



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD PARA HARVESTER EN
DOS MÉTODOS DE COSECHA EN PLANTACIONES DE
Eucalyptus resinífera (F. Muell.) (EUCALIPTO) EN LA EMPRESA
NOVOPAN DEL ECUADOR S.A**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA:

JOSELYN CRISTINA BRAVO SIGUENZA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD PARA HARVESTER EN
DOS MÉTODOS DE COSECHA EN PLANTACIONES DE
Eucalyptus resinífera (F. Muell.) (EUCALIPTO) EN LA EMPRESA
NOVOPAN DEL ECUADOR S.A**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: JOSELYN CRISTINA BRAVO SIGUENZA

DIRECTOR: ING. EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA

Riobamba – Ecuador

2024

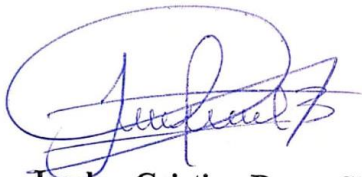
© 2024, **Joselyn Cristina Bravo Siguenza**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Joselyn Cristina Bravo Siguenza, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de Junio de 2024



Joselyn Cristina Bravo Siguenza

230004006-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD PARA HARVESTER EN DOS MÉTODOS DE COSECHA EN PLANTACIONES DE *Eucalyptus resinífera* (F. Muell.) (EUCALIPTO) EN LA EMPRESA NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.**, realizado por la señorita: **JOSELYN CRISTINA BRAVO SIGUENZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Danny Daniel Castillo Vizuete
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2024-06-04

Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-06-04

Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-06-04

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y jamás abandonarme en cada una de mis luchas, haciendo presencia en todas las personas que formaron parte de este camino. Con mucho cariño a mis padres Nurys y Diego, a mis hermanos Christopher y Gissela, y a mis abuelos, que me impulsaron con amor y sacrificio hasta alcanzar este logro que realmente pertenece a cada uno de ustedes, gracias por apoyarme incondicionalmente y por mantenerme siempre en sus oraciones, mi amor y gratitud infinita. A mis mejores amigos y compañeros de Universidad que crecieron junto a mí y me permitieron ser parte de sus vidas.

Joselyn

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi principal apoyo y fortaleza en toda mi vida, por brindarme paz y tranquilidad a mi mente y corazón. Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que a través de la Carrera de Ingeniería Forestal me permitieron obtener los conocimientos de todos los docentes que formaron parte desde el inicio con sus enseñanzas y experiencias aportando así a mi formación profesional y humanitaria. Al Ingeniero Eduardo Salazar como director y al Ingeniero Miguel Guallpa como asesor de mi tesis, gracias por sus conocimientos, paciencia y amistad para que yo pueda obtener este logro. Agradezco al Ingeniero Víctor, Ingeniero Jorge, a mis amigas Jaci, Brenda y Mishell por siempre apoyarme en momentos difíciles y ser parte de muchas alegrías, gracias por su ilimitada amistad y por ser mi segunda familia. En especial agradezco a mi mejor amigo Herman que a pesar de la distancia sus palabras de apoyo y consejos siempre estuvieron presentes, gracias por asegurarte de que crea en mí y que no me rinda; que nuestra amistad perdure por años. A la empresa Novopan del Ecuador S.A. por la oportunidad para realizar este estudio, individualmente al Ingeniero Marco Chillagana por su disposición y confianza para culminar con este trabajo.

Mi corazón está eternamente agradecido con todos.

Querida Titi, pudiste con todo y siempre será así.

Joselyn

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.1.1 <i>Identificación del problema</i>	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Hipótesis	4
1.4.1 <i>Hipótesis nula</i>	4
1.4.2 <i>Hipótesis alterna</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Plantaciones forestales	5
2.2 Eucalyptus resinífera	5
2.2.1 <i>Floración</i>	6
2.2.2 <i>Usos</i>	6
2.2.3 <i>Origen y ubicación</i>	6

2.2.4	<i>Subespecies</i>	6
2.2.5	<i>Origen del nombre</i>	7
2.3	Taxonomía	7
2.4	Aprovechamiento forestal	7
2.5	Aprovechamiento forestal en Ecuador	8
2.5.1	<i>Aprovechamiento forestal en plantaciones</i>	9
2.6	Tipos de cosecha forestal	9
2.6.1	<i>Cosecha altamente mecanizada</i>	9
2.6.1.1	<i>Sistemas</i>	10
2.6.2	<i>Cosecha tradicional</i>	11
2.6.3	<i>Cosecha aérea</i>	11
2.7	Métodos de cosecha forestal	11
2.7.1	<i>Medio ciclo</i>	11
2.7.2	<i>Ciclo completo</i>	12
2.7.2.1	<i>Actividades</i>	12
2.8	Factores que afectan a la cosecha	12
2.9	Maquinaria y equipo forestal	13
2.9.1	<i>Motosierras</i>	13
2.9.2	<i>Bulldozer</i>	14
2.9.3	<i>Retroexcavadora</i>	14
2.9.4	<i>Desbrozadoras</i>	14
2.9.5	<i>Skidders</i>	15
2.9.6	<i>Autocargadores</i>	16
2.9.7	<i>Feller Buncher</i>	16
2.9.8	<i>Forwarders</i>	17
2.9.9	<i>Harvester</i>	17
2.10	Harvester Komatsu PC200	17
2.10.1	<i>Especificaciones</i>	18
2.11	Seguridad industrial en maquinaria	18

2.11.1	<i>Generalidades</i>	19
2.11.2	<i>Equipos de protección</i>	19
2.12	Personal capacitado	20
2.12.1	<i>Operador de maquinaria forestal</i>	21
2.12.2	<i>Funciones principales de un maquinista forestal</i>	21
2.12.3	<i>Perfil del candidato para maquinista forestal</i>	21
2.12.4	<i>Labores diarias de un maquinista forestal</i>	22
2.12.5	<i>Habilidades del operador forestal</i>	22
2.12.6	<i>Campo laboral de un maquinista forestal</i>	22
2.13	Ergonomía forestal	23
2.14	Medición de tiempos	23
2.14.1	<i>Tiempo productivo</i>	24
2.14.2	<i>Tiempo improductivo</i>	24
2.14.3	<i>Nomenclatura</i>	24
2.15	Tipos de cronometraje	25
2.15.1	<i>Control por producción</i>	25
2.15.2	<i>Control por partes diarios o turnos shift-level studies</i>	25
2.15.3	<i>Cronometraje discontinuo o multimomento</i>	25
2.15.4	<i>Cronometraje de vuelta a cero</i>	25
2.15.5	<i>Cronometraje continuo</i>	26
2.16	Costos de la producción forestal	26
2.16.1	<i>Costos de la cosecha</i>	26
2.16.2	<i>Costos variables</i>	26
2.16.2.1	<i>Combustible</i>	26
2.16.2.2	<i>Mantenimiento</i>	26
2.16.2.3	<i>Accesorios</i>	27
2.16.3	<i>Costo mano de obra</i>	27
2.17	Herramientas estadísticas	27
2.17.1	<i>Prueba T-student</i>	27

