos los árboles que conformaron la muestra, y la altura (Hipsómetro de Sunnto) se tomó aproximadamente el 10% del total de la muestra, con estos datos se realizó una tabla de regresiones en alturas. El departamento de Mensura facilitó las funciones de volumen ajustadas en *Pinuspatula* para el cálculo del volumen. Cuando se tomó las medidas dasométricas de las muestras, se procedió a marcar cada árbol con pintura spray proporcionándole un determinado código para su posterior identificación.

En las mediciones del estudio podemos aclarar que los m^3 sólidos hacen referencia al volumen neto de madera, en tanto que los m^3 estéreos (st.) indican la medición en conjunto de la madera acumulada en un determinado espacio, es decir se mide la longitud, altura y ancho del área ocupada por las trozas.

Se unificó la medición en todas las actividades a m^3 estéreo, en los dos sistemas se determinó un factor de conversión. Se obtuvo tres factores; el primero para el sistema mecanizado, el segundo para el semi-mecanizado y un tercero que consistió en medir el volumen sólido y estéreo de 10 camiones en el patio de recepción de madera de la fábrica y se fijó un factor promedio para transformar m^3 sólidos a estéreos.

b. Medición de tiempos y volumen del sistema de cosecha mecanizado

En este sistema trabajó una persona por cada máquina, es decir, tres operadores, además tres personas en el equipo de re-proceso, un despachador y un supervisor de cosecha.

1) Cosechadora FellerBuncher L870C



En la operación de volteo el método utilizado fue, el de tiempo total en un periodo de una jornada de trabajo. Se utilizó cronometraje por partes diarias o turnos, ya que esta máquina trabaja sin interrupción, donde se anotó la hora de inicio y final de la operación, número de árboles por buncher y el cronometraje de vuelta a cero con el que se registró el tiempo que se demoró en armar cada buncher.

Se obtuvo el volumen producido por la máquina paralelamente al registro de tiempo, se anotó la codificación que tenía cada árbol y éstos se los colocó en un buncher, el mismo que se marcó con letras combinadas del abecedario, con esto se obtuvo el volumen real de producción por jornada.

2) Tractor de Arrastre SkidderGrapple 620D



Inicialmente se definió todas las actividades que realiza el skidder, aquí se empleó la técnica de cronometraje vuelta a cero, donde se anotó el tiempo que se demora al realizar cada actividad (viaje con carga, bunchersacercados a la procesadora, recuperación, entre otros) y en el caso de árboles arrastrados el número por viaje. También se tomó las distancias de arrastre, donde se colocó estacas pintadas cada 50m en las vías de saca y desde la estaca más cercana al buncher se midió y se marcó la distancia precisa por cada buncher.

Para la producción de esta máquina, únicamente hubo que copiar en código del buncher transportado en la hoja de registro, con esto se sacó el volumen por viaje y por jornada.

3) Cargadora Log Loader T234



Ya que esta máquina realiza tres actividades elementales (desrame-delimber, trozadoslasher y carga), no se tiene un orden específico para medirlas individualmente, por tal motivo, se utilizó la técnica de cronometraje discontinuo o multimomento, durante tres jornadas anoto cada tres minutos la actividad que la máquina realizo en ese preciso momento, así se determinó en % el tiempo que ocupó en realizar cada actividad. Además de las tres actividades de producción, se anotó los tiempos paro.

Ya con los buncher marcados, solo se anotó la codificación que venía en cada buncher, con esto se determinó el volumen y número de árboles procesados. La producción por sistema se estableció con el volumen medido en m^3 estéreo tanto de los camiones despachados como del stock acumulado en el patio.

4) Reproceso



Los productos como puntas que la máquina log loader no procesó, lo recoge el grupo de reproceso, forman paquetes, después el skidder los acomodó en el stock de la grúa para que los cargue.

c. Medición de tiempos y volumen del sistema de cosecha semi-mecanizado

Los trabajadores por grupo estuvieron organizados de la siguiente manera: en el volteo un motosierrista, un ayudante y tres desramadores; para el trozado un motosierrista y un ayudante midiendo el largo de las trozas; en el arrastre un operador del skidder y tres estroberos; para la carga únicamente el operador del trineumático Bell. Ya que las operaciones pueden cambiar dependiendo de la situación en el campo, se empleó a trece trabajadores en promedio para la realización de éste estudio.

1) Volteo



En esta actividad el ayudante procedió a limpiar el área circundante de cada árbol y el motosierrista se encargó de voltear el árbol y ayudar a cortar las ramas gruesas y que resultaban difíciles para los desramadores.

Se empleó el método de cronometraje continuo, se anotó el tiempo que se tardó en voltear un grupo de árboles y su código, desramar y los tiempos paro de toda la jornada.

2) Desrame



Una vez volteado un grupo de árboles, los desramadores con machete de herramienta se encargaron de limpiar el árbol de todas las ramas. Se registró con la técnica de cronometraje continuo, el tiempo de desrame por grupo de árboles, el código de cada árbol y los tiempos paro.

3) Tractor de Arrastre Skidder con cable Franklin



Se utilizó el cronometraje continuo, se anotó el tiempo de las actividades que lleva a cabo esta máquina, es decir, tiempo por viaje, el número de árboles arrastrados por cada viaje y tiempos muertos. Las distancias de acarreo o arrastre se las llevó igual que el sistema anterior.

4) Trozado



Esté trabajo lo efectuaron dos grupos con un motosierrista, un medidor y un despachador, se formaron dos frentes de trozado, cada grupo tenía su área de trabajo. Cada vez que el skidder llevó un conjunto de árboles, los grupos los procesaban, en este caso se empleó el cronometraje continuo. El volumen se obtuvo como en los casos anteriores con la codificación.

5) Cargadora Trineumático Bell 220



El tiempo se lo tomó con el cronometraje continuo, se detalló todas las operaciones realizadas. Se obtuvo el volumen estéreo en los camiones cargados y se especificó a qué categoría corresponde.

d. Obtención y comparación de los costos de producción

Para los dos sistemas se empleó la metodología descrita por F. Cándano, (2004) en el que se tomó en cuenta los costos fijos y variables del aprovechamiento.

1) Costos fijos o costos de propiedad de la maquina

- Costo de depreciación

Para el cálculo de la depreciación se utilizó la expresión:

$$Cd = \frac{Va - Vr}{N \cdot d \cdot h}$$

Dónde:

Cd: costo de depreciación de la máquina, (\$/h).

Va: valor de adquisición de la máquina, (\$).

Vr: valor residual de la máquina, (\$).

N: vida útil de la máquina, (años).

d: días de trabajo anual de la máquina.

h: horas de trabajo diario de la máquina.

- Costos de interés

$$Ci = \frac{Ci \cdot Ti}{100} = \frac{(Va - Vr) \cdot (1 + Ti)}{2} = \frac{Ci \cdot Ti}{100}$$

Dónde:

Ci: costo de interés de la máquina, (\$/h).

Ti: tasa de interés, (%).

IPA: inversión media anual, (\$/año).

IMH: inversión media horaria, (\$/h).

n: tiempo de trabajo de la máquina, (h/año).

- Costos de seguros

Estos costos fueron facilitados por el departamento de contabilidad, ya que son los valores reales que se cancelan a la aseguradora y se realizó el cálculo para reducir estos valores a \$/hr.

El costo de la propiedad de las maquinas se calcula:

$$C_{prop} = IPA + IMH + n$$

2) Costos variables o costos de operación de la máquina

- Costos de combustibles

De forma general, el costo de los combustibles se calculó multiplicando el consumo de combustible de las maquinas por el precio de los combustibles

$$C_c = C_{mc} \cdot P_c$$

Dónde:

Cc: costo del combustible, (\$/h).

Cmc: consumo de combustible, (gl/h).

Pc: precio del combustible, (\$/gl).

- Costos de reparación y mantenimiento

El departamento de mantenimiento nos proporcionó un valor total de mantenimiento de la maquinaria de cada sistema, dentro del cual consta lo costos de lubricantes, filtros, cierras, etc. El costo se presenta en \$/hr.

- Costos de otros materiales

$$C_{RM} = \frac{C_{RM}(\$)}{h(h)}$$

El costo de operación de las máquinas (Ceop) se calculó:

$$C_{eop} = C_{RM} + C_{RM} + C_{RM}$$

3) Costos de labor

Nos proporcionaron el costo total de labor de cada empleado, éste refleja el costo de seguro, beneficios legales y otros haberes establecidos por la empresa. El valor se presenta en \$/hr.

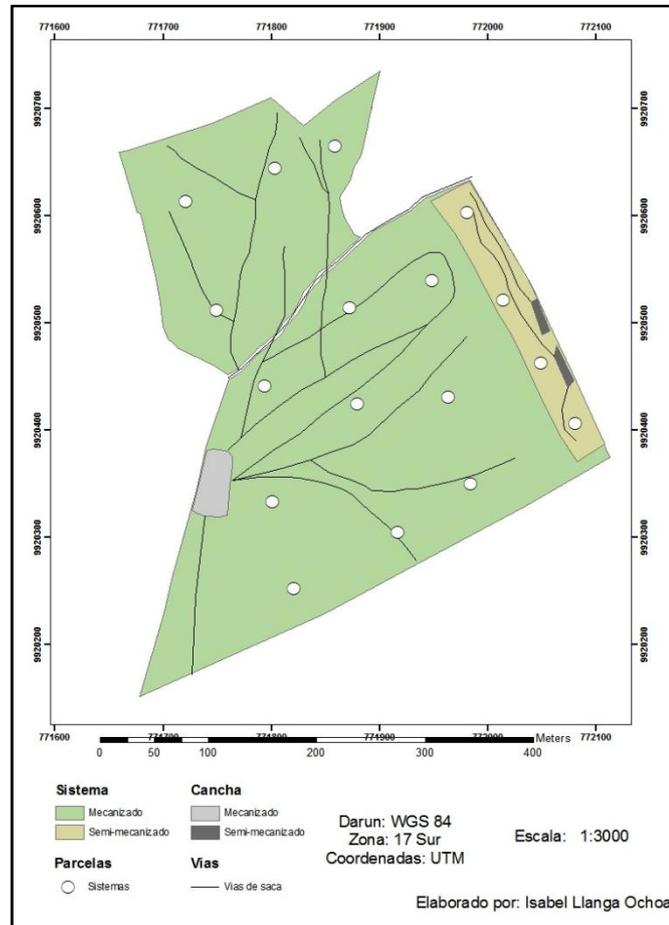
La expresión para el cálculo del costo de las máquinas es:

$$C_{RM} = C_{RM} + C_{RM} + C_{RM}$$

e. Valoración de los residuos productivos en los dos sistemas.

Se realizó una evaluación post-cosecha en los dos sistemas, donde se aplicó una formula estadística para determinar el área a muestrear en: compactación del suelo, tocones y residuos aprovechables.

Mapa 2. Ubicación de parcelas valoración post-cosecha.



Para poblaciones finitas:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * E^2}{P * Q * (P * Q - 1) + Z^2 * P * Q * E^2}$$

Dónde:

n = Número de elementos de la muestra

N = Número de elementos de la población o universo

P/Q = Probabilidades con las que se presenta el fenómeno.

Z² = Valor crítico correspondiente al nivel de confianza elegido

E = Margen de error permitido (determinado por el responsable del estudio).

- Sistema mecanizado

$$n = \frac{2.58^2 * 50 * 50 * 140672}{2.2^2(140672 - 1) + 2.58^2 * 50 * 50}$$

$$n = 3356$$

Dónde:

n = Número de elementos de la muestra

N = 140672 m²

P/Q = 50

Z² = Nivel de confianza del 99% (2.58)

E = Error permitido 2.2%

- Sistema semi-mecanizado

$$n = \frac{2.58^2 * 50 * 50 * 8347}{5.5^2(8347 - 1) + 2.58^2 * 50 * 50}$$

$$n = 516$$

Dónde:

n = Número de elementos de la muestra

N = 8347 m²

P/Q = 50

Z² = Nivel de confianza del 99% (2.58)

E = Error permitido 5.5%

1) Suelo

La medición se realizó con ayuda del penetrómetro LANG, se recogió 10 datos en cada parcela, se realizó mediciones en forma al azar. También se evaluó la compactación de las vías de saca en cada sistema.

2) Residuos de tocones

Se tomó el diámetro y altura de los tocones que se encontraron dentro de la parcela, con esto se obtuvo el volumen de desperdicio en tocones.

3) Residuos aprovechables

En cada parcela se midió las trozas aprovechables mayores de 5cm. de diámetro, se sacó el volumen de residuos dejados en campo después de la cosecha, esto se lo hizo 2 semanas después de la salida de los grupos de cosecha.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. RENDIMIENTO SISTEMA DE COSECHA MECANIZADO

1. Cosechadora Fellerbuncher L870C

Cuadro 3. Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo de la cosechadora Fellerbuncher L870C

Estadístico	Árboles/hr.		m ³ st./hr.	
	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.
Media	46	104	47.36	106.73
S	12.03	14.50	10.63	10.82
CV %	26.04	13.96	22.45	10.13
Error típico Sx	6.95	8.37	6.14	6.25

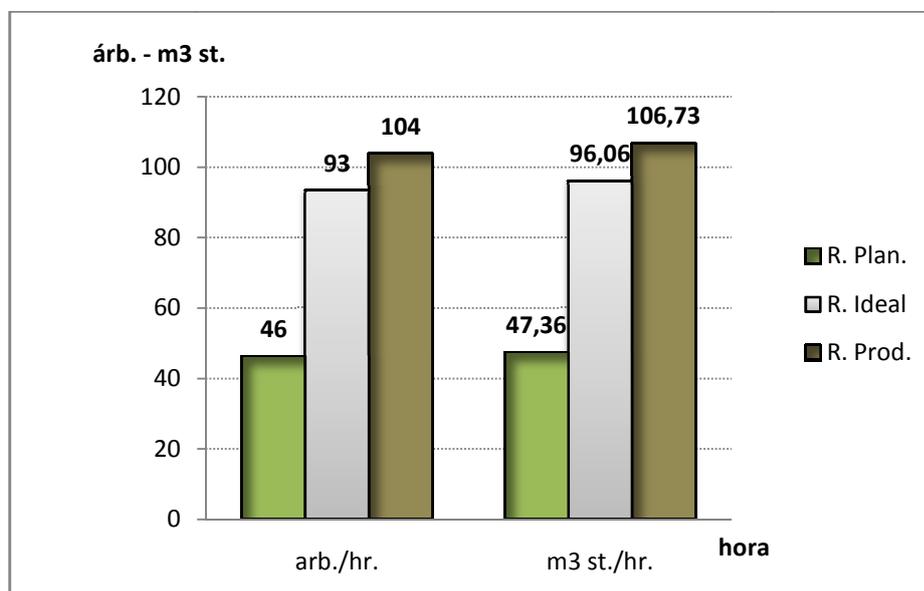


Gráfico 1. Comparación del rendimiento planificado, productivo e ideal (eficiencia al 90%) de la cosechadora Fellerbuncher L870C

De acuerdo al cuadro 3, gráfico 1 se obtuvo una media de 46 árboles/hr. para el rendimiento planificado y 104 árboles/hr. en el rendimiento productivo, lo que representó el 26.04% y 13.96% de coeficiente de variación respectivamente, además se obtuvo la

media en $m^3st./hr.$ para el rendimiento planificado y productivo dándonos un valor de 47.36 y $106.73 m^3st./hr$ respectivamente, y con un coeficiente de variación de 13.96% y 10.13%.

Estos resultados nos indican que el rendimiento planificado es muy bajo en relación al rendimiento ideal, el mismo que se puede lograr con la utilización al 100% de la máquina, esto probablemente no se alcanzó debido a que el sistema de producción implementado por la empresa no lo permite.

Cuadro 4. Detalle de actividades de la cosechadora Fellerbuncher L780C en un turno de trabajo.