2.17.1.1	<i>Condiciones de aplicación</i>	28
2.17.2	<i>Normalidad</i>	28
2.17.3	<i>Homogeneidad de varianzas</i>	28
2.18	Prueba U de Mann-Whitney	28

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	30
3.1	Enfoque de la investigación	30
3.2	Alcance	30
3.3	Diseño de la investigación	30
3.3.1	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	30
3.3.2	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	30
3.4	Tipo de estudio	31
3.5	Tamaño de la muestra	31
3.6	Caracterización del lugar	31
3.6.1	<i>Ubicación geográfica</i>	31
3.6.2	<i>Características climáticas</i>	32
3.6.3	<i>Aspectos generales del lugar</i>	32
3.6.4	<i>Clasificación ecológica</i>	33
3.7	Materiales	33
3.7.1	<i>Materiales de campo</i>	33
3.7.2	<i>Materiales de oficina</i>	34
3.8	Metodología	34
3.8.1	<i>Para cumplir con el primer objetivo.</i>	34
3.8.1.1	<i>Ubicación y reconocimiento de las plantaciones y la maquinaria</i>	34
3.8.1.2	<i>Cálculo de volumen</i>	34
3.8.1.3	<i>Métodos en la cosecha mecanizada</i>	35
3.8.1.4	<i>Cronometraje de la maquinaria</i>	35

3.8.1.5	<i>Tipos de cronometraje utilizados</i>	36
3.8.1.6	<i>Rendimientos</i>	36
3.8.1.7	<i>Análisis estadístico</i>	37
3.8.2	<i>Para cumplir con el segundo objetivo.</i>	37
3.8.2.1	<i>Formato de costos</i>	37

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	39
4.1	Actividades presentes en los métodos de la cosecha mecanizada	39
4.2	Tamaño de la muestra	40
4.3	Tiempos y rendimientos generales	41
4.3.1	<i>Primer método: medio ciclo</i>	41
4.3.2	<i>Segundo método: ciclo completo</i>	42
4.4	Comparación de variables	43
4.5	Comparación de rendimiento y tiempo total máximos	44
4.6	Comparación de promedio de cosecha e ingresos mensuales	45
4.7	Tiempos y rendimientos por categorías	46
4.7.1	<i>Primer método: medio ciclo</i>	46
4.7.2	<i>Segundo método: ciclo completo</i>	49
4.8	Comparación de rendimiento y tiempo totales entre los dos métodos	52
4.9	Análisis estadístico	53
4.9.1	<i>Prueba de normalidad</i>	53
4.9.2	<i>Prueba de Mann Whitney</i>	54
4.10	Costo operacional	54
4.10.1	<i>Primer método: medio ciclo</i>	54
4.10.2	<i>Segundo método: ciclo completo</i>	55
4.11	Costo de producción	55
4.11.1	<i>Primer método: medio ciclo</i>	55

4.11.2	<i>Segundo método: ciclo completo</i>	56
4.12	Comparación de costo de producción entre los dos métodos	56
4.13	Comparación de volumen y gasto operacional	57
4.14	DISCUSIÓN	59

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1	CONCLUSIONES	61
5.2	RECOMENDACIONES	63

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Taxonomía de la especie <i>E. resinífera</i>	7
Tabla 2-2: Dimensiones de Harvester Komatsu PC200.....	18
Tabla 2-3: Harvester Komatsu PC200	18
Tabla 3-1: Aspectos generales del lugar	33
Tabla 4-1: Métodos de la cosecha mecanizada forestal	39
Tabla 4-2: Ciclos de trabajo requeridos y colectados en las actividades del primer método de medio ciclo de la cosecha forestal mecanizada.....	40
Tabla 4-3: Ciclos de trabajo requeridos y colectados en las actividades del segundo método de ciclo completo de la cosecha forestal mecanizada	40
Tabla 4-4: Variables del primer método	41
Tabla 4-5: Tiempo y rendimiento del primer método.....	41
Tabla 4-6: Variables del segundo método	42
Tabla 4-7: Tiempo y rendimiento del segundo método	43
Tabla 4-8: Tiempo y rendimiento por categoría de DAP (diámetro cm) en el primer método ..	46
Tabla 4-9: Tiempo y rendimiento por categoría de altura (m) en el primer método.....	48
Tabla 4-10: Tiempo y rendimiento por categoría de DAP (diámetro cm) en el segundo método	49
Tabla 4-11: Tiempo y rendimiento por categoría de altura (m) en el segundo método	51
Tabla 4-12: Prueba de normalidad.....	53
Tabla 4-13: Prueba Mann-Whitney	54
Tabla 4-14: Gasto operacional del primer método	54
Tabla 4-15: Gasto operacional del segundo método.....	55
Tabla 4-16: Costo de producción en el primer método.....	56
Tabla 4-17: Costo de producción en el segundo método	56
Tabla 4-18: Volumen y gasto operacional de los dos métodos	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Ubicación del lugar de estudio	32
Ilustración 4-1: Rendimiento (m^3/min^{-1}) entre los dos métodos	44
Ilustración 4-2: Cantidad de árboles cosechados entre los dos métodos	44
Ilustración 4-3: Cantidad de metros cúbicos cosechados diariamente entre.....	45
Ilustración 4-4: Cantidad de metros cúbicos cosechados al mes entre los dos	45
Ilustración 4-5: Ingresos mensuales entre los dos métodos	46
Ilustración 4-6: Rendimientos (m^3/min) entre los dos métodos	52
Ilustración 4-7: Tiempo total entre los dos métodos	53
Ilustración 4-8: Costo de producción entre los dos métodos	56

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. MÁQUINA HARVESTER KOMATSU PC250

ANEXO B. TOMA DE DATOS DE ALTURA Y DAP

ANEXO C. CÁLCULO DE VOLUMEN

ANEXO D. ACTIVIDADES DE LOS DOS MÉTODOS DE COSECHA

ANEXO E. APLICACIÓN “MULTI TIMER”

ANEXO F. FORMATO PARA TIEMPOS CRONOMETRADOS DE LA MÁQUINA

**ANEXO G. FORMATO FINAL DE TIEMPOS CRONOMETRADOS PARA EL PRIMER Y
SEGUNDO MÉTODO**

ANEXO H. FORMATO FINAL DE COSTO OPERACIONAL

RESUMEN

La presente investigación consistió en la evaluación de productividad para Harvester en dos métodos de cosecha mecanizada en la empresa NOVOPAN del Ecuador S.A. Se estructuró un enfoque cuantitativo con correlación para los dos métodos, medio ciclo y ciclo completo que se realizó en la hacienda “La Esperanza” en la provincia de Los Ríos. Los dos métodos consisten en las siguientes actividades: traslado, corte, apilado, desrame y troceado. Usando las herramientas detalladas se recolectaron los datos de las variables dasométricas como altura y DAP para calcular el volumen de cada árbol cosechado. Se cronometraron los tiempos productivos de las actividades de cada método utilizando cronometraje de vuelta a cero, cronometraje continuo y cronometraje discontinuo. Con los datos de tiempo y volumen se obtuvo los rendimientos en metros cúbicos por minuto de trabajo de cada actividad y los ingresos a la empresa. Por cada método se describieron los gastos diarios de la empresa como el combustible, repuestos y sueldo del operador, calculando así el costo operacional, costo de producción y consiguiendo la relación beneficio/costo de las cosechas. Al ejecutar el primer método se utiliza mayor tiempo con un resultado de 58% del tiempo total en árboles de 10cm a 15cm de DAP y 71% del tiempo en árboles de 14m a 15m de altura. El rendimiento del segundo método es mayor del 50%. Al cumplir con el segundo método la empresa alcanza 53,55 m³ más de madera, una diferencia en el ingreso de 1070,87 dólares mensuales alcanzando un costo/beneficio mayor de 6,55. En conclusión la cosecha mecanizada de ciclo completo es la mejor opción para que la empresa obtenga mejores ingresos en menor tiempo y se recomienda evaluar los tiempos inactivos y las variables presentes en terrenos con pendientes.

Palabras clave: <COSECHA FORESTAL>, <COSECHA MECANIZADA>, <HARVESTER>, <TIEMPO PRODUCTIVO>, <COSTO OPERACIONAL>

0657-DBRA-UPT-2024

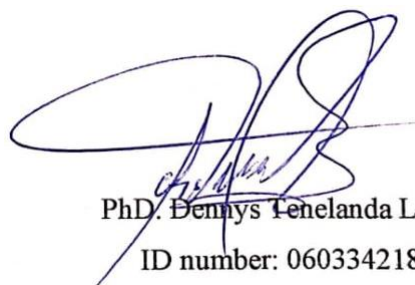


ABSTRACT

This research aimed to assess the productivity for Harvester in two mechanized harvesting methods in the company NOVOPAN del Ecuador S.A. A quantitative approach was structured with correlation for the two methods, half cycle and full cycle that was carried out on the “La Esperanza” farm in the province of Los Ríos. The two methods consist of the following activities: moving, cutting, stacking, delimiting and chopping. Using the detailed tools, data on dasometric variables such as height and DBH were collected to calculate the volume of each harvested tree. The productive times of the activities of each method were timed using return-to-zero timing, continuous timing, and discontinuous timing. With the time and volume data, the yields in cubic meters per minute of work for each activity and the income to the company were obtained. For each method, the daily expenses of the company were described, such as fuel, spare parts and the operator's salary, thus calculating the operational cost, production cost and obtaining the benefit/cost ratio of the crops. When executing the first method, more time is used with a result of 58% of the total time in trees from 10cm to 15cm DBH and 71% of the time in trees from 14m to 15m high. The performance of the second method is greater than 50%. By complying with the second method, the company reaches 53.55 m³ more wood, a difference in income of 1070,87 dollars per month, reaching a cost/benefit greater than 6,55. In conclusion, full cycle mechanized harvesting is the best option for the company to obtain better income in less time and it is recommended to evaluate the inactive times and the variables present in sloping land.

Keywords: <FOREST HARVEST>, <MECHANIZED HARVEST>, <HARVESTER>, <PRODUCTIVE TIME>, <OPERATIONAL COST>.

Riobamba, June 13th, 2024



Ph.D. Denys Tenelanda López
ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales son importantes en el uso de la tierra principalmente para la producción de madera con fines industriales. Las plantaciones forestales están llegando a un punto en que superarán a los bosques nativos en la producción de madera industrial en el mundo, con los consiguientes beneficios económicos, ambientales y sociales que ello implica (Prado, 2019, pág. 9).

Se ha considerado al sector forestal como un sector con atención prioritaria donde se encuentran las industrias con mayor potencial de crecimiento y desarrollo de la nación por parte de los inversionistas (ECUADOR FORESTAL, 2020, párr. 1).

La empresa NOVOPAN del Ecuador S.A. genera, procesa y optimiza el uso del recurso natural, creando productos de madera de alta calidad y valor agregado y así poder satisfacer las necesidades de sus clientes con alta tecnología, convirtiendo la empresa en autosustentable en el abastecimiento de su materia prima. Ha iniciado un proceso de certificación forestal FSC y actualmente cuenta con cinco certificaciones. Tiene un patrimonio forestal de más de 7400 hectáreas establecidos con las especies de Pino y Eucalipto (NOVOPAN, 2023, págs. 2-12).

Según Machado en 2002 (citado por Soares, 2010, pág. 6) el sistema de aprovechamiento forestal es el conjunto de actividades para el suministro incesante de madera a la fábrica y varían dependiendo del relieve, producción del bosque, surtido y uso final de la madera, maquinaria y equipos disponibles. Se logra clasificar los sistemas dependiendo de la manipulación de la madera en la fase de extracción, el lugar de procesamiento y el grado de mecanización. Aumentar la calidad, agilizar los procesos y optimizar costos son sumamente importantes para un mejor desempeño en esta actividad forestal.