Actividad	Tiempo	%	Árboles	$m^3st.$
Producción	3:31:40	44	370	378,92
Demora de coordinación	3:25:52	43		
Demora operativa	1:02:28	13		

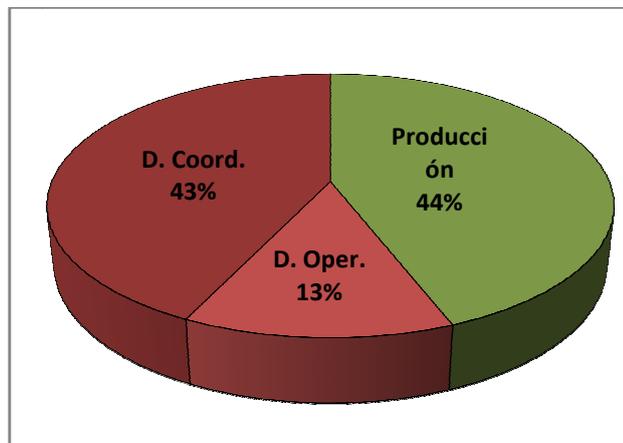


Gráfico 2. Detalle de actividades de la cosechadora Fellerbuncher L780C en un turno de trabajo.

El cuadro 4, gráfico 2 nos indica que el rendimiento de $378.93 m^3st.$ se da en un tiempo de 3:31:40 horas lo que representa el 44% del turno de trabajo, esto se debe a que el FellerBuncher no está trabajando al máximo de su capacidad, esto corresponde a factores como: demoras operativas con 1:02:28 horas (13%), las que se dan principalmente por la limpieza y el abastecimiento de combustible a la máquina; y, demoras de coordinación con 3:25:52 horas (43%), tales como coordinar y dirigir otras actividades dentro del

sistema. Los valores en demoras no están dentro de los límites ideales de eficiencia, ya que las demoras alcanzan un 56%, las que deberían estar únicamente en un 10% por ser una máquina especializada, según la recomendación de Tolosana, E.

2. SkidderGrapple 620D

Cuadro 5. Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo del tractor de arrastre SkidderGrapple 620D

Estadístico	Buncher/hr.		Árboles/hr.		m ³ st./hr.		Distancia
	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.	
Media	3	4	23	35	23.08	35.39	209
S	0.13	0.35	1.05	2.32	1.16	2.04	53.31
CV %	4.77	8.37	4.56	6.55	5.03	5.77	25.51
Error típico Sx	0.08	0.20	0.61	1.34	0.67	1.18	30.78

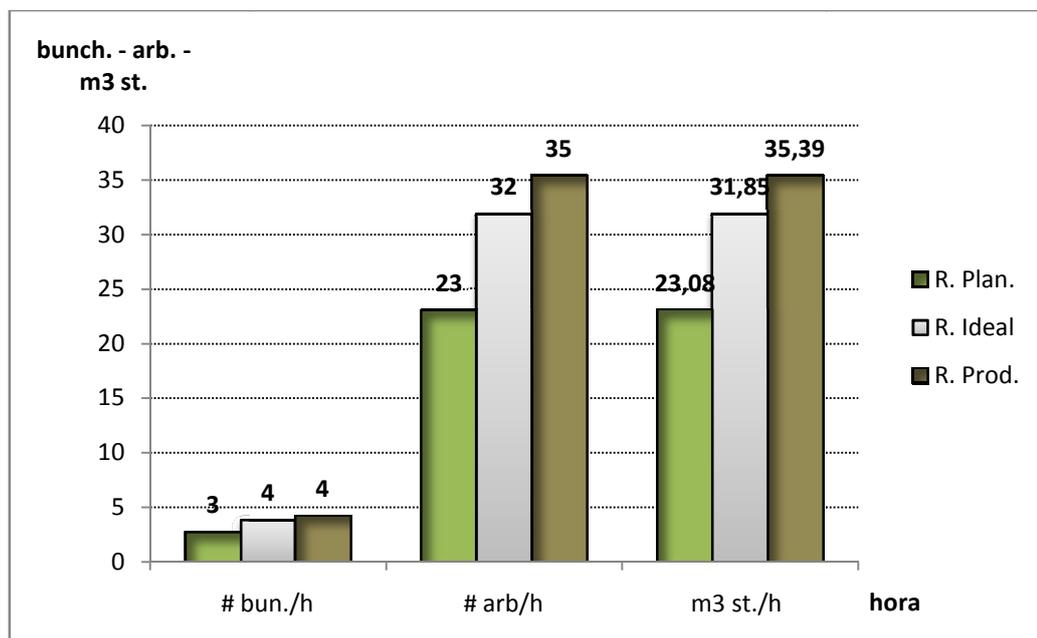


Gráfico 3. Comparación del rendimiento en tiempos planificados, productivos e ideales (eficiencia al 90%) del tractor de arrastre SkidderGrapple 620D

Según el cuadro 5, gráfico 3 las medias de rendimiento planificado en buncher/hr. equivale a 3; en número de árboles/hr. es de 23; en tanto que en m³st./hr. corresponde a 23.08 con una distancia media de 209 m. En cuanto al coeficiente de variación (CV), los porcentajes

para buncher es del 4.77%, en árboles se obtuvo un 4.56%, para m³st.es de 5.03% y en distancia 25.51%.

Para el rendimiento productivo se determinó una media de 4 buncher/hr, 35 árboles/hr, 35.39m³st./hr. en una distancia media de 209 m. En tanto que para el coeficiente de variación los valores para buncher es del 8.37%, en árboles 6.55% y en m³st 5.77%.

La eficiencia demostrada durante el estudio es del 65%, esto se debe a que en el proceso del sistema no es necesario ampliar el rendimiento de esta máquina, ya que con el rendimiento actual abastece perfectamente a la siguiente operación del sistema.

Aedo, Neuenschwander y Chacón (1998), nos indican que la distancia media de madereo está entre 100m y 300m, los valores obtenidos en nuestra investigación (209m), se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Cuadro6. Detalle de las actividades del tractor de arrastre SkidderGrapple 620D en un turno de trabajo.

Actividades por turno	Tiempo	%	# Buncher	Árboles	m³st.
Arrastre de buncher (Ar.)	3:06:10	38.78%	22	185	184.61
Limpieza del patio (LP)	0:50:47	10.58%			
Recuperación de madera del rodal (R)	0:26:41	5.56%			
Buncher pasados de la cancha a la grúa (PG)	0:24:43	5.15%			
Árboles partidos por la grúa (AT)	0:09:40	2.01%			
Madera procesada por motosierrista (MM)	0:08:42	1.81%			
Puntas para el reproceso de motosierrista (P)	0:07:28	1.55%			
Cesación	1:32:59	19.37%			
Demora operativa	0:57:00	11.88%			
Demora mecánica	0:15:50	3.30%			

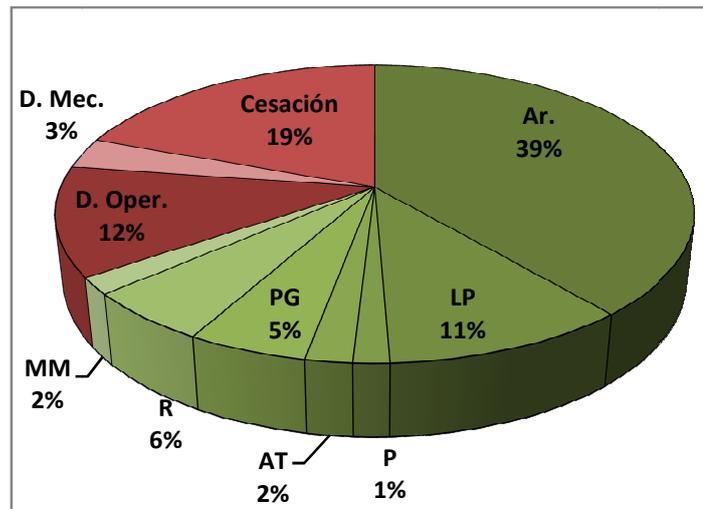


Gráfico 4. Detalle de actividades del tractor de arrastre SkidderGrapple 620 en un turno de trabajo.

Durante la operación del maderero, el equipo debe realizar diversas actividades para efectuar el maderero y el ordenamiento de los desechos simultáneamente y no descuidar el abastecimiento continuado del procesador.

Las actividades que se dan con más frecuencia son el arrastre de buncher con 3:06:10 horas (38.78%), seguida de la limpieza del patio circundante a la procesadora con 0:50:47 horas (10.58%). La actividad con menor frecuencia fue el traslado de puntas de los árboles para que lo procesen el grupo de reproceso con 0:07:28 horas (1.55%). Dándonos un rendimiento por turno de 8:00:00 horas de 22 buncher, 185 árboles y 184,61m³st.

El mayor tiempo en demoras fue la cesación con 1:32:59 horas (19.37%), continuando con la demora operativa y demora mecánica con 0:57:00 horas (11.88%) y 0:15:50 horas (3.30%), respectivamente.

Existen ciertas actividades como PG, AT Y R, que al parecer pueden ser eliminadas del proceso, ya que no son esenciales en el proceso productivo de la máquina. Con esto, si reducimos las actividades antes mencionadas y la demora por cesación (corresponde al tiempo que la máquina no trabaja porque existe suficiente madera en stock), seguramente se podrá alcanzar una eficiencia del 90% que corresponde a lo ideal. (Cuadro 6, gráfico 4).

3. Log Loader T234, delimeter, slasher

Cuadro 7. Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo del procesamiento.

Estadístico	% carga lista/hr.		Árboles/hr.		m ³ st./hr	
	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.
Media	14%	16%	30	35	27.50	32.78
S	0.08	0.08	1.10	3.30	2.03	4.95
CV %	58.08	51.78	3.71	9.47	7.38	15.11
Error típico Sx	0.05	0.05	0.63	1.91	1.17	2.86

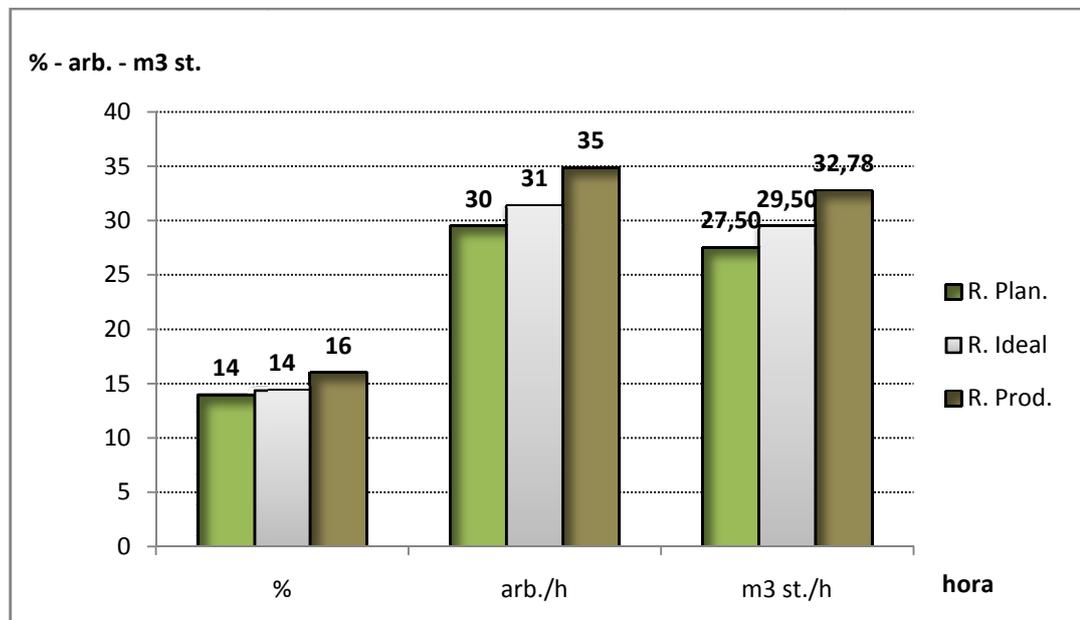


Gráfico 5. Comparación del rendimiento en tiempos planificados, productivos e ideales (eficiencia al 90%) del procesamiento.

De acuerdo al cuadro 7, gráfico 5, la media obtenida en rendimiento planificado es del 14% en porcentaje de carga lista/hr., 30 árboles/hr y 27.50m³st./hr. Presentando un coeficiente de variación de 58.08%, 3.71% y 7.38% correspondientemente.

Por otra parte el rendimiento productivo nos da una media de 16% para porcentaje de carga lista/hr., 35 árboles/hr y 32.78m³st./hr. Dándonos coeficientes de variación de 51.78%, 9.47% y 15.11% respectivos a las medias anteriores.

Los resultados nos indican un buen rendimiento en el procesamiento de madera, ya que alcanzamos el 84%, debiendo llegar al 90% en la escala ideal de producción, resulta relativamente fácil alcanzarla, esto probablemente se deba a la presión que se mantiene sobre esta parte del proceso productivo por ser el cuello de botella, por tal razón el resto de los integrantes del sistema apoyan en las actividades de mantenimiento, combustible entre otras para no disminuir el rendimiento. Además es posible un incremento, por cuanto los operarios son capaces de mejorar sus técnicas de trabajo y superar sus límites de rendimiento.

Cuadro8. Detalle de actividades de la maquinaria del procesamiento en un turno de trabajo.

Actividad	Tiempo	%	% Carga lista	árboles	m3 st.
Desrame	2:38:59	33.12%	14	236	220.02
Trozar	1:54:09	23.78%			
Carga	1:37:50	20.38%			
Stock	0:36:41	7.64%			
Demora operativa	0:57:20	11.94%			
Demoramecánica	0:15:00	3.13%			

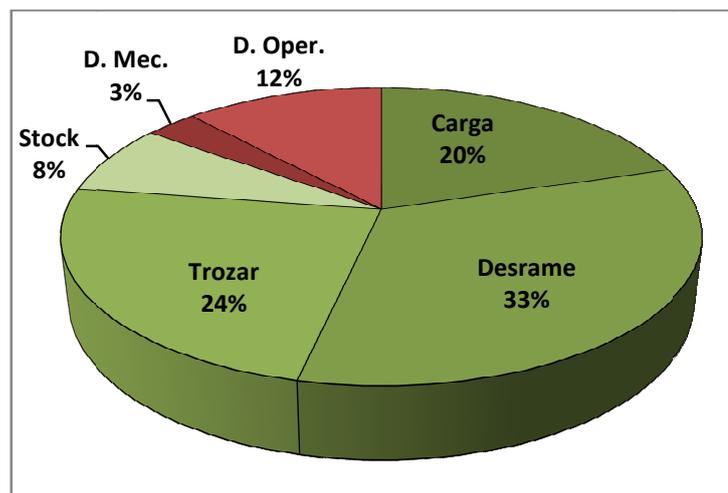


Gráfico 6. Detalle de actividades de la maquinaria del procesamiento en un turno de trabajo.

En el cuadro 8, gráfico 6, se registran los siguientes tiempos en las actividades de producción, siendo el desrame mayor con 2:38:59 horas (33.12%), seguido por el trozado

con 1:54:09 horas (23.78%), continuando con la carga 1:37:50 horas (20.38%) y finalmente el stock con 0:36:41 horas (7.64%). Con esto se obtuvo un rendimiento del 14% carga lista, 236 árboles y 220.02m³st.porturno de trabajo.

Para las demoras tenemos en operativas 0:57:20 horas (11.94%) y mecánicas con 0:15:00 (3.13%).

Al colocar la madera procesado en un stock y posteriormente colocarla nuevamente en un camión la grúa está realizando doble trabajo, posiblemente se podría excluir esta actividad abasteciendo de más camiones para la carga directa de madera, así lograremos un aumento del rendimiento de este proceso. Dentro de las demoras operativas la mayor influencia es la limpieza del delimber, afilar la cadena del slasher y engrasar los equipos, si se añade herramientas más efectivas para estas labores como una engrasadora neumática para bidones y un afilador portátil automático de cadena, probablemente reduciría en tiempo de demoras, consecuentemente se incrementaría el rendimiento.