La evolución de las tecnologías utilizadas para el aprovechamiento forestal avanza rápidamente con el objetivo de que la productividad aumente para satisfacer la demanda de madera que se encuentra en crecimiento. El uso de las tecnologías modernas se ha adoptado paulatinamente en el país debido a que pocas empresas dedicadas al sector maderero tienen acceso a estas porque se asocia principalmente a su nivel de producción y a la inversión (Quinchuela, 2015, pág. 1).

Estos métodos totalmente mecanizados pueden producir beneficios diarios muy elevados como describe Llanga (2011, pág. 1) que en condiciones favorables las cosechadoras modernas pueden producir más de 200 m³ de troncos cada jornada de 8 horas; pero también requieren de grandes inversiones de capital. Hay que estar de acuerdo en que el aumento del nivel de mecanización en la explotación forestal debe ir inevitablemente de la mano de una mejor planificación. Por este motivo, los estudios de tiempos y rendimiento deben ser una preocupación permanente para que constituyan la base fundamental para el desarrollo de modelos de simulación y optimización.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1 Identificación del problema

La empresa NOVOPAN DEL ECUADOR S.A ha incluido a su sistema mecanizado una cosechadora Harvester con el propósito de obtener una buena producción para poder dar abastecimiento a su industria, dicha máquina debe satisfacer las actividades de cosecha, pero dichos valores no se cumplen y no existe información en cuanto a las razones de este problema en el cumplimiento de estos valores de rendimiento de la máquina.

El problema que presenta la empresa NOVOPAN en el área de cosecha forestal es que no se conoce visiblemente cuál de los dos métodos de cosecha que se aplica en la zona de plantación utilizando la maquinaria en estudio es la que da mejores resultados relacionado al rendimiento y costos de la cosecha. Por lo tanto, se solicita un análisis de rendimiento entre los dos métodos de cosecha y al mismo tiempo un análisis de costos, con la finalidad de conocer si el método de ciclo medio que se conforma por el traslado, corte, apilado como primer proceso y desrame, troceado en el segundo proceso del método o el método de ciclo completo que se encuentran las actividades de traslado, corte, desrame, troceado y apilado es más apto para enriquecer los procesos de la empresa y renovarse con los resultados en la optimización del recurso personal, tiempo y producto final.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la productividad del Harvester en dos métodos de cosecha en plantaciones de *Eucalyptus resinífera* (Eucalipto) en la empresa NOVOPAN DEL ECUADOR S.A

1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar la productividad del Harvester entre los dos métodos (medio ciclo y ciclo completo).
- Determinar los costos de producción de la cosecha en los dos métodos (medio ciclo y ciclo completo).

1.3 Justificación

La empresa Novopan del Ecuador S.A. necesita saber cuál es el método de cosecha más efectivo y que aporte mayor rendimiento por medio de una evaluación de todas las actividades que pertenecen a cada ciclo para detectar posibles fallas o resultados no deseados.

Con este estudio se busca obtener información sobre rendimiento y costos en los dos métodos de cosecha para conocer la viabilidad de la maquina y definir qué método utilizado presenta mejores resultados, mediante la aplicación de las metodologías para el cálculo del rendimiento de cada método que se utiliza para la cosecha como para el cálculo de los costos con los datos reales obtenidos.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis nula

Los métodos de cosecha del Harvester (medio ciclo y ciclo completo) es similar en los dos métodos.

1.4.2 Hipótesis alterna

Al menos uno de los métodos de cosecha (medio ciclo y ciclo completo) del Harvester presenta una diferencia.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Plantaciones forestales

Se destaca el aporte de las plantaciones forestales que son los bosques plantados coetáneos, con espaciamiento regular, por lo general de una sola especie de rápido crecimiento y manejados de manera intensiva con el fin de producir madera o fibra para la industria, para la generación de energía tanto de uso doméstico como industrial u otros productos o servicios (Prado, 2019, pág. 15).

Las plantaciones forestales para uso industrial en el mundo alcanzarían a 53,4 millones de hectáreas, lo que representa sólo un 1,3 % de la superficie total de bosques, dato que difiere sustancialmente de la información de la FAO (Prado, 2019, pág. 16).

2.2 *Eucalyptus resinifera*

Es un árbol de 20 metros de alto y 1,5 metros de ancho. Aproximadamente presenta un DAP de 80 cm, con corteza tipo cuerda de color gris que persiste hasta las ramas superiores. Las ramillas más jóvenes pueden ser opacas o brillantes y a menudo suelen ser rojizas. Tanto las hojas jóvenes como las adultas son fuertemente descoloridas y las hojas adultas son coriáceas. En la superficie de las hojas se observa un color más o menos verde oscuro, pero ligeramente brillante; mientras que en el lado inferior de la hoja el color es verde más pálido y opaco. Exterioriza numerosas glándulas sebáceas con olor a *Eucalyptus viminalis* cuando se trituran. El color de los capullos de las flores es verde medio (Herbario virtual de Australasia, 2013, pág. 1).

Esta especie muestra inflorescencia axilar no ramificada, pedúnculos de 1 a 2 cm de largo. Los brotes maduros son ligeramente ovoides de 1 cm de largo y 0,7 cm de ancho, son de color verde amarillento o de color crema a rojizo, no tiene crestas. El opérculo es de forma cónica con un pico, estambres inflexos o flexionados irregularmente, a veces con los filamentos externos. Las flores son de color blanco y sus frutos pedicelados obcónicos o en forma de copa de 0,8 cm de largo y 1 cm de ancho con 3 o 4 válvulas fuertemente ejercidas. Sus semillas son marrones de 0,9 mm a 2 mm de largo a veces aplanadas, superficie dorsal lisa (EUCLID, 2020, párr. 6).

2.2.1 Floración

Se registra que esta especie florece en el mes de diciembre (EUCLID, 2020, párr. 9).

2.2.2 Usos

Eucalyptus resinífera se ha utilizado en la industria maderera para la construcción en general como pisos, revestimientos, paneles, antepechos y plataformas de puentes. Los aborígenes lo utilizaban como madera y también con fines medicinales. También es utilizado por los apicultores para la producción de miel (EUCLID, 2020, párr. 10).

2.2.3 Origen y ubicación

Eucalyptus resinífera es una especie de árbol de tamaño mediano a alto de la costa oriental de Australia que se encuentra en un amplio rango latitudinal desde Huskisson en Jervis Bay en la costa sur de Nueva Gales del Sur al norte hasta Queensland casi hasta Gladstone, con más apariciones esporádicas en terrenos más altos en la región de Nebo-Eungella, la región de Mt Spec-Paluma, las mesetas de Atherton y la región de Lankelly Creek-McIlwraith de Cabo York. Se encuentra en laderas y llanuras, a menudo en sitios protegidos y más húmedos, y en zonas más al norte, incluso en la selva tropical (EUCLID, 2020, párr. 11).

2.2.4 Subespecies

- ***Eucalyptus resinífera* subsp. resinífera:** tiene un opérculo corto y cónico, con los estambres flexionados de regular a irregularmente en la yema. Ocurre en dos regiones separadas, en áreas costeras desde Jervis Bay al norte hasta aproximadamente Kempsey en Nueva Gales del Sur y luego mucho más al norte en Queensland, donde ocurre en terrenos más elevados en la región de Nebo-Eugella, la región de Mt Spec-Paluma, la región de Atherton. Tablelands y Lankelly Creek - Región de la cordillera McIlwraith de Cabo York (EUCLID, 2020, párr. 13).
- ***Eucalyptus resinífera* subsp. hemilampra:** tiene un opérculo largo y mucho más estrecho, con la mayoría de los estambres erectos en la yema. Ocurre cerca de Taree en la costa norte de Nueva Gales del Sur y se extiende hasta Queensland, al norte hasta aproximadamente Gladstone (EUCLID, 2020, párr. 14).

2.2.5 Origen del nombre

Proviene del latín *resiniferus* que significa portador de resina, probablemente en referencia a la corteza (EUCLID, 2020, párr. 15).

2.3 Taxonomía

Tabla 2-1: Taxonomía de la especie *E. resinifera*

Reino:	Plantae
División:	Charofita
Clase:	Equisetopsida
Orden:	Myrtales
Familia:	Myrtaceae
Género:	<i>Eucalyptus</i>
Especie:	<i>Eucalyptus resinifera</i>

Fuente: Herbario virtual de Australasia

Realizado por: Bravo Joselyn, 2023

2.4 Aprovechamiento forestal

En la biodiversidad mundial, los ecosistemas forestales forman parte de los componentes importantes. Se estima que actualmente el 30,8% de la superficie es ocupado por los bosques mundialmente y en total la superficie forestal es de 4 millones de hectáreas, pero no se distribuyen proporcionalmente entre los países, por lo tanto, se encuentran entre cinco países entre ellos Rusia con más del 50% de los bosques del mundo seguido de Brasil, Canadá, Estados Unidos y China. Mientras que en 10 países diferentes se distribuye dos tercios restantes del bosque mundial. Desde 1990 hacia el año 2020 la superficie forestal descendió de 32,5% al 30,8%, comprendiendo una pérdida de 178 millones de hectáreas de bosques, pero se reconoce que la tasa media de pérdida de bosques netos disminuyó un 40% al aumentar los ejemplares y bosques en otros países (FAO y PNUMA, 2020, págs. 10-11).

El aprovechamiento forestal consta de actividades planificadas que se asocian con el corte, procesamiento y extracción de las trozas o partes que se pueden aprovechar de los árboles para que posteriormente se puedan transformar, tomando en cuenta los efectos en todos los plazos

posibles en los recursos naturales. Se engloba diversas actividades y de distintas índoles que se relacionan para que el rendimiento crezca y se genere beneficios económicos tomando en cuenta el ambiente (Mudraz et al., 2021, pág. 2).

Este conjunto de acciones prepara a los troncos de un bosque o plantación de acuerdo con las necesidades del usuario y la entrega de estos 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 (Llanga, 2011, pág. 4).

Esta es la etapa más importante del proceso desde el punto económico porque representa el más del 50% del costo total de la madera que se utiliza en la industria. Se refleja las etapas de corte, descortezado, extracción y carga. El aprovechamiento también puede depender de operaciones como planificar, medir, recibir material en la industria y la venta de la madera (Nasser, 2011, pág. 4).

2.5 Aprovechamiento forestal en Ecuador

Las principales especies aprovechadas a nivel nacional provienen de plantaciones forestales ubicadas en la sierra y costa ecuatoriana. El eucalipto y pino se encuentran localizadas principalmente en la sierra, mientras que balsa, pachaco, melina y teca son plantaciones ubicadas principalmente en la costa ecuatoriana, mayormente en las provincias de Esmeraldas, Los Ríos y Santo Domingo de Los Tsáchilas (Ministerio del Ambiente, 2020, pág. 17).

Aunque el bosque tropical ecuatoriano cubre el 45,55% del territorio nacional, la madera proveniente de bosque nativo (húmedo y seco tropical), representa solamente el 11,19% del total de madera autorizada para aprovechamiento a nivel nacional. Adicionalmente, en la provincia de Esmeraldas que contiene apenas el 6,43% de bosque húmedo tropical a nivel nacional, se aprovecha cerca del 33,82% de la madera de bosque nativo aprovechada en el país. Las especies pioneras de rápido crecimiento Pigüe y Balsa, muestran alta demanda a nivel nacional y considerando que su manejo requiere de bajos costos de inversión, es necesario considerar su potencial para pequeños productores en la Costa y Amazonía (Ministerio del Ambiente, 2020, pág. 17).

2.5.1 Aprovechamiento forestal en plantaciones

Para el aprovechamiento de plantaciones forestales se aprobaron 2 227 programas principalmente programas de corta para las plantaciones forestales y se intervinieron 20 mil hectáreas. En el área de plantaciones se presencié un decrecimiento del 6% en comparación con el año 2009 que representó el 60,25% del volumen autorizado y el rendimiento promedio de una plantación pura fue de 102,17 m³/ha mientras que para una extensión de árboles plantados fue de 76,93 m³/ha (Ministerio del Ambiente, 2011, págs. 2-4).