4. Experimentación de balanceo del sistema

Considerando el sistema original, el procesador es la máquina crítica, pues limita la producción del sistema en su conjunto. De acuerdo con la evaluación en el estudio de tiempos y rendimientos se determinó que el sistema no llega a la eficiencia ideal en producción, es decir que las máquinas están subutilizadas.

Cuadro 9. Comparación del rendimiento del sistema de cosecha mecanizado en tiempos planificados y la eficiencia a alcanzar.

Equipo	Rendimiento m³st./hr.	Rendimiento eficiencia al 90% m³st./hr.
FellerBuncherL870C	47.4	96.1
Skidder 620 D	23.1	31.8
Procesador	27.5	29.5

En el rendimiento del estudio se registra con $47.4\text{m}^3\text{st./hr}$ para el fellerbuncher, $23.1\text{m}^3\text{st./hr}$ en el skidder y $27.5\text{m}^3\text{st./hr}$ para el procesador, en cambio en los rendimientos ideales, es decir, al 90% de eficiencia tenemos $96.1\text{m}^3\text{st./hr}$ en el fellerbuncher, $31.8\text{m}^3\text{st./hr}$ para el skidder y $29.5\text{m}^3\text{st./hr}$ para el procesador.

Inicialmente se corregirá la diferencia de rendimiento en el procesador y el skidder para alcanzar la eficiencia deseada (90%), posteriormente realizaremos las modificaciones al sistema empezando por el procesador por ser el equipo que presenta la más baja producción horaria. Una vez que el procesador dejó de ser el cuello de botella, se trabajó sobre las variables que afectan el rendimiento del skidder, pues este equipo pasó a limitar la producción del sistema, (Cuadro 9).

a. Aumento del rendimiento de procesamiento

Las modificaciones para incrementar el rendimiento debería realizarse en dos etapas: 1) mejorando la experticia en los operarios y disminuyendo las demoras innecesarias y 2) agregar uno o dos grupos de trabajadores, cada grupo estaría conformado por un motosierrista, un medidor y cuatro desramadores, los cuales ayudarían con el procesamiento, es decir, desramar y trozar donde posteriormente el skidder llevaría el material procesado a la Log Loader y cargarlo a los camiones.

Cuadro 10. Aumento del rendimiento en el procesamiento

Rendimiento	$\text{m}^3\text{st./hr.}$		
	Estudio	1 grupo	2 grupos
Procesamiento Log Loader	27,50	-	-
Corrección de eficiencia	1,99	-	-
Procesamiento motosierristas	-	15,80	31,59
Total rendimiento	29,50	38,46	47,42

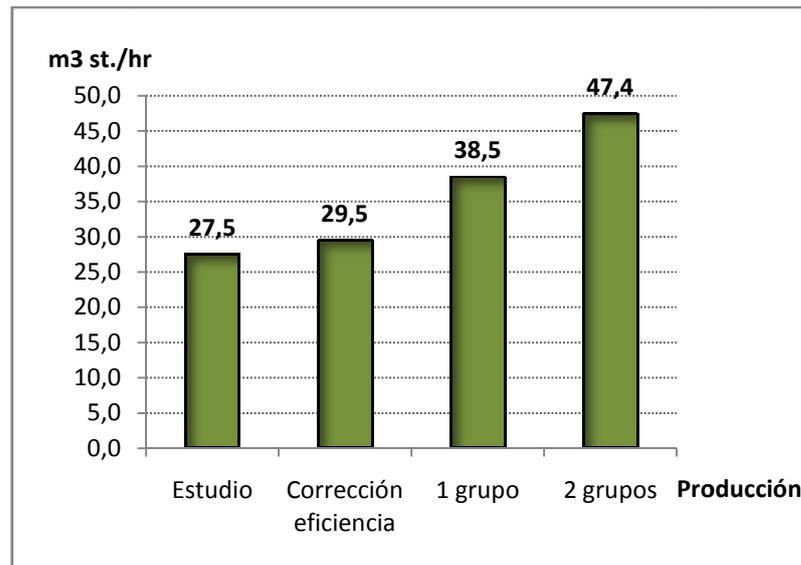


Gráfico 7. Aumento del rendimiento en el procesamiento

En el rendimiento inicial alcanzamos $27.5 \text{ m}^3\text{st./hr. pl.}$, con la corrección en la eficiencia, el rendimiento se incrementa $1.99 \text{ m}^3\text{st.}$ y si se considera que un grupo de procesamiento llega en promedio a $15.80 \text{ m}^3\text{st./hr. pl.}$ (valor tomado del estudio de tiempos y rendimientos del sistema semi-mecanizado), agregando uno o dos grupos de procesamiento manual, el rendimiento ascendería a $38.48 \text{ m}^3\text{st./hr. pl.}$ y $47.42 \text{ m}^3\text{st./hr. pl.}$ respectivamente, esto significa un incremento del 30.37% y 60.76% para cada opción de grupos de trabajo.

Con esto el subsistema de procesamiento dejaría de ser limitante. Este resultado puede ser importante al momento de la planificación de la cosecha, ya que podemos obtener mayores rendimientos apoyándonos en faenas tradicionales como el desrame con machete y el trozado con motosierras. (Cuadro 10, gráfico 7).

b. Aumento del rendimiento del skidder

Los pasos que se pretende seguir en esta etapa son: 1) reducir las demoras imprescindibles para llegar a la eficiencia deseada; 2) determinar el número de árboles por buncher con el cual se obtenga el mayor rendimiento para la máquina de madereo; 3) excluir ciertas actividades de las que realiza.

Cuadro 11. Aumento del rendimiento en el Skidder Grapple 620D

Rendimiento	m³st./hr
Estudio	23.08
Corrección en eficiencia x 10 árboles por buncher	8.77 6.50
Disminuyendo las actividades PG-AT-R	9.79
Total rendimiento	48.14

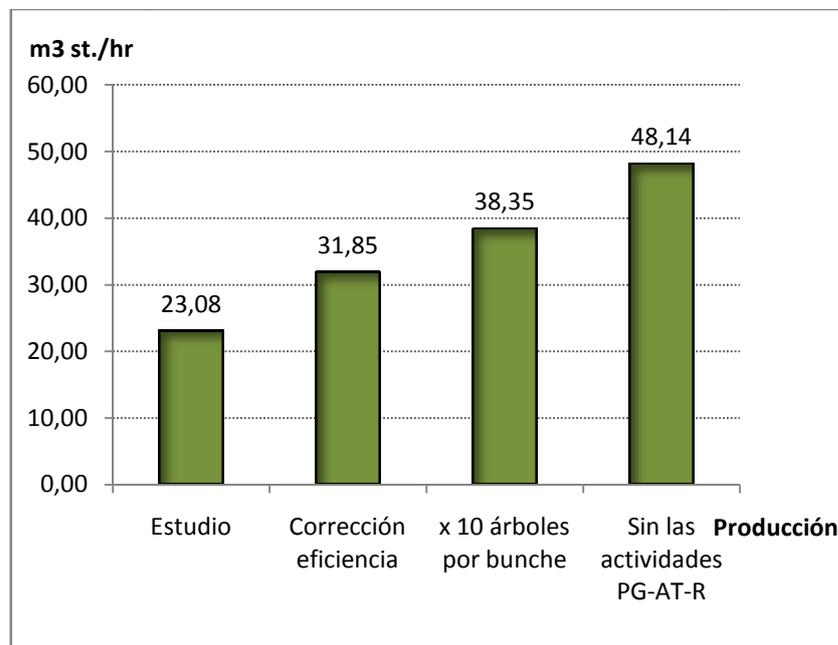


Gráfico 8. Aumento del rendimiento SkidderGrapple 620D

Como se observa en el rendimiento del estudio conseguimos 23.08m³st/hr. pl., realizando las correcciones en disminución de demoras incrementaríamos 8.77m³st/hr. pl., de acuerdo con los datos tomados el skidder transporta 8.45 árboles por viaje, si establecemos que el feller forme buncher de 10 árboles en promedio, el rendimiento lo ampliaríamos en 6.50m³st/hr. pl., Por otro lado, tenemos actividades dentro de esta operación que podemos eliminarlas, estas son PG (pasar los buncher desde al patio hacia la procesadora), AT (trasladar los árboles trozados por la grúa a el equipo de reproceso) y R (detectar madera dejada en el área de cosecha y llevarla a la cancha), con esto elevamos el rendimiento en 9.79m³st/hr. pl.

Al realizar las modificaciones en esta labor pasaríamos de rendir $23.08\text{m}^3\text{st./hr. pl.}$ a $48.14\text{m}^3\text{st./hr.pl.}$ (Incremento del 108.62%), lo cual nos ayudaría a abastecer sin problemas el procesamiento con los cambios propuestos. (Cuadro 11, gráfico 8).

c. Posible balance del sistema

Cuadro 12.Balanceo del sistema mecanizado

Equipo	Rend. Estudio(m3 st./hr.)	Balance sistema (m3 st./hr.)
FellerBuncher L870C	47.4	47.4
Skiddergrapple620 D	23.1	48.1
Procesador	27.5	47.4

En el fellerbuncher no hay cambios ya que su rendimiento es de $47.4\text{m}^3\text{st./hr. pl.}$, que es lo necesario, las dos operaciones restantes del sistema se ampliaría de manera importante, así se lograría pasar de $23.1\text{m}^3\text{st./hr. pl.}$ a $48.1\text{m}^3\text{st./hr. pl.}$ en el skidder y de $27.5\text{m}^3\text{st./hr. pl.}$ a $47.4\text{m}^3\text{st./hr. pl.}$ en el procesamiento.

Cabe destacar que la distancia promedio de madereo de la magnitud presentada en este estudio puede ser considerada media, comparadas con otras operaciones de sistemas de alta producción lo cual no influirá en la producción del nuestro.

Estos resultados pueden ser de importancia al momento de la planificación, al realizar estas modificaciones de fácil aplicación operacional, se podría lograr un aumento significativo en el rendimiento del sistema. (Cuadro 12).

B. RENDIMIENTO SISTEMA DE COSECHA SEMI-MECANIZADO

1. Volteo

Cuadro13. Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo del volteo.

Estadístico	Árboles/hr.		Árboles desr./hr.		m ³ st./hr.	
	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.
Media	14	28	3	6	13.02	26.17
S	2.11	2.84	1.32	1.81	2.04	2.10
CV %	15.03	10.06	45.53	32.59	15.64	8.02
Error típico Sx	1.22	1.64	0.76	1.04	1.18	1.21

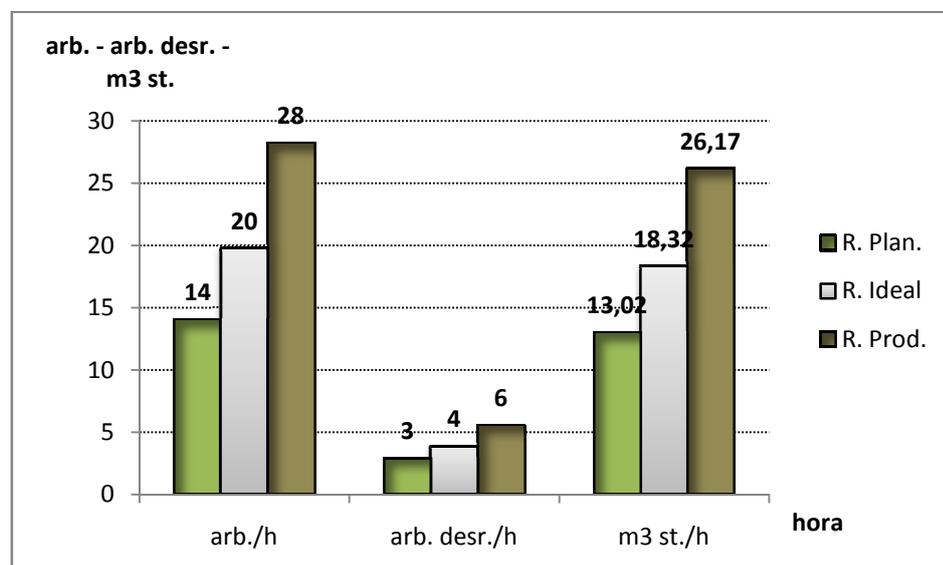


Gráfico 9. Comparación del rendimiento en tiempos planificados, productivos e ideales (eficiencia al 70%) volteo con motosierra.

Con respecto al rendimiento planificado tenemos 14 árboles/hr (CV 15.03%), 3 árboles desramados/hr. (CV 45.53%) y 13.02 m³st/hr. (CV 15.64%). El rendimiento productivo corresponde a 28 árboles/hr (CV 10.06%), 6 árboles desramados/hr. (CV 32.59%) y 26.17 m³st/hr. (CV 8.02%).

Los resultados nos muestran que el rendimiento alcanza únicamente el 50%, debiendo llegar al 70%, esto puede atribuirse a las constantes demoras que se presentan durante esta operación tanto por la acumulación de árboles volteados como por las actividades de mantenimiento. (Cuadro 13, gráfico 9).

Cuadro 14. Detalle de las actividades de volteo con motosierra en un turno de trabajo

Actividad	Tiempo	%	Arboles desramados	Árboles	m3. St
Volteo	2:20:23	29,25	23	112	104,18
Desrame	1:41:26	21,13			
Demora operativa	2:50:38	35,55			
Demora mecánica	0:27:14	5,67			
Demora personal	0:40:19	8,40			

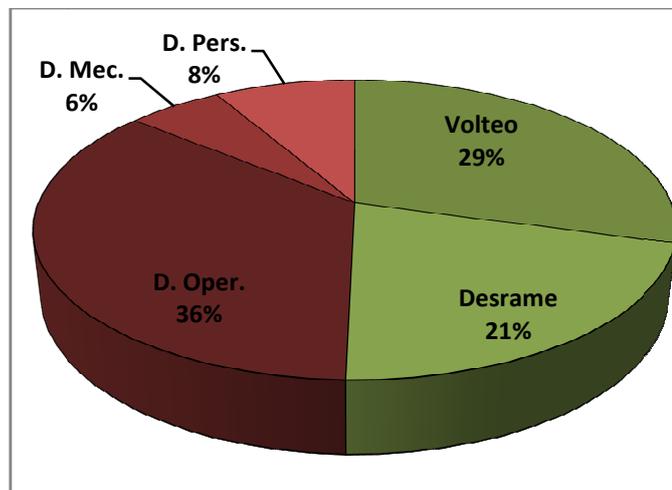


Gráfico 10. Detalle de actividades de volteo con motosierra en un turno de trabajo

Dentro de las actividades desarrolladas en la producción tenemos 2:20:23 horas (29.25%) para el volteo y 1:41:26 horas (21.13%) en el desrame parcial. En cuando a las demoras se registra 2:50:38 horas (35.55%) en demoras operativas, 0:40:19 horas (8.40%) en demoras personales y 0:27:14 horas (5.67%) para demoras mecánicas. Toda esto arroja una producción de 112 árboles volteados, 23 árboles parcialmente desramados y 104.18m³st. en una jornada de trabajo.

La demora de mayor impacto en el tiempo es la operativa, de la cual podemos desglosar las siguientes actividades en orden de importancia; mantenimiento, esperar que los desramadores despejen el área, descanso, organización, traslado, combustible y refrigerio. Probablemente incrementaríamos el rendimiento si capacitamos al ayudante de motosierrista en el manejo de la motosierra, de esta manera ayudará a desramar los árboles, así se disminuirá el tiempo que se debe esperar hasta que realicen el desrame con machete.

Además se debería tener cierta existencia de materiales en el campo para los daños más comunes que se presentan en las motosierras, con el fin de no perder tiempo en los daños mecánicos. (Cuadro 14, gráfico 10).

2. Desrame

Cuadro 15. Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo del desrame con machete.

Estadístico	Árboles/hr.		m3st./hr.	
	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.
Media	11	20	9.86	17.96
S	0.52	2.21	0.72	2.45
CV %	4.77	11.18	7.34	13.63
Error típico Sx	0.30	1.28	0.42	1.41

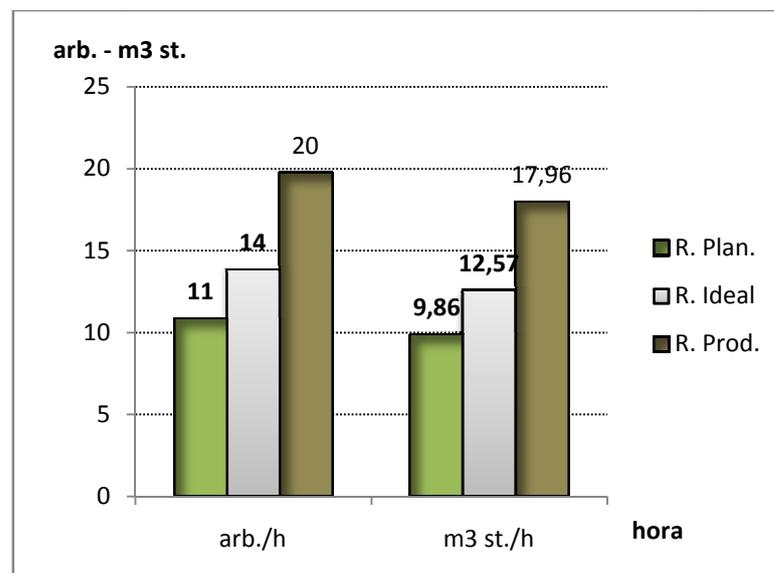


Gráfico 11. Comparación del rendimiento en tiempos planificados, productivos e ideales (eficiencia al 70%) del desrame con machete.

Como se aprecia en el cuadro 15, gráfico 11, la media fue de 11 árboles/hr. para el rendimiento planificado y 20 árboles/hr. en el rendimiento productivo, lo que constituyó el 4.77% y 11.18% de coeficiente de variación respectivamente, además se obtuvo la media

en $m^3st./hr$ para el rendimiento planificado y productivo dándonos un total de 9.86 y $17.96m^3st./hr.$ correspondientemente y un coeficiente de variación de 7.34% y 13.63%.

Para alcanzar el rendimiento ideal en esta actividad se debería incrementar un 15% al rendimiento actual, lo cual al parecer no es difícil de alcanzar. Esto puede atribuirse a la ayuda que recibieron por parte del motosierrista, al desramar árboles de ramas gruesas que se dificultaron para el desrame con machete, además que la mayoría de ramas presentes en la plantación fueron delgadas.

Cuadro 16. Detalle de las actividades en el desrame con machete en un turno de trabajo.

Actividad	Tiempo	%	Arboles
Desrame	4:23:59	55	86
Demora operativa	3:12:37	40	
Demora personal	0:23:24	5	

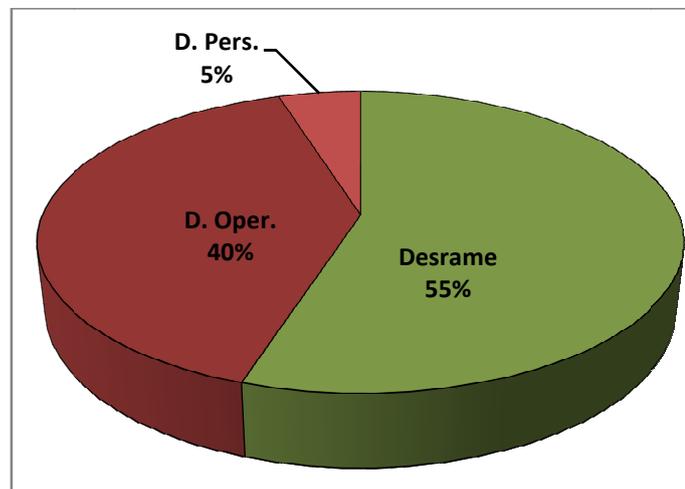


Gráfico 12. Detalle de actividades del desrame con machete en un turno de trabajo.

Del cuadro 16, gráfico 12, se desprende que el desrame toma un tiempo de 4:23:59 horas que equivale al 55% del total de la jornada. La demora operativa se da en 3:12:37 horas y la demora personal en 0:23:24, siendo el 40% y 5% respectivamente. Dando un rendimiento de 86 árboles. Ya que es la segunda etapa del sistema, las demoras del volteo influyen directamente sobre ésta, por cuanto si existe demoras mecánicasó de espera de

despeje del área en el volteo, obligadamente existe paros en el desrame, así que si resolvemos las demoras en el volteo estaremos mejorando el rendimiento en el desrame.

3. ArrastreSkidder de cable Franklin

Cuadro 17. Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo del tractor de arrastreSkidderde cable

Estadístico	Buncher./hr.		Árboles/hr.		m ³ st./hr.		Distancia
	R.		R.		R.		
	Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	Prod.	
Media	5	7	24	37	22.77	34.89	36
S	1.58	0.28	7.91	1.59	6.91	1.25	11.18
CV %	32.17	3.77	32.42	4.27	30.35	3.58	31.35
Error típico Sx	0.91	0.16	4.57	0.92	3.99	0.72	6.45

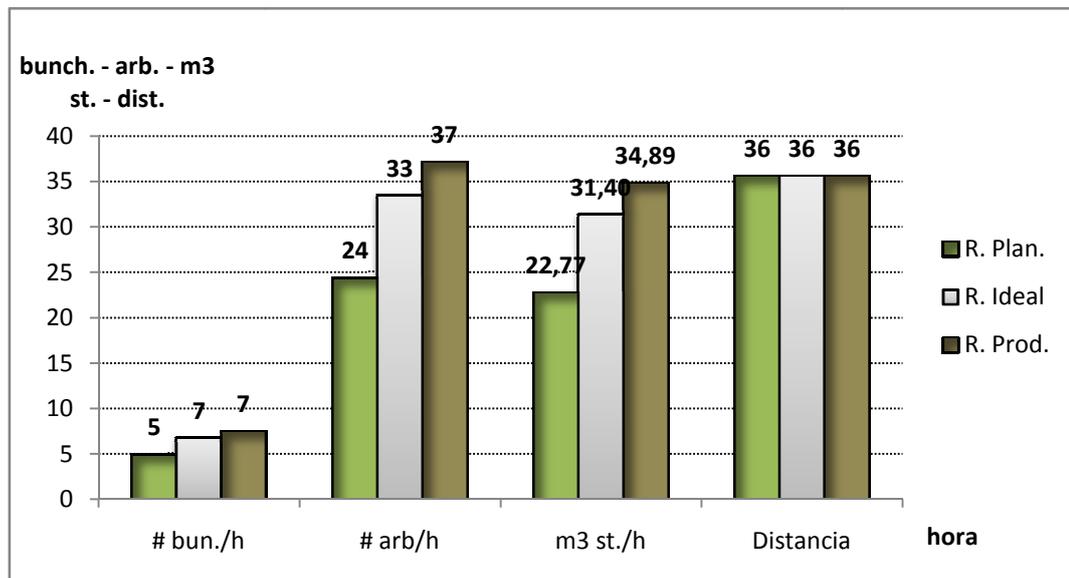


Gráfico 13. Comparación del rendimiento en tiempos planificados, productivos e ideales (eficiencia al 90%) del tractor de arrastreSkidder de cable.

Como se visualiza en cuadro 17, gráfico 13 las medias de rendimiento planificado en buncher/hr. corresponde a 5; en número de árboles/hr. es de 24; en tanto que en m³st./hr. corresponde a 22.77 con una distancia media de 36m.

En cuanto al coeficiente de variación (CV), los porcentajes para buncher es del 32.17%, en árboles se obtuvo un 32.42%, para m³ st.es de 30.35% y en distancia 31.35%.

En el rendimiento productivo se determinó una media de 7 buncher/hr, 37 árboles/hr, 34.89m³st./hr. en una distancia media de 36m. En tanto que para el coeficiente de variación los valores para buncher es del 3.77%, en árboles 4.27% y en m³st 3.58%.

Rendimientos reportados de maderero en condiciones similares tenemos 17.5m³(www.fagro.edu.uy, 2004), en comparación con el nuestro de 16.29m³ (22.77m³st.), observamos que existe una gran aproximación, aunque en relación a la eficiencia deseada al 90% que es 20.98m³ (31.40m³st.), podemos decir que es baja. Esto puede atribuirse a que los trabajadores empleados en el estrobo de los árboles no fueron especializados o experimentados en dicha tarea. Posiblemente se incrementaría en rendimiento si establecemos un grupo específico para esta tarea y añadimos capacitación.

Cuadro 18. Detalle de actividades del tractor de arrastre Skidder de cable en un turno de trabajo.

Actividad	Tiempo	%	Árboles	m ³ st.	Distancia media
Arrastre	5:15:48	66	195	182,20	36
Demora mecánica	1:34:12	20			
Demora operativa	0:49:25	10			
Demora personal	0:20:35	4			

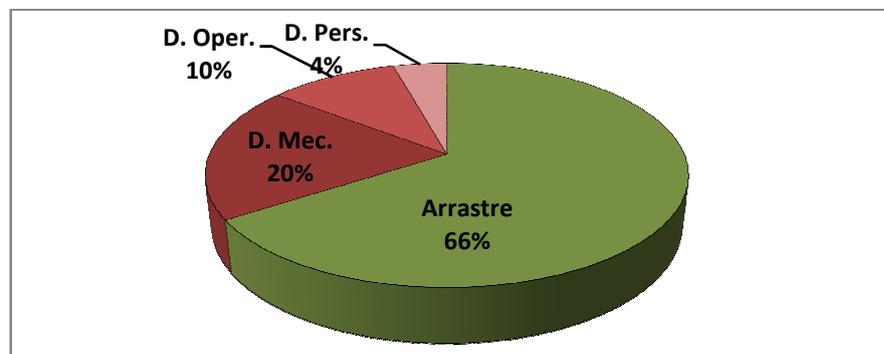


Gráfico 14. Detalle de actividades del tractor de arrastre Skidder de cable en un turno de trabajo

En el cuadro 18, gráfico 14 se detallan las actividades registradas en terreno, se puede observar que 5:15:48 horas (66%) corresponde al arrastre. En los tiempos de demoras abarcamos 1:34:12 horas (20%), 0:49:25 horas (10%) y 0:20:35 horas (4%) para las mecánicas, operativas y personales respectivamente, dándonos un rendimiento de 195 árboles, 182.20m³st. en una DPM de 36m.

Cabe considerar que la demora mecánica se dio por el daño del alternador, caso que no se da con frecuencia pero podría reducirse de forma drástica si cada operador lleva apuntes de los repuestos que están próximos a culminar su vida útil, así el departamento mecánico tendría una provisión de ser necesario, además añadir un bodega móvil a este sistema.

4. Trozado

Cuadro 19. Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo del trozado con motosierra

Estadístico	Árboles/hr.		m3st./hr.	
	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.
Media	17	30	15.71	28.21
S	5.16	2.29	4.62	1.73
CV %	30.74	7.61	29.40	6.15
Error típico Sx	2.98	1.32	2.67	1.00

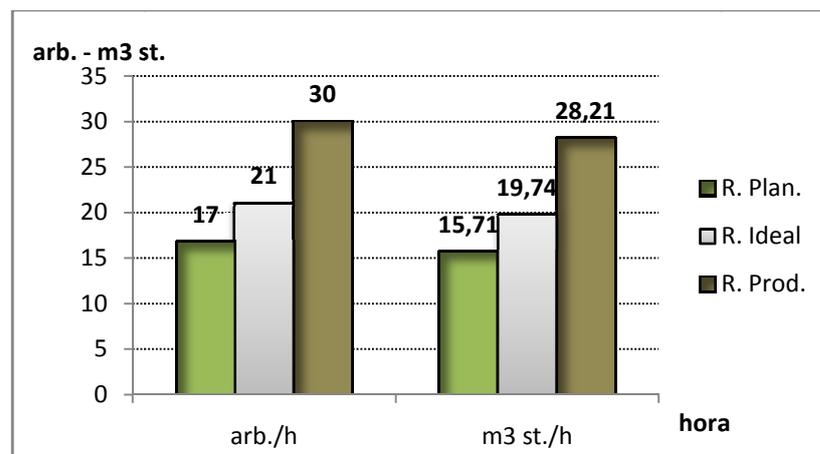


Gráfico 15. Comparación del rendimiento en tiempos planificados, productivos e ideales (eficiencia al 70%) del trozado con motosierra.

En el cuadro 19, gráfico 15 se puede apreciar el rendimiento planificado medio de ésta labor teniendo 17 árboles/hr. (CV 30.74%) y 15.71m³st./hr.(CV 29.40%), en tanto que para el rendimiento productivo se encontró 30 árboles/hr.(CV 7.61%) y 28.21m³st./hr. (CV 6.16%).

Logramos el 56% de eficiencia, al comparando con el ideal que es del 70%, notamos que no hay una diferencia relevante en la producción, pero cabe destacar que al relacionar nuestro valor de 10.66m³/hr.(15.71m³st./hr.) con el rendimiento de estudios similares de 17.10m³/hr (Manual de ergonomía forestal, 1999) es muy bajo, posiblemente porque la técnica de trozado no es la adecuada ya que frecuentemente se atascaba la espada de la motosierra al momento de trozar, por lo cual se debería realizar capacitaciones a las cuadrillas de trozado con lo cual probablemente incrementemos el rendimiento.

Cuadro 20. Detalle de las actividades del trozado con motosierra en un turno de trabajo

Actividad	Tiempo	%	Arboles	m3 st.
Trozado	4:30:58	56	134	125,64
Demoraoperativa	2:50:00	35		
Demorapersonal	0:33:46	7		
Demora mecánica	0:05:16	1		

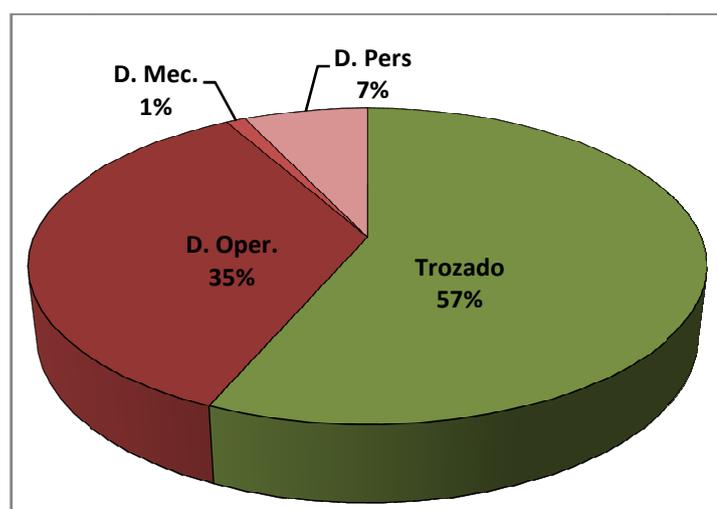


Gráfico 16. Detalle de actividades del trozado con motosierra en un turno de trabajo.

En el cuadro 20, gráfico 16 se presenta un resumen de las actividades que llevan a cabo el grupo de trozado, así tenemos para el trozado 4:30:59 horas (56%), la demora operativa es la principal con 2:50:00 horas (35%), seguida por la demora personal 0:33:46 (7%), y finalmente la demora mecánica 0:05:16 (1%) con un rendimiento de 134 árboles y 125,64m³st. por turno.