El aprovechamiento de plantaciones forestales se conglomeró en 18 provincias del país con mayor énfasis en Los Ríos con 20% del total nacional representando 394 528,91 m³ de madera en su totalidad de balsa. Sigue la provincia de Cotopaxi con el 19,47% en su mayoría pino y en tercer lugar la provincia de Pichincha con el 13,97% del total autorizado. A nivel de regiones el 61,56% corresponde a la Sierra, el 38,44% a la Costa y solo el 0,003% a la región amazónica (Ministerio del Ambiente, 2011, págs. 2-4).

La variabilidad del aprovechamiento de las plantaciones depende directamente de las características fenológicas, el manejo de las plantaciones y el periodo de aprovechamiento. Como actividad económica, el aprovechamiento forestal puede generar ingresos por lo tanto desde el año 2015 hasta el año 2018 los programas de corta autorizados se incrementaron en un 94% y se relaciona con las tasas de subempleo y empleo informal, concluyendo que el número de programas de corta aumenta cuando el empleo adecuado disminuye (Tituaña y Nicolalde, 2019, pág.100).

2.6 Tipos de cosecha forestal

De acuerdo con Carey et al. (2007, párr. 5) nos indica que las empresas forestales y tomando como ejemplo a Chile, utilizan tres tipos de sistemas de cosecha que se presentan a continuación:

2.6.1 Cosecha altamente mecanizada

Los países industrializados adoptan técnicas completamente mecanizadas para poder alcanzar sus metas de las grandes cantidades de trozas y no tener altos gastos en mano de obra. En las áreas que no presentan relieves y son terrenos planos pueden emplear maquinaria que pueden realizar diversas actividades como corte, desrame, troceado y descortezado. Mientras que en terrenos de

topografía difícil y accidentado se deben utilizar más de una máquina desde una motosierra para el apeo, cables y grúas para extraer los árboles cortados, tractores arrastrados para transportar en la carretera y finalmente el uso de una procesadora para que realice acciones de desramar, trocear y descortezar estos árboles (Llanga, 2011, págs. 6-7).

2.6.1.1 *Sistemas*

Malinovski y Malinovski en 1998 (citado por Ibarra et al., 2010, págs. 27-28) nos menciona que los sistemas de cosechas pueden clasificarse por la forma en que se sacan las trozas.

- **Sistema de árboles completos:** los árboles se sacan del área sin tronzar ni desramar y fuera del rodal es donde se realizan las actividades para procesar la madera. Se utilizan motosierras, tractor para el arrastre, procesadora y camiones para el transporte. La desventaja de este sistema es el costo elevado de sacar en relación volumen/peso y la poca facilidad de manejo (Universidad Nacional de La Plata, 2010, págs. 6-9).
- **Sistema de fustes enteros:** la madera se extrae completamente solo con el proceso de desrame y despunte. Es de los sistemas económicos en operaciones manuales y se evita el apilado manual. Se utiliza motosierras y tractores de arrastre. Existen inconvenientes relacionados con la eliminación de residuos y con los costos altos de saca (Universidad Nacional de La Plata, 2010, págs. 6-9).
- **Sistema de madera corta:** los árboles ya pasan por el proceso de troceado dentro del monte. Se forma trozas de 2 metros a 2,5 metros de longitud y se realiza actividades de desrame, despunte, tronzado y apilado. También generan problemas de eliminación de residuos, las operaciones se realizan dentro de la plantación y es complicado cuando se requiere un destino de grandes longitudes para la madera (Universidad Nacional de La Plata, 2010, págs. 6-9).
- **Sistema de madera larga:** solo se diferencia en la longitud de las trozas que son de 4 metros o 5 metros (Universidad Nacional de La Plata, 2010, págs. 6-9).
- **Sistema de madera clasificada a longitudes variables:** se apila la madera de diferentes longitudes dependiendo de sus destinos (Universidad Nacional de La Plata, 2010, págs. 6-9).

- **Sistema de astillas:** se utilizan las astillas para uso de energía, y es de los procesos menos aplicados (2010, págs. 6-9).

2.6.2 Cosecha tradicional

En este tipo de cosecha se emplea mayormente la mano de obra por el uso de las motosierras para el volteo y de los animales de carga para poder extraer. El sistema tradicional es aplicado en bosques de pequeños propietarios que no necesitan grandes cantidades para abastecer y es económicamente rentable porque los titulares no cuentan con la capacidad de poder invertir en maquinaria y mantenimiento (Carey et al., 2006, págs. 272-273).

2.6.3 Cosecha aérea

También llamado torres de madereo, busca que las cosechas de madera se puedan realizar en altas pendientes con una estructura más segura y que las faenas tengan mayor rendimiento consiguiendo así que sean productivas y sustentables. Se necesitan de 4 operadores para una torre uno en volteo y 3 en patio para el madereo aparte del equipo que trae oportunamente las líneas para mejor disposición en el volteo (ARAUCO, 2021).

Es de las operaciones más difíciles en las cosechas forestales porque sin las precauciones necesarias se puede provocar daños irreversibles en el ecosistema por lo tanto se necesita personal capacitado y la maquinaria precisa de alta tecnología. El sistema por cables se proyecta para cosechar grandes volúmenes de bosques que se encuentran en terrenos escarpados que pueden resultar inaccesibles, además de que se pueden cosechar árboles grandes y pesados porque pueden ser transportados sin que sufran daños. Es parte de los sistemas que son eficientes y sobre todo modernos que no causa impactos ambientales porque al no existir muchos caminos el suelo no se compacta y no se erosiona (Ruiz, 2014, párr. 2).

2.7 Métodos de cosecha forestal

2.7.1 Medio ciclo

Como parte de este método se dividen las actividades en dos procesos, en el primero la máquina cumple con las siguientes actividades: traslado, corte y apilado para posteriormente terminar con el segundo proceso de desrame y troceado.

2.7.2 Ciclo completo

La máquina cosechadora tiene la capacidad de realizar las siguientes actividades de manera eficiente sin contar con la ayuda de maquinaria secundaria, cumpliendo con las actividades en un solo proceso y así se reducen los impactos económicos en traslado, corte, desrame, troceado, apilado.

2.7.2.1 Actividades

- **Traslado:** traslado de las trozas desde el tocón hasta un lugar próximo a una carretera forestal en el que pueden clasificarse, apilarse y hasta almacenarse provisionalmente (Llanga, 2011, pág. 5).
- **Corte:** corte del árbol dejando el tocón y derribo (Llanga, 2011, pág. 5).
- **Desrame:** eliminación de la corteza del fuste (Llanga, 2011, pág. 5).
- **Troceado:** corte del fuste a la longitud específica que necesita el destinatario (Llanga, 2011, pág. 5).
- **Apilado:** los troncos se apilan dependiendo de sus dimensiones hasta que se consigue una carga completa para su posterior salida (Llanga, 2011, pág. 5).

2.8 Factores que afectan a la cosecha

- **Topografía del terreno:** ya que en condiciones de pendientes pronunciadas se dificulta el tránsito de la maquinaria y se pone en riesgo la seguridad del operador y de la propia máquina (Cusano et al., 2009, pág. 15).

- **Suelo:** debiéndose tener en cuenta factores como profundidad del horizonte superficial, tipo de suelo, presencia de rocosidad, y todas sus propiedades, las cuales influyen directamente en la tracción y rendimiento operacional de la maquinaria (Cusano et al., 2009, pág. 15).
- **Clima:** influyendo directamente en todas las actividades los factores como, temperatura, humedad relativa, precipitaciones y viento principalmente (Cusano et al., 2009, pág. 15).
- **Tipo de bosque a cosechar:** teniendo en cuenta especie, densidad, espaciamiento, altura media, DAP medio, volumen medio por hectárea y por árbol (Cusano et al., 2009, pág. 15).
- **Finalidad de la madera:** debe conocerse el o los destinos de la madera a cosechar, a saber, celulosa, madera para aserrío, energía u otros productos específicos (Cusano et al., 2009, pág. 15).
- **Operador:** este juega un papel muy importante en el desempeño de la maquinaria y es recomendable la capacitación previa teórica y práctica, así como factores de seguridad que deberá tener en cuenta (Cusano et al., 2009, pág. 15).
- **Maquinaria:** deberán ser consideradas la forma de adaptarse a los requerimientos de su comprador, el cual deberá tener en cuenta, disponibilidad mecánica, reposición y disponibilidad de repuestos, términos y garantía de reventa, asistencia técnica, manual del operador con detalles de funcionamiento y mantenimiento preventiva y correctiva, velocidad de desplazamiento, mecanismo de corte, vida útil prevista, confort y seguridad del operario (Cusano et al., 2009, pág. 15).
- **Caminería:** es necesario un buen estado de la caminería dentro del bosque para facilitar el transporte de la maquinaria de gran peso, así como de tener el menor impacto negativo posible sobre el ambiente (Cusano et al., 2009, pág. 15).

2.9 Maquinaria y equipo forestal

2.9.1 *Motosierras*

Es una herramienta de gran potencia que permite cortar vegetación con poco esfuerzo y en un tiempo reducido. Reemplaza a herramientas como hachas y sierras, sobresaliendo por su mayor comodidad y productividad. Existen motosierras que funcionan a base de un motor a explosión interna o con energía eléctrica. Las motosierras han tenido una rápida evolución. Las primeras

funcionaban con gasolina y necesitaban dos personas para operarlas, pero después de la Segunda Guerra Mundial se desarrollaron equipos y componentes que posibilitaron la fabricación de motosierras para uso unipersonal, evolucionando en el tiempo para ser cada vez más ligeras y menos ruidosas. Hoy, existe una gran variedad para los distintos usos que se les da, siendo las versiones domésticas y profesionales más livianas y cómodas que los primeros modelos (CONAF, 2011, pág. 1).

2.9.2 Bulldozer

Presenta doble modalidad: subsolado por curvas de nivel, o ahoyado siguiendo líneas de máxima pendiente. El bulldozer pueda desarrollar trabajos por curva de nivel en condiciones de estabilidad con pendientes de hasta un 32%. El principal riesgo asociado al empleo del bulldozer en reforestación es el vuelco lateral. Otro riesgo significativo es el de sobreesfuerzos en el cambio de los dientes del ripper, de los implementos de éste, o de la posición del angledozer, son mecanismos muy pesados, y dichos cambios es preciso con frecuencia efectuarlos sin herramientas de apoyo. Otro elemento genérico de riesgo en este tipo de maquinaria son las vibraciones dorsolumbares, que provoca lesiones de espalda y columna. Asimismo, la sordera derivada del elevado nivel sonoro de las máquinas (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, págs. 4-5).

2.9.3 Retroexcavadora

Por lo general siempre es maquinaria de oruga. Realiza trabajo en el ahoyado con cazo u otro implemento del brazo. Trabaja siempre en líneas de máxima pendiente. Una máquina de orugas convencional de 25 Tm puede, bajo condiciones óptimas del terreno alcanzar pendientes no superiores al 48%. Una máquina adaptada, con el tren de rodaje modificado, y peso no superior a 20 Tm puede trabajar con un 65% de pendiente. En el caso de las retroexcavadoras, el mecanismo de vuelco está asociado a la realización de hoyas excesivamente alejadas del bastidor de la máquina. Comparte con el bulldozer el problema del riesgo de vuelco asociado al cambio de línea de trabajo. Asimismo, los problemas ergonómicos y sobreesfuerzos (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 7).

2.9.4 Desbrozadoras

Son máquinas empleadas para eliminar vegetación adventicia no deseada. Sus características dependen del tipo de vegetación a eliminar, y las del terreno sobre las que se desarrolla el trabajo. Cabe distinguir dos grandes grupos:

- **Desbrozadoras acopladas a la toma de fuerza:** se distinguen las acopladas al bastidor de las acopladas a un brazo hidráulico. A su vez, en ambos casos se suele discriminar entre cuchillas, cadenas o martillos, en función del sistema de corte o trituración empleado. Todas ellas comparten un riesgo común: las proyecciones asociadas al golpe o astillas, golpes en elementos accesorios como piedras o incluso de la propia máquina. Como cualquier maquinaria forestal autoportante, también ésta presenta riesgo de vuelco violento por pérdida de control y asimismo el riesgo de pérdida auditiva derivada de su uso recurrente (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 9).

- **Desbrozadoras portátiles:** pesan hasta 14 kg y para facilitar su manejo la distribución de cargas se halla equilibrada en torno a un largo brazo, y se porta enganchada a un cinturón que se sujeta a hombros y espalda. Su riesgo característico son las proyecciones y se debe tener en cuenta los riesgos derivados de las vibraciones del sistema mano-brazo, sobreesfuerzos y de las condiciones ambientales de trabajo. Riesgo de hipoacusia derivado de su uso recurrente (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 10).