La demora con más influencia es la operativa, este resultado puede deberse a las continuas paradas por la falta de abastecimiento por parte del skidder, posiblemente se amplíe el rendimiento si cambiamos la planificación de los subsistemas como adelantar el trabajo del maderero con un día, así tendremos el stock suficiente y terminar con estas demoras.

5. Cargadora Bell

Cuadro 21. Análisis estadístico del rendimiento en tiempo planificado y productivo de la cargadora Bell 220

Estadístico	% carga lista/hr.		m3st./hr.	
	R. Plan.	R. Prod.	R. Plan.	R. Prod.
Media	24	39	24.70	42.02
S	0.13	0.21	2.81	1.82
CV %	52.71	53.84	11.36	4.32
Error típico Sx	0.07	0.12	1.62	1.05

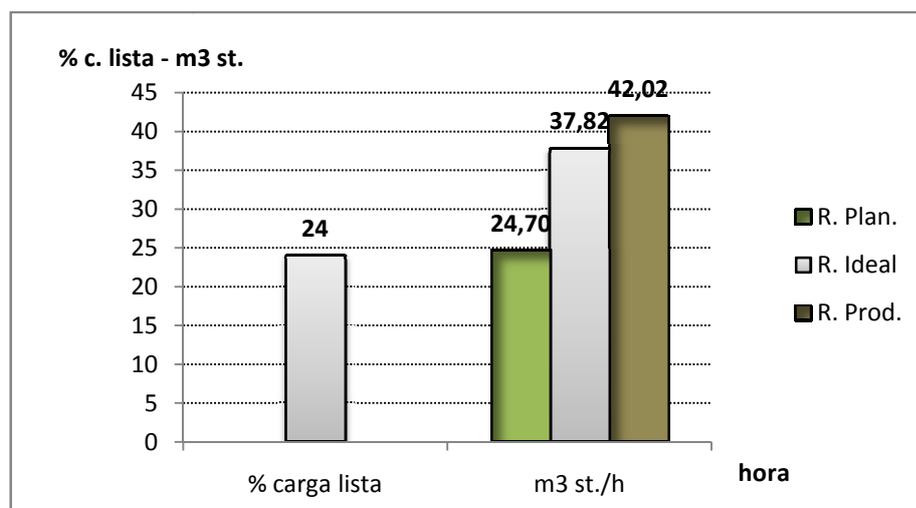


Gráfico 17. Comparación del rendimiento en tiempos planificados, productivos e ideales (eficiencia al 90%) de la cargadora Bell 220.

La información obtenida en el cuadro 21, gráfico 17 muestra las medias de rendimiento, de este modo tenemos en rendimiento planificado el 24% de carga lista/hr y $24.70\text{m}^3\text{st./hr.}$, con un coeficiente de variación de 52.71% y 11.36% respectivamente. Para el rendimiento productivo alcanzamos un 39% de carga lista/hr. con el 53.84% de coeficiente de variación y el $42.02\text{ m}^3\text{st./hr.}$, con un 4.32% de coeficiente de variación.

En un análisis entre los rendimientos obtenidos y esperados tenemos que el planificado llega al 59% de eficiencia que al parecer es bajo para la capacidad de producción de la máquina, si realizamos las modificaciones y suprimimos ciertas responsabilidades que el operador tiene y le resta tiempo que podría ser aprovechado, posiblemente llegaríamos al rendimiento ideal.

Por otra parte el rendimiento reporta por (http://maderas.ut.edu.co/aprovechamiento/pagina_ap_actividades.php) 2011 es de $11.25\text{m}^3\text{/hr.}$ y el nuestro es de $16.70\text{m}^3\text{/hr.}$ ($24.70\text{m}^3\text{st./hr.}$), lo que significa un rendimiento superior aun cuando no llegamos a la eficiencia del 90%.

Cuadro 22. Detalle de actividades de la cargadora Bell 220 en un turno de trabajo.

Actividad	Tiempo	%	% carga lista	m ³ st.
Carga	4:42:24	59	24	197,56
Demora operativa	2:31:00	31		
Demora mecánica	0:28:39	6		
Demora personal	0:17:57	4		

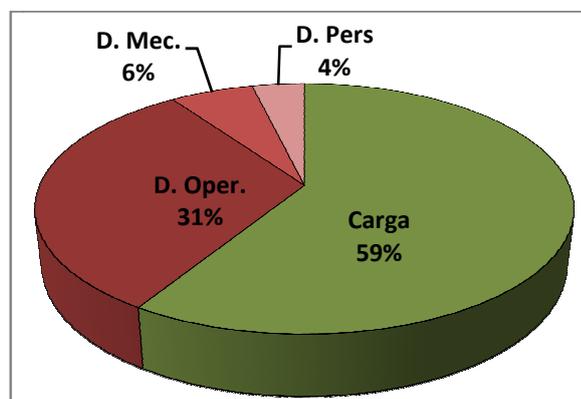


Gráfico 18. Detalle de actividades de la cargadora Bell 220 en un turno de trabajo.

En el cuadro 22, gráfico 18 se muestra la distribución de las actividades realizadas por la cargadora, teniendo para esta actividad 4:42:24 horas (59%), en tanto que en las demoras operativas se presentan con 2:31:00 (31%), demoras mecánicas 0:28:39 horas (6%) y demoras personales 0:17:57 horas (4%) con un rendimiento de 197, 56m³st. en un turno de operación.

Las principales razones del alto porcentaje en las demoras operativas fueron la espera tanto de camiones para la carga como de material trozado, indicaciones y coordinación que el operador realiza por medio de la radio, lo cual constituye demoras de gran importancia. Si regulamos el abastecimiento de madera trozada, de camiones y excluimos ciertas responsabilidades del operador como la radio y coordinación posiblemente se eleve el rendimiento.

6. Experimentación de balanceo del sistema

En el sistema de cosecha semi-mecanizada se presentan datos con los rendimientos por grupo de trabajo dados por el estudio, corrección de eficiencia e incorporación de más grupos de trabajo. Además de realizar la corrección en la eficiencia de las actividades, se evaluarán las limitantes del sistema que en este caso serían de los equipos de desrame, volteo y trozado, así podremos equilibrar los rendimientos y llevarlos al nivel de eficiencia de la grúa que es la más alta del sistema.

Cuadro 23. Aumento del rendimiento en el sistema de cosecha semi-mecanizado

Actividad	Rendimiento (m³ st./hr.)			
	Estudio	Corrección eficiencia	2 grupos	Total rendimiento
Volteo	13.02	5.30	18.32	36.64
Desrame motosierra	2.80	5.12	7.91	15.83
Desrame machete	9.86	2.71	12.57	25.14
Arrastre Skidder	22.77	8.63		31.40
Trozado	15.71	4.04	19.74	39.49
Carga Bell	24.70	13.12		37.82

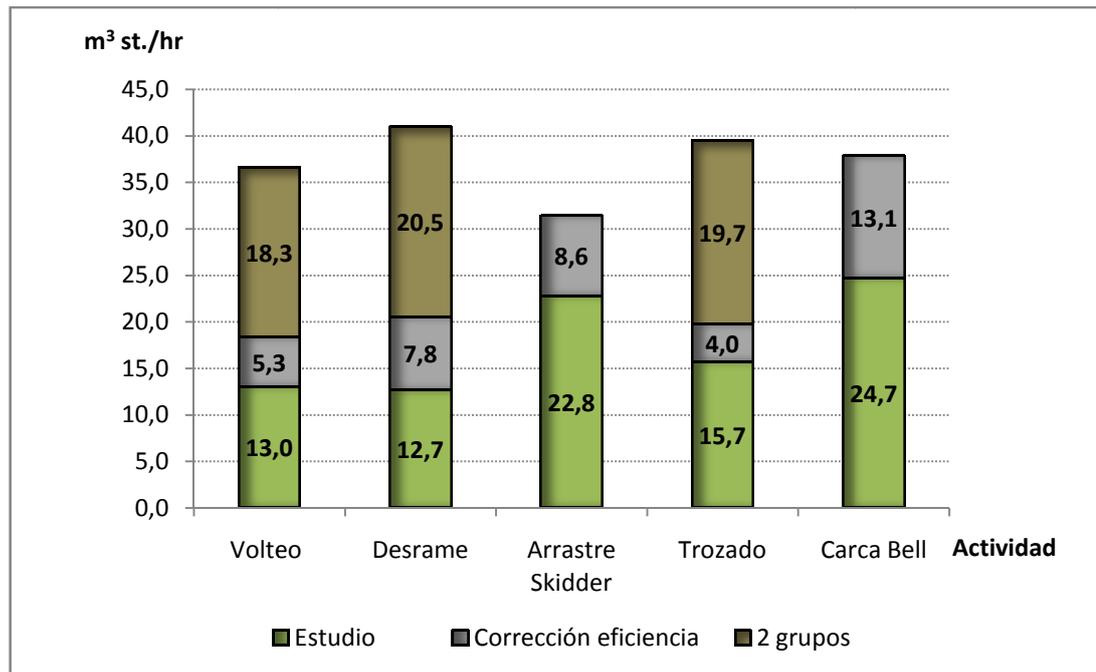


Gráfico 19. Aumento del rendimiento en el sistema de cosecha semi-mecanizado

La información obtenida en el cuadro 23, gráfico 19 representa el balance del sistema que en el volteo se registra $13.02\text{m}^3\text{st./hr.}$ para el estudio, $18.32\text{m}^3\text{st./hr.}$ al realizar la corrección en la eficiencia y $36.6\text{m}^3\text{st./hr.}$ al trabajar con dos grupos en esta actividad, obteniendo un incremento adicional del 181% de rendimiento al final de la labor.

Los rendimientos para el desrame se dividen en dos, ya que una parte se la procesa con la motosierra y la otra con machete, en resumen del desrame tenemos para el estudio $12.66\text{m}^3\text{st./hr.}$, al efectuar la corrección en eficiencia $20.48\text{m}^3\text{st./hr.}$ y al agregar un grupo $40.97\text{m}^3\text{st./hr.}$, de esta manera el rendimiento se extendería 224% del original.

En el arrastre por medio del skidder de cable se puede ver rendimientos para el estudio de $22.77\text{m}^3\text{st./hr.}$ y ejecutando las recomendaciones para corregir la eficiencia $31.40\text{m}^3\text{st./hr.}$ dando un adición del 38%, para obtener equilibrio con la siguiente línea de producción y no ocasionar demoras se debería adelantar esta actividad y las anteriores por lo menos con un día, así se tendría stock suficiente para abastecer al trozado.

Para el arrastre se señala rendimientos de $15.71\text{m}^3\text{st./hr.}$ en el estudio, $19.74\text{m}^3\text{st./hr.}$ al ejecutar la corrección de eficiencia y $39.94\text{m}^3\text{st./hr.}$, al realizar el proceso con dos

grupos de trozado en la cancha, esto significa el aumento del 151% en el rendimiento total de esta actividad.

El análisis de los rendimientos en la carga nos da como resultado 2.4.70m³st./hr. para el estudio y 37.82m³st./hr. al desarrollar la corrección de eficiencia, que corresponde al 53 % de mejora en su rendimiento.

En general podemos decir que en este sistema lo fundamental es realizar la planificación y organización tanto de los trabajadores como de las actividades al ingresar a los diferentes frentes de cosecha.

C. EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS EN EL SISTEMA DE COSECHA MECANIZADO Y SEMI-MECANIZADO

1. Rendimientos de los sistemas

Cuadro 24. Comparación de rendimientos entre los sistemas de cosecha por hora y por mes.

	Rendimiento por hora		Rendimiento por mes	
	m ³ st./hr.pl.	m ³ st./hr.pr.	m ³ st./mes pl.	m ³ st./mes pr.
Mecanizado	27.50	32.78	9240.89	11012.44
Semi-mecanizado	24.70	42.02	4148.76	7059.19
"t" student	1.34	5.07	10.13	5.03
Probabilidad	0.31	0.04	0.01	0.04
Significancia	ns	*	*	*

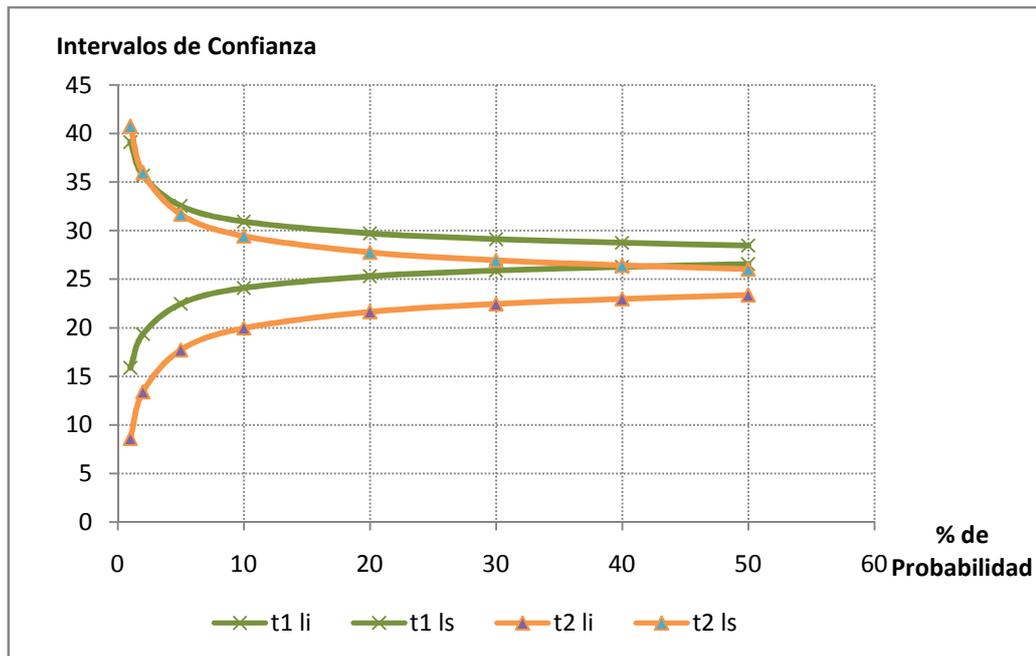


Gráfico 20. Intervalos de confianza para la variable rendimiento m^3 st.por hora planificada de los métodos de cosecha.

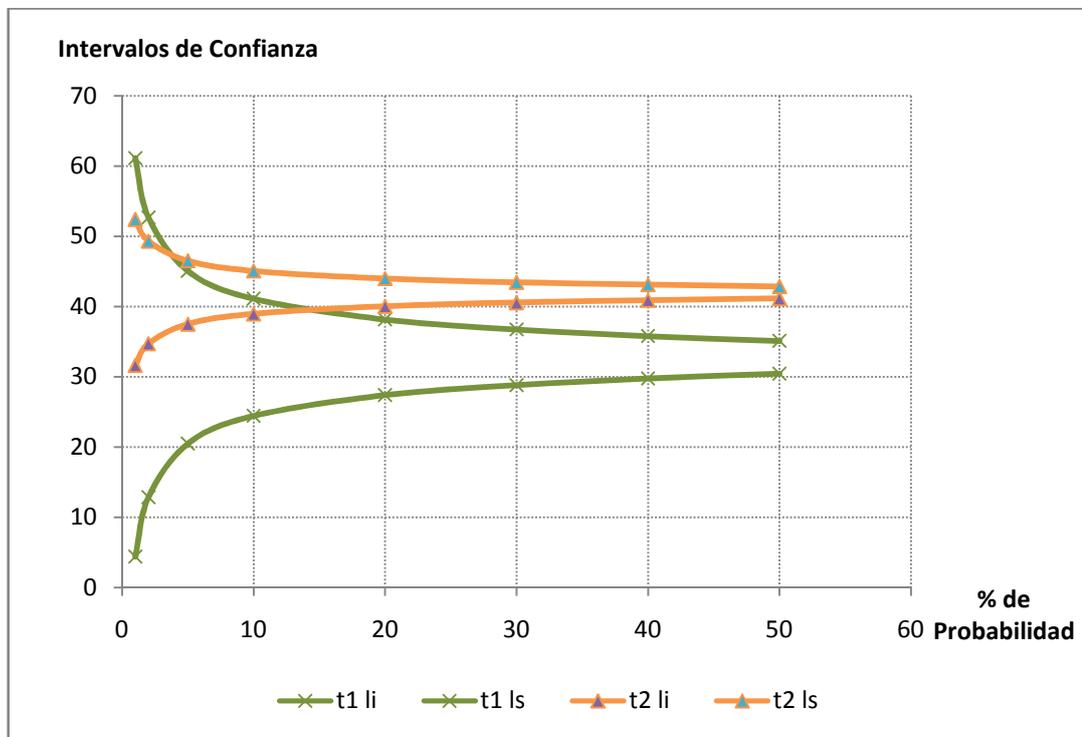


Gráfico 21. Intervalos de confianza para la variable rendimiento m^3 st.por hora productiva de los métodos de cosecha.

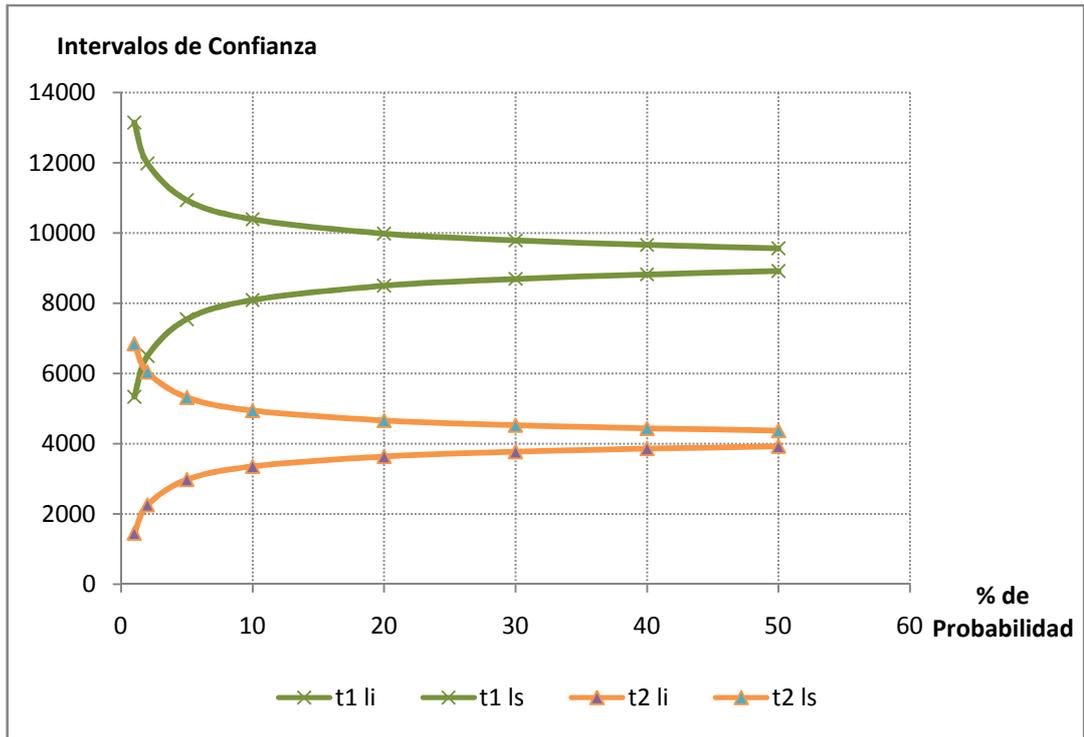


Gráfico 22. Intervalos de confianza para la variable rendimiento $m^3st.$ por mes planificado de los métodos de cosecha.

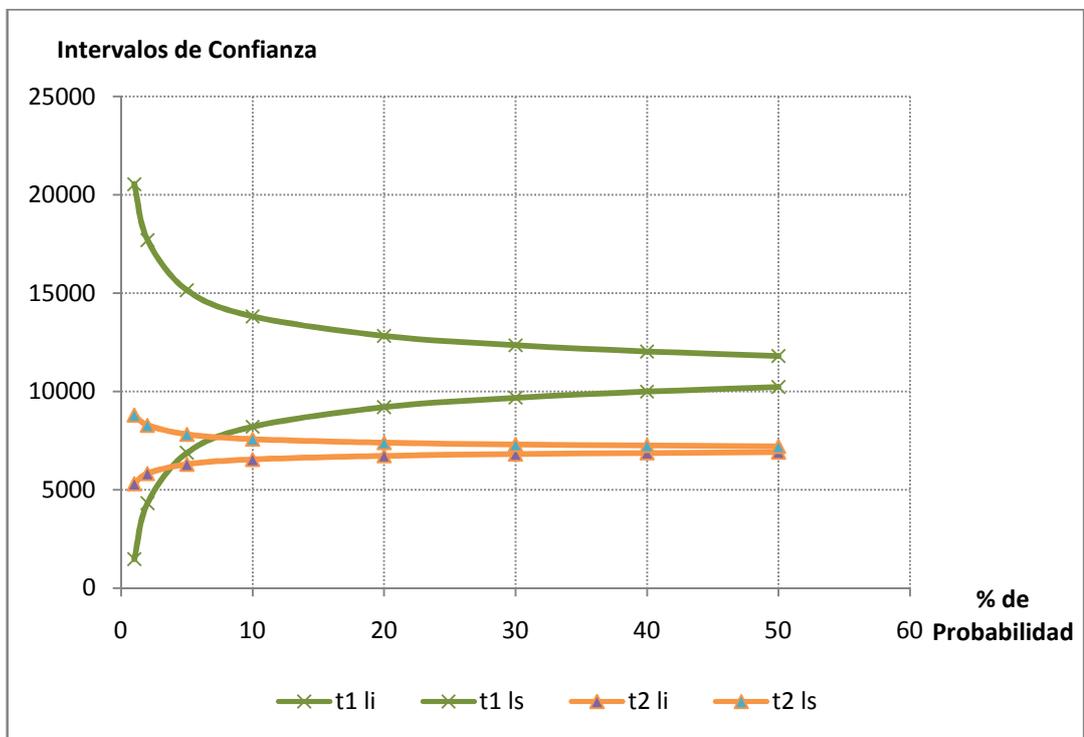


Gráfico 23. Intervalos de confianza para la variable rendimiento $m^3st.$ por mes productivo de los métodos de cosecha.

Los rendimientos por hora planificada presentan promedios que van de $27.50\text{m}^3\text{st.}$ para el sistema mecanizado y $32.78\text{m}^3\text{st.}$ para el sistema semi-mecanizado (Cuadro 24), promedios que al ser comparados mediante la prueba “t” Student, no fueron significativos. En el gráfico 20, se observa que el rendimiento en $\text{m}^3\text{st./hr.}$ planificada comparten la misma área hasta el 40% de probabilidades aproximadamente, a partir de la cual empiezan a diferenciarse. Estos resultados pueden atribuirse a que en el sistema mecanizado el equipo que define el rendimiento final es la grúa, la cual está encargada de varias actividades (desrame, trozado y carga), por lo que mientras más actividades menos rendimiento.

En el rendimiento por hora productiva se determinó valores de $32.78\text{m}^3\text{st.}$ en el sistema mecanizado y $42.02\text{m}^3\text{st.}$ en el sistema semi-mecanizado (Cuadro 24), los cuales al ser comparados con la prueba “t” student fueron significativos, a favor del sistema semi-mecanizado. En el gráfico 21, notamos que en sus rendimientos comparten alrededor del 14% de área de probabilidades, a partir de donde comienzan a diferenciarse. Estos datos pueden deberse a que en el sistema semi-mecanizado el tri-neumático Bell presenta excesivas demoras durante su jornada de trabajo, es por esta razón que si reorganizamos responsabilidades del operador los rendimientos podrían incrementarse de manera importante.

En el rendimiento planificado mensual se registraron $9240.89\text{m}^3\text{st.}$ en el sistema mecanizado y $4148.76\text{m}^3\text{st.}$ para el sistema semi-mecanizado (Cuadro 24), que al ser evaluados por medio de la prueba “t” student nos dio diferencias significativas en beneficio del sistema mecanizado. La figura 22, demuestra que estos rendimientos comparten el 2% de probabilidades aproximadamente, después del cual comienzan a diferenciarse.

Las medias del rendimiento productivo mensual presentan datos de $11012.33\text{m}^3\text{st.}$ para el sistema mecanizado y $7059.19\text{m}^3\text{st.}$ en el sistema semi-mecanizado (Cuadro 24), que siendo valorados a partir de la prueba “t” student, fueron significativos. En la figura 23, se observa que los rendimientos productivos mensuales comparten cerca del 7% de su área de probabilidades, a continuación de lo cual se diferencian.

Las altas diferencias en la producción mensual se deben a los turnos trabajados, ya que en el sistema mecanizado se labora dos turnos de ocho horas cada uno y en el semi-mecanizado únicamente un turno.

D. COSTOS DE PRODUCCION

1. Costos del sistema de cosecha mecanizado y semi-mecanizado

Cuadro 25. Costo horario planificado de los sistemas de cosecha en \$/hr y \$/mes.

Costos	Mecanizado		Semi-mecanizado	
	\$/hr.	%	\$/hr.	%
De propiedad	74,29	56%	7,17	7%
De operación	30,42	23%	36,57	37%
De labor	28,47	21%	54,28	55%
Total \$/hr.	133,18	100%	98,02	100%
Por mes	\$/mes	%	\$/mes	%
	De propiedad	24962,88	56%	1204,31
De operación	10220,02	23%	6143,97	37%
De labor	9565,46	21%	9118,78	55%
Total \$/mes	44748,36	100%	16467,06	100%

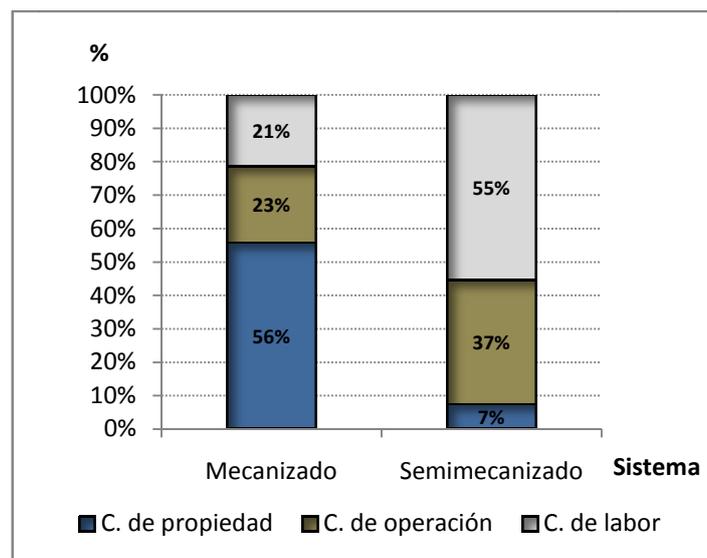


Gráfico 24. Porcentaje del costo horario del sistema mecanizado y semi-mecanizado

Dentro de los costos de los sistemas se puede observar que el sistema mecanizado alcanzo un total de 133.18 \$/hr.pl.; 44748.16 \$/mes, el costo de propiedad es el mayor con el 56% de participación dentro del costo total, esto se debe a los grandes costos de adquisición de la maquinaria, además el valor residual es muy bajo, por lo tanto el valor de depreciación es elevado con 55.28 \$/hr.pl.; 18574.73 \$/mes. En el costo de operación tenemos 30.42 \$/hr.pl.; 10220.02 \$/mes que equivale al 23 %, observamos que el consumo de combustibles y los accesorios en mantenimiento (dientes fellerbuncher, espada y dientes de la sierra slasher, llantas skidder, entre otros), son los más significativos. En tanto que el costo de labor ascienden a 28.47 \$/hr.pl.; 9565.46 \$/mes que corresponde al 21%, los mismos que se asemejan a los operativos, esto por cuanto contamos con cinco operadores especializados y un Ing. Mecánico exclusivo para el mantenimiento de las maquinas Tigercat.

El costo total planificado en el sistema de cosecha semi-mecanizado es de 98.02 \$/hr.pl.; 16467.06 \$/mes, al contrario del mecanizado el costo de propiedad en este sistema es muybajo con 7.17 \$/hr.pl.; 1204.31\$/mes (7%), esto se debe a que la maquinaria al momento de adquirirla ya fue usada, por tanto su depreciación en reducida. En el costo de operación se obtuvo 36.57\$/hr.pl.; 6143.97 \$/mes (37%), el valor que mayor influencia tiene es el de reparación y mantenimiento (18.11 \$/hr.pl.; 3043.31 \$/mes), lo que es lógico por cuanto al ser máquinas usadas van teniendo problemas en su funcionamiento y hay que utilizar repuestos con más frecuencia. Finalmente tenemos el costo de labor con 54.28 \$/hr.pl.; 9118.78 \$/mes (55%), siendo la mayor parte del costo total por el empleo de trece obreros en promedio y dos operadores de la maquinaria, además este sistema no cuenta con un encargado propio en el área mecánica. (Cuadro 25, gráfico 24).

2. Costos unitarios

Se determinan los costos unitarios de acuerdo con los rendimientos y productividades que fueron obtenidos a partir del estudio de tiempos realizado en terreno, en tiempo planificado para el sistema mecanizado 27.50m³st./hr.; 9240.89m³st./mes y en el sistema semi-mecanizado 24.70m³st./hr.; 4148.76m³st./mes. Considerando el rendimiento ideal tenemos

para el sistema mecanizado $29.50\text{m}^3\text{st./hr.}$; $9911.19\text{m}^3\text{st./mes}$ y para el sistema semi-mecanizado $37.82\text{m}^3\text{st./hr.}$; $6353.27\text{m}^3\text{st./mes}$.

Cuadro 26. Costo unitario de los sistemas de cosecha en $\$/\text{m}^3\text{st.}$

Sistema	Rendimiento	
	Planificado ($\$/\text{m}^3\text{st.}$)	Ideal ($\$/\text{m}^3\text{st.}$)
Mecanizado	4.84	4.51
Semi-mecanizado	3.97	2.59

La información obtenida en el cuadro 26, muestra el costo para los dos rendimientos, en el planificado se obtuvo $4.48\$/\text{m}^3\text{st.}$ y $3.97\$/\text{m}^3\text{st.}$ en el sistema mecanizado y semi-mecanizado respectivamente. El costo unitario del sistema mecanizado presenta mayor valor que el sistema semi-mecanizado en un 18.03% en relación al rendimiento planificado, la moderada diferencia nos indica la influencia del monto invertido en la maquinaria Tigercat.

El costo en rendimiento ideal se da con $4.51\$/\text{m}^3\text{st.}$ para el sistema mecanizado y $2.59\$/\text{m}^3$ en el semi-mecanizado, en este caso el porcentaje de incremento es del 42.59%, con esto confirmamos la baja eficiencia en el sistema semi-mecanizado especialmente en la actividad de carga con el tri-neumático Bell.