2.9.5 *Skidders*

Junto con la motosierra, constituye la máquina forestal más difundida. Aunque en la actualidad el parque de tractores forestales se ha ampliado, son los tractores forestales por antonomasia, encargados en la gran mayoría de las explotaciones forestales de transportar las trozas desde el punto de apeo hasta el cargadero. Como características genéricas, se pueden definir como tractores de dos ejes, permanentemente traccionados, articulados y de potencia no superior a 175 CV. Las diferencias de aspecto más relevantes respecto a los tractores agrícolas son sus ruedas, iguales y de gran anchura, y su imagen de robustez, a la que contribuye su bastidor de protección, y las protecciones metálicas de cabina y faros y su escudo posterior. Anotar que el skidder posee siempre un centro de gravedad más bajo que los tractores agrícolas convencionales (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 10).

Aunque tradicionalmente eran máquinas de accionamiento mecánico, en la actualidad la transmisión es mayoritariamente hidrostática y el accionamiento del cabrestante, hidráulico o por

radio. Desarrolla transporte suspendido de madera de menos de 2,5 m de longitud y arrastre de trozas mayores (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 10).

- **Con cable:** este tipo dispone de un cabestrante en la parte trasera con cables de acero que se acoplan a los troncos talados. Este cabestrante reúne los troncos hasta aproximarlos al tractor; posteriormente, un arco integral eleva los troncos de un extremo reduciendo la superficie de contacto con el suelo y facilitando el arrastre y desembosque. La ventaja es que puede sacar troncos de zonas inaccesibles para el tractor. Los troncos se transportan en un escudo protector situado en la parte trasera del tractor (Pereyra, 2018, pág. 44).
- **Con grapa:** cuentan con un brazo en la parte trasera al que se le acopla en su extremo una grapa accionada por el sistema hidráulico con dos posiciones, grapa abierta y grapa cerrada. La posición de grapa cerrada abraza los troncos para posteriormente, un circuito hidráulico eleva la grapa junto a los troncos y comienza el arrastre. Cuando los troncos llegan a su destino, se baja la grapa al suelo y se produce la apertura para soltar los troncos. El punto de articulación separa la parte del chasis que corresponde a las ruedas delanteras, cabina y motor de la parte trasera que contiene las ruedas traseras y la grapa (Pereyra, 2018, pág. 45).

2.9.6 Autocargadores

Disponen de una grúa hidráulica que recoge las trozas y las va depositando sobre su cama. Tras su llenado, se desplaza hasta el cargadero donde procede a descargar la madera (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 15).

2.9.7 Feller Buncher

Es una máquina autopropulsada con un cabezal de corte que es capaz de sostener más de un tronco a la vez. El cabezal de corte se utiliza exclusivamente para cortar, sostener y depositar el fuste en el suelo. Referido al tipo de mecanismos de traslado, estos pueden ser de ruedas o de orugas, son capaces de impulsar sin inconvenientes este tipo de máquinas, las de orugas son más lentas, pero con la ventaja de ser más estables en pendientes pronunciadas. El cabezal de corte puede estar acoplado directamente al chasis, aquí la máquina se dirige hacia el árbol a ser talado, o poseer un brazo hidráulico independiente del chasis o en punta de grúa, donde este traslada el cabezal de corte hacia el árbol. Estas máquinas pueden contar con cabinas autonivelantes que se adaptan a

las pendientes para así, realizar correctamente las operaciones de apeo (Quintana & Barrios, 2014, pág. 6).

2.9.8 Forwarders

Un brazo articulado con una pinza en su extremo abraza un grupo de troncos y los carga a una plataforma localizada en la parte trasera. El punto de articulación separa la parte del chasis que corresponde a las ruedas delanteras, cabina y motor de la parte trasera que contiene la pinza y la plataforma de transporte. Suelen tener dos ejes de ruedas en el semichasis delantero y en el semichasis trasero, que pueden ser simples con un par de ruedas por eje o dobles con dos pares de ruedas por eje (Pereyra, 2018, pág. 45).

2.9.9 Harvester

La cosechadora harvester es un tractor forestal constituido por una máquina base automotriz con rodado de neumáticos o bandas (orugas), con una grúa hidráulica para alcanzar los árboles y un cabezal que puede ejecutar simultáneamente las tareas básicas de apeo, desrame, descortezado, trozado y apilado de la madera. La utilización de máquinas de alta tecnología, como el harvester, aumento considerablemente los rendimientos operacionales de la cosecha y la seguridad en el trabajo y bajo los costos operacionales, colocándolo entre los más competitivos (Márquez, 2020, pág.10).

El Harvester es una máquina autopropulsada (traccionada por ruedas u orugas), que posee un cabezal procesador con la habilidad de realizar no solo las tareas de apeo, sino además posee la capacidad de desramar, descortezar y trozar. Las cosechadoras de ruedas poseen de 4 a 8 ruedas en un chasis articulado, pueden tener la cabina montada sobre el motor en la articulación trasera o delantera. El brazo hidráulico puede estar montado sobre la cabina o acoplado al chasis (Quintana & Barrios, 2014, pág. 7).

2.10 Harvester Komatsu PC200

El harvester Komatsu PC200F, con los cabezales Komatsu 370E, S172, o Komatsu S132, es una combinación ideal para trabajar en zonas de tala rasa (KOMATSU, s.f, párr.1).

2.10.1 Especificaciones

- Dimensiones

Tabla 2-2: Dimensiones de Harvester Komatsu PC200

Ancho mínimo	2 800 mm
Altura (cabina)	3 126 mm
Longitud, vehículo de transporte	4 450 mm
Altura de desplazamiento, remolque corto	3 126 mm
Despeje del camino	440 mm

Fuente: Komatsu, s.f.

Realizado por: Bravo Joselyn, 2023

- Sistema de conducción y freno

Tabla 2-3: Harvester Komatsu PC200

Control de dirección	mediante dos palancas con pedales
Método de manejo	hidrostático
Tracción máxima en la barra de tiro	18.200 kg (178 kN)
Pendiente	70% (35°)
Velocidad máxima de desplazamiento	5,5 km / h (alto), 4,1 km / h (promedio), 3,0 km / h (bajo), cambio de marchas automático
Freno de servicio