E. EVALUACION POSTCOSECHA

1. Compactación

Cuadro 27. Análisis estadístico de compactación del suelo

	Media (MP)	S	CV %	Error típico Sx	"t" student	Prob.	Sign.
Área cosechada							
Mecanizado	1.54	0.32	20.81	0.09	0.78	0.45	ns
Semi-mecanizado	1.35	0.09	6.66	0.06			
Testigo	1.28	0.24	18.46	0.10			
Vías de saca							
Mecanizado	3.03	0.31	10.08	0.08	2.47	0.03	*
Semi-mecanizado	2.48	0.12	4.80	0.08			

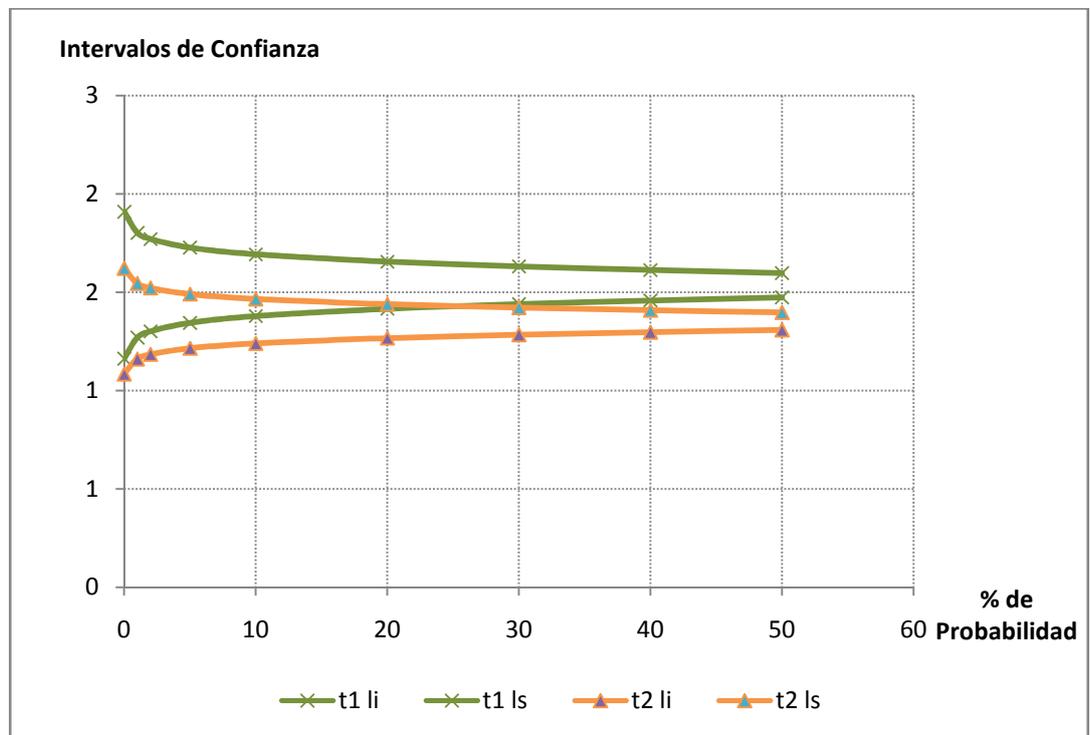


Gráfico 25. Intervalos de confianza para la variable compactación del área cosechada en MP para los dos sistemas.

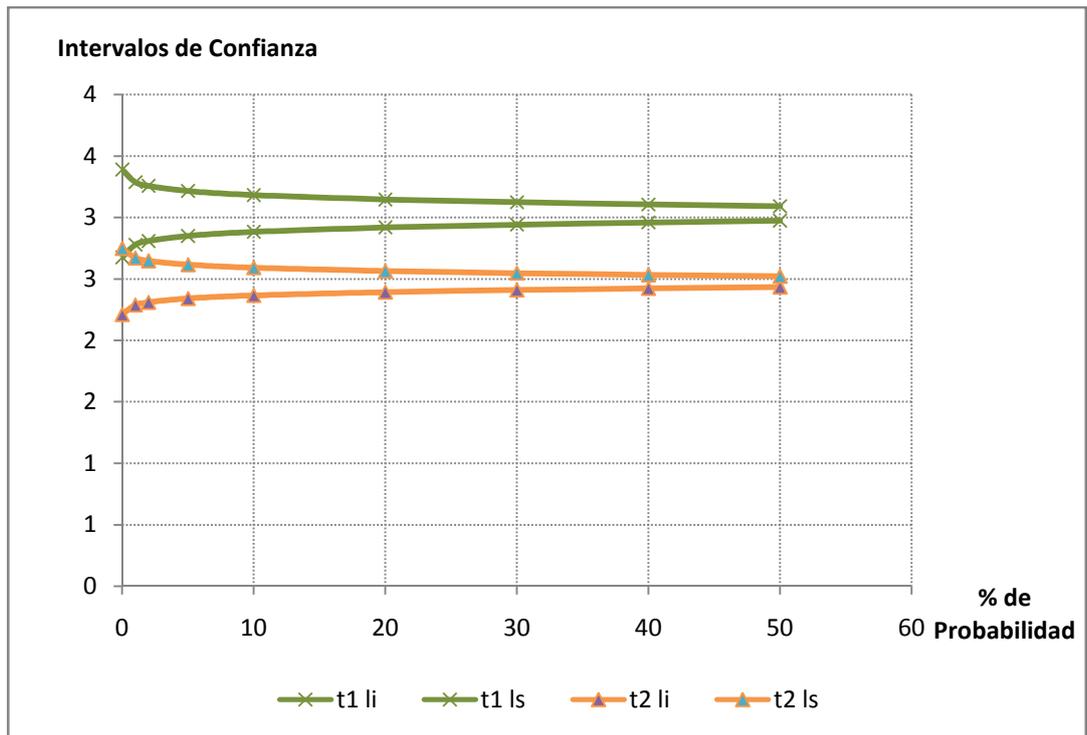


Gráfico 26. Intervalos de confianza para la variable compactación de las vías de saca en MP para los dos sistemas.

Las lecturas de compactación obtenidas en el campo por medio del penetrómetro Lang dio como resultado, en el testigo una media de 1.28 MP (CV 18.46%), con respecto al área cosechada tenemos en el sistema mecanizado 1.54 MP (CV 20.81%) y en el sistema semi-mecanizado 1.35 MP (CV 6.66%). En tanto que para las vías de saca se obtuvo 3.03 MP (CV 10.08%) en el sistema mecanizado y 2.48 MP (CV 4.80%) para el sistema semi-mecanizado.

Los valores encontrados para el área cosechada de los dos sistemas comparados con la prueba "t" student, fueron no significativos, cabe recalcar que en el mecanizado fue mayor posiblemente porque al momento del volteo el peso aplicado sobre la superficie fue del fellerbuncher, el cual no iguala en el peso de los trabajadores encargados del volteo en el sistema semi-mecanizado.

Los datos del área cosechada se encuentran en un rango que implica reducciones en el crecimiento radicular (1.5 MP), mientras que la compactación en las vías de saca estaría

actuando como limitantes en dicho crecimiento (de 2.1 a 2.5 MP), esto según varios autores.

Según la clasificación dada por Cairo, P. 2005 el área cosechada de los dos sistemas corresponden a suelos medianamente sueltos, La compactación de las vías de saca del sistema mecanizado se halla dentro de suelos densos diferencia del sistema semi-mecanizado que se encuentra en suelos medianamente densos, es probable que la diferencia se deba a que el skidder del primer caso acarrea aproximadamente 8 árboles por viaje, en cambio el otro skidder únicamente llevó cinco árboles. (Cuadro 27).

El gráfico 25 nos muestra que en compactación del área cosechada los sistemas evaluados comparten aproximadamente el 25% del área de probabilidad, después de la cual empiezan a separarse. Mientras que en el gráfico 26 la compactación de las vías de saca únicamente comparten cerca del 1% de su área, a partir de la cual se diferencian.

2. Volumen de desperdicios

Cuadro 28. Análisis estadístico del volumen de desperdicios por hectárea.

	Media (m³st./ha.)	S	CV %	Error típico Sx	"t" student	Prob.	Sign.
Tocón							
Mecanizado	3.90	1.80	46.21	0.50	1.23	0.24	ns
Semi-mecanizado	2.28	0.29	12.65	0.20			
Trozas							
Mecanizado	1.21	1.99	164.59	0.55	0.14	0.89	ns
Semi-mecanizado	1.01	0.13	12.75	0.09			

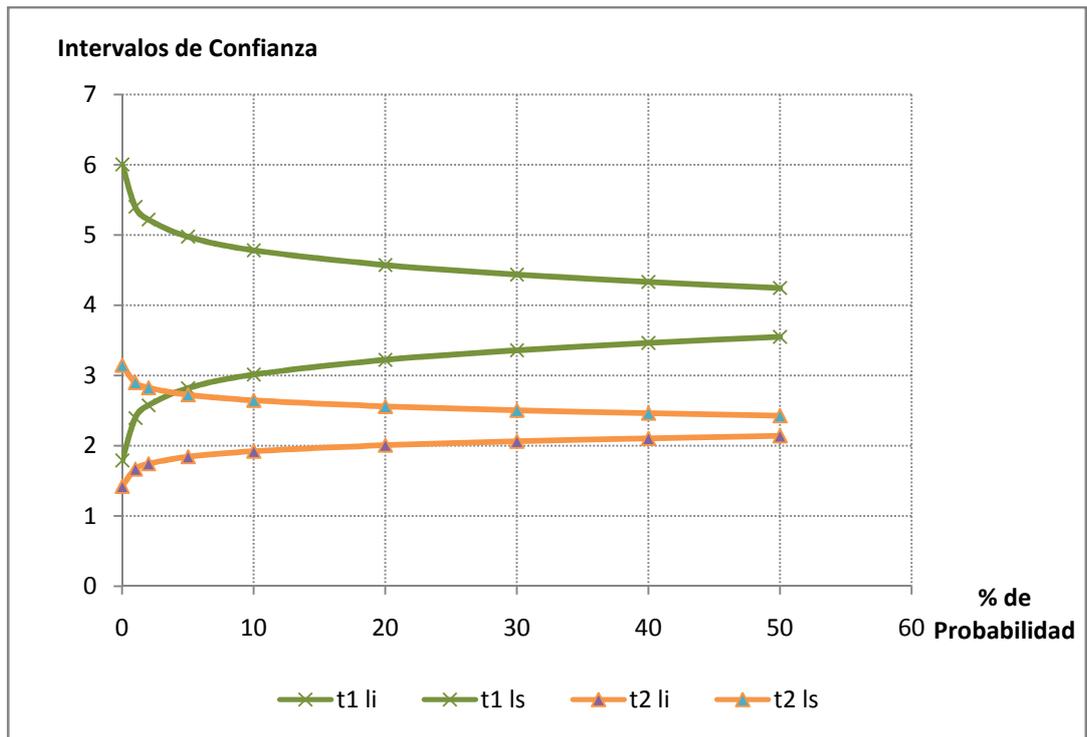


Gráfico 27. Intervalos de confianza para la variable volumen de desperdicios en tocones en m³st./ha. para los dos sistemas.

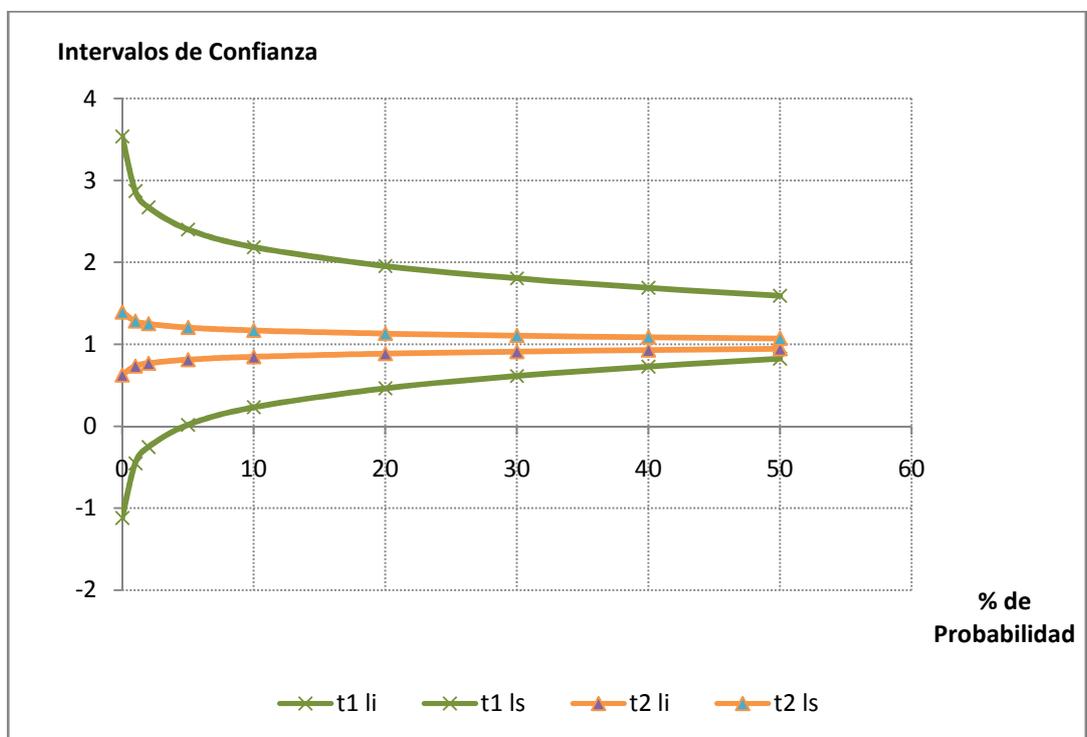


Gráfico 28. Intervalos de confianza para la variable volumen de desperdicios de trozas en m³st./ha. para los dos sistemas.

De acuerdo al cuadro 28, las mediciones realizadas en el volumen de tocones no se encontraron significancia con la prueba “t” student. Se obtuvo $3.90\text{m}^3\text{st./ha}$ (CV 46.21%) en sistema mecanizado y $2.28\text{m}^3\text{st./ha}$ (CV 12.65%) en el semi-mecanizado, esto puede atribuirse a que al momento del volteo en el mecanizado la visión desde la cabina no es exacta, además el cabezal cuenta con una base que protege a la sierra lo cual incrementaría la altura dejada al momento de cortar el árbol, por otro lado en el sistema mecanizado el motosierrista cuenta con un ayudante que limpia el área circundante del árbol por cuanto hay una gruesa capa de hojarasca por las acículas del pino.

Al realizar la prueba “t” student en el volumen de trozas no se halló significancia. El mayor volumen de trozas se determinó en el sistema mecanizado con $1.21\text{m}^3\text{st./ha}$ (CV 164.59%) y para el sistema semi-mecanizado tenemos $1.01\text{m}^3\text{st./ha}$ (CV 12.75%), esto nos indica que no existe mayor diferencia entre los sistemas lo que puede deberse a que al terminar la cosecha en cualquier sistema se realiza la recuperación de material que pudo ser dejado en campo.

El gráfico 27 señala que el volumen de desperdicios por tocones de los sistemas de cosecha comparte la misma área de probabilidades hasta el 5% aproximadamente y posteriormente empiezan a diferenciarse. En tanto que el gráfico 28 de volumen de desperdicios por trozas dejadas en campo los sistemas no comparten el área de probabilidades y las figuras se separan entre sí.

VI. CONCLUSIONES

- A. El rendimiento del sistema de cosecha mecanizado en tiempo planificado fue de $27.50\text{m}^3\text{st./hr.}$ que equivale al 84% de eficiencia, $32.78\text{m}^3\text{st./hr.}$ en tiempo productivo y el rendimiento ideal $29.50\text{m}^3\text{st./hr.}$
- B. El sistema mecanizado quedaría balanceado si: trabajamos en el maderero con un rendimiento medio de $31.85\text{m}^3\text{st./hr.}$, si arrastra buncher de 10 árboles por viaje se incrementaría $6.50\text{m}^3\text{st./hr.}$ y al eliminar labores innecesarias elevaríamos $9.79\text{m}^3\text{st./hr.}$, logrando un rendimiento total en madero de $48.14\text{m}^3\text{st./hr.}$ Si el procesamiento tiene un rendimiento medio de $29.50\text{m}^3\text{st./hr.}$ y adicionamos dos grupos (desrame y trazado manual) que producirán $15.80\text{m}^3\text{st./hr.}$ en promedio cada uno, de esta manera se conseguirá una producción total de $47.42\text{m}^3\text{st./hr.}$
- C. El volumen obtenido en el sistema de cosecha semi-mecanizado fue de $24.70\text{m}^3\text{st./hr.}$ en tiempo planificado que es el 59% de eficiencia, $42.02\text{m}^3\text{st./hr.}$ en tiempo productivo y de rendimiento ideal obtendríamos $37.8\text{m}^3\text{st./hr.}$
- D. En el balance del sistema semi-mecanizado se determinó: que el volteo, desrame y trozado con dos grupos se obtuvo un rendimiento de $36.64\text{m}^3\text{st./hr.}$, $40.87\text{m}^3\text{st./hr.}$ y $39,49\text{m}^3\text{st./hr.}$ respectivamente, el skidder rendiría $31.40\text{m}^3\text{st./hr.}$ y el tri-neumático definiría la producción total con $47.42\text{m}^3\text{st./hr.}$
- E. De acuerdo con la producción por hora obtenida en el estudio, el sistema mecanizado es mayor con el 10.21% con respecto al sistema semi-mecanizado y al compararlos en producción mensual el porcentaje del sistema mecanizado es superior en 55.10% en relación al sistema semi-mecanizado.
- F. El estudio determinó un costo horario de $133.18\text{ \$/hr.}$ en el sistema mecanizado y $98.02\text{ \$/hr.}$ para el sistema de cosecha semi-mecanizado.

- G. El sistema mecanizado (27.5 m³ st./hr.) obtuvo un costo horario en \$/hr. del 26.40% más que el sistema semi-mecanizado (24.7 m³ st./hr.) y en el costo mensual la adición del sistema mecanizado (9240.89 m³ st./mes) en relación al sistema semi-mecanizado (4148.76 m³ st./mes) es del 63.20%.
- H. En cuanto a los costos unitarios tenemos el 18.03% de incremento del sistema mecanizado en comparación con el sistema semi-mecanizado.
- I. Con este estudio se determinó que la mayor compactación tanto en el área cosechada como en las vías de saca fue para el sistema mecanizado, sin una diferencia significativa.
- J. En volumen de residuos el mejor resultado para tocones y trozas fue en el sistema semi-mecanizado por obtener valores menores.
- K. La utilización del sistema de cosecha mecanizado es viable, por cuando presenta buenos rendimientos y su costo unitario no difiere significativamente del sistema semi-mecanizado.

VII. RECOMENDACIONES

- A. Incorporar herramientas prácticas en las actividades de mantenimiento, establecer responsabilidades estrictamente necesarias a los trabajadores, realizar capacitaciones y charlas de motivación al personal de cosecha disminuirá las demoras de los sistemas, así se alcanzará la máxima eficiencia que es del 90%.

- B. Realizar ensayos con la propuesta del balance del sistema y confirmar que al utilizar labores tradicionales dentro de un sistema mecanizado tendrá influencia positiva en su rendimiento.

- C. Difundir la investigación ya que al realizar una buena planificación se puede alcanzar excelentes rendimientos en cualquier sistema de cosecha.

VIII. RESUMEN

La presente investigación propone: determinar los rendimientos en Pino (*Pinus patula*) bajo los sistemas de cosecha mecanizado y semi-mecanizado en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. Se tomaron muestras de tres días para cada sistema, el mecanizado labora dos turnos y el semi-mecanizado uno, el estudio se clasificó en tiempos: planificados (pl.), productivos (pr.) y demoras, además obtuvimos costos de producción y una evaluación post-cosecha. Dando como resultado en las actividades del mecanizado: volteo-Fellerbuncher 47.36 m³st./hr.pl., arrastre-skiddergrapple 23.08 m³st./hr.pl. con 209m en DPM, y el procesamiento que consiste en desrame, trozado y carga, con una log loader y dos accesorios (delimber y slasher) 27.50 m³st./hr.pl.; semi-mecanizado: volteo-motosierra 13.02 m³st./hr.pl., desrame-machete 9.86 m³st./hr.pl., arrastre-skidder decable 22.77 m³st./hr.pl. con 36m en DPM, trozado-motosierra 15.71 m³st./hr.pl. y la carga con un tri-neumático Bell 24.70 m³st./hr.pl. En rendimiento mensual tenemos 9240.89 m³st./mes.pl. para el mecanizado y 4148.76 m³st./mes.pl. en el semi-mecanizado. En costos horarios tenemos 4.84 \$/m³st. para el mecanizado y 3.97 \$/m³st. en el semi-mecanizado. La evaluación post-cosecha se dio en: compactación del área cosechada con 1.54 MP en el mecanizado y 1.35 MP en el semi-mecanizado y para las vías de saca con 3.03 MP para el mecanizado y 2.48 MP en el semi-mecanizado, en residuos dejados en campo tenemos 5.11 m³st./ha. en el mecanizado y 3.29 m³st./ha. para el semi-mecanizado. Se concluye que la utilización del sistema mecanizado es aplicable, por cuanto presenta buenos rendimientos y su costo unitario no difiere significativamente del sistema semi-mecanizado.

IX. SUMMARY

The following research propose to: determine the Pine performance (*Pinus patula*) under a mechanizes and semi-mechanized harvesting system at the Aglomerados Cotopaxi S.A. enterprise. To achieve this, we took samples in three days, for each system. The mechanized system works in two periods and the semi-mechanized system works in one. The study was clasified by times: planed (pl), productive (pr.) and delays. Also, we obtained cost of production and a post-harvest evaluation. Giving as a result, in the activities of the mechanized one, the following: Feller dump buncher 47.36 m³st./hr.pl., drag-skidder grapple 23.08 m³st./h.pl with 209 m. in DPM, and a procedure that consist of lopping, bucking and loading, with a log loader and two accessories (delimber and slasher) 27.50 m³st./hr./pl.; semi-mechanized: flipping chainsaw 13.02 m³st./hr./pl., machete stroke 9.86 m³st./hr./pl., drag-skidder 22.77 m³st./hr./pl. with 36m in DPM, bucking chainsaw 15.71 m³st./hr./pl. and the load with a tri-pneumatic Bell 24.70 m³st./hr./pl. The monthly performance results were: 9240.89 m³st./month.pl. for the mechanized system, and 4148.76 m³ st./month.pl in the semi-mechanized one. In cost-schedules the results are: 4.84 \$/m³st.for the mechanized one and 3.97 \$/m³st. for the semi-mechanized one. The post-harvest evaluation brought the following results: compaction of harvested area with 1.54 MP for the mechanized system and 1.35 MP for the semi-mechanized system; and for the extraction routes with 3.03 MP for the mechanized systema and 2.48 MP for the semi-mechanized one, in residues left in field we have 5.11 m³st./ha. in the mechanized system and 3.29 m³ st./ha for the semi-mechanized one. We conclude that the use of the mechanized system is applicable, reason why the results were good and the unit cost doesn't differ significantly from the semi-mechanized system.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Ambrosio, Y y Tolosana, E. 2007. El control de tiempos y rendimientos en los trabajos forestales. El programa kronos. Madrid – España. En línea: <http://www.revistamontes.net/fichaArt.aspx?id=4869>. (Consultado abril 2010).
2. Cándano, F. 2004. Aprovechamiento forestal. Ed. Félix Varela. La Habana – Cuba.
3. Carey, P. 1997. Metodología y diseño de un sistema para el apoyo en la planificación de operaciones forestales. Chile.
4. Chávez, A. 1997. Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío, Manual Práctico. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz - Bolivia.
5. Dykstra, D. y Poschen, D. 1998. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Ed. Chantal Dufrense. Barcelona – España. En línea: http://www.mtas.es/es/publica/pub_electronicas/destacadas/enciclo/general/contenido/tomo3/68.pdf (Consultado abril 2010).
6. Eeronheimo, O.; P. Mäkinen. 1995. Desarrollo de cosecha forestal en plantaciones de pino radiata en Chile. Serie informativa del Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia. Helsinki - Finlandia.
7. Gayoso, J. y Alarcón, D. 1999. Guía de conservación de suelos forestales. Valdivia – Chile. En línea: <http://www.uach.cl/proforma/guias/gcsuelo.pdf>. (Consultado abril 2010).
8. Luna, H. y Sánchez, J. 2008. Evaluación operacional y ambiental del abastecimiento forestal en el Ejido San Pablo, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de Ingeniería. Durango – México. En línea: http://www.itelsalto.edu.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=13&Itemid=17. (Consultado abril 2010).

9. Ortiz, L. 1995. Manual de gestión y aprovechamientos forestales de la madera. Pontevedra – España. En línea: http://193.146.36.56/catedra/catedra/apuntes/PDFs/libro_cap.pdf (Consultado abril 2010).
10. Procisur. 2007. Aportes de la ciencia y tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del cono sur. Montevideo – Uruguay.
11. Threadgill, .D. 1982. Residual tillage effects as determined by cone index. Transactions of the ASAE.
12. Tolosana, E.; V. González; S. Vignote. 2000. El aprovechamiento maderero. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid – España.
13. Vignote, S.; J. Martos; M. González. 1993. Los tractores en la explotación forestal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid – España.
14. <http://www.misrespuestas.com/que-es-una-motosierra.html>
15. <http://usuarios.multimania.es/maquinariaforestal/index.htm>

XI. ANEXOS

Anexo 1. Formatos de la toma de datos en campo

 <small>ASOCIACION COSTARRICENSE</small>	<h3>Volumen Total Con Corteza (Regresión)</h3>	
Sistema: _____	Operador: _____	Fecha: _____

Código árb.	DAP (cm)	H (m)	Código árb.	DAP (cm)	H (m)	Código árb.	DAP (cm)	H (m)

Observaciones: _____

 <small>ASOCIACION COSTARRICENSE</small>	<h3>Rendimiento Feller Buncher L870C</h3>
Operador: _____	Fecha: _____

Código árb.	Código buncher	Tiempo (min.)	Código árb.	Código buncher	Tiempo (min.)	Código árb.	Código buncher	Tiempo (min.)

Observaciones: _____

	Rendimiento Skidder Grapple 620D
Operador: _____	Turno: _____

Fecha: _____										Fecha: _____										Fecha: _____												
Árb. Arrastrados				RA	LP	P	AT	PG	R	MM	Árb. Arrastrados				RA	LP	P	AT	PG	R	MM	Árb. Arrastrados				RA	LP	P	AT	PG	R	MM
# de árb.	Cód. buncher	t	Dist.	t	t	t	t	t	t	t	# de árb.	Cód. buncher	t	Dist.	t	t	t	t	t	t	t	# de árb.	Cód. buncher	t	Dist.	t	t	t	t	t	t	

Observaciones: _____

	Rendimiento Procesadora (Log Loader)
Operador: _____	Turno: _____

% CARGA LISTA	Producto	Cód. bun.	Fecha:								

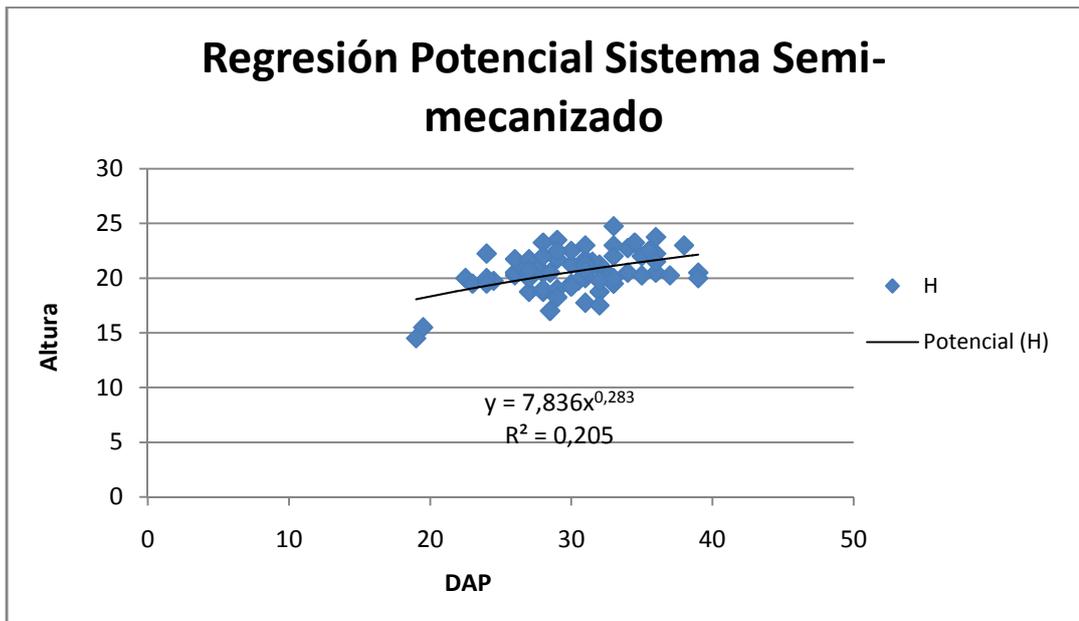
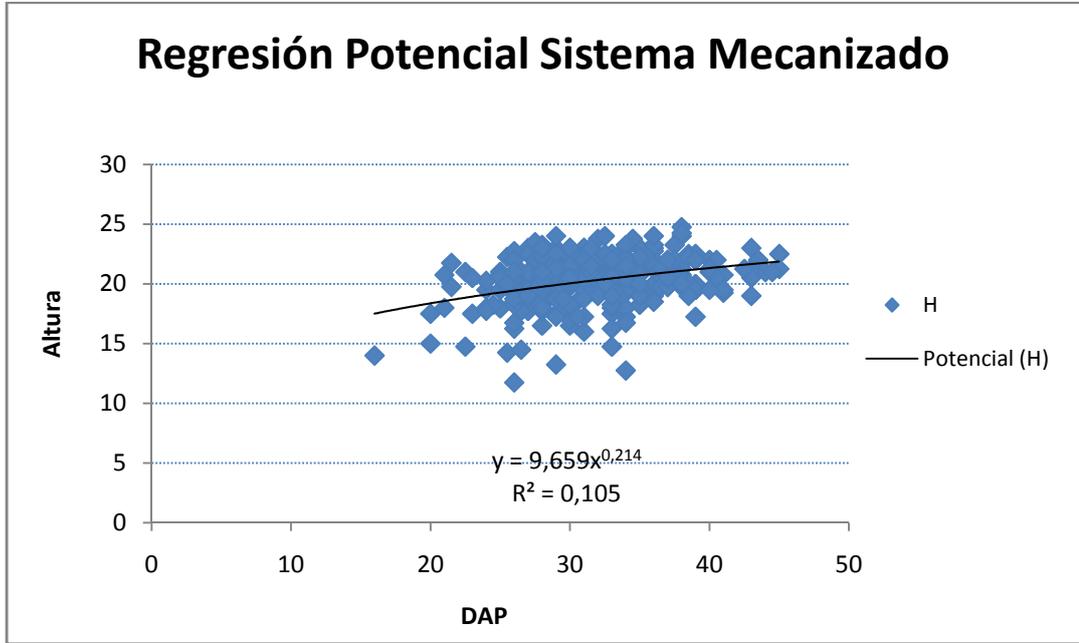
Observaciones: _____

	Tiempo/Actividades Procesadora
Operador: _____	Fecha: _____

Intervalo	Actividad	Intervalo	Actividad	Intervalo	Actividad	Intervalo	Actividad

Observaciones: _____

Anexo 2. Regresiones en altura de los sistemas de cosecha



Anexo 3. Factor de conversión de m³ sólidos a m³ estéreos

Sistema	Volumen en m³	Volumen en m³st.	Factor
Mecanizado	890,64	1339,41	0,66495282
Semi-mecanizado	404,16	592,68	0,68191174
Patio de madera	220,59	323,51	0,68185299
Promedio			0,67623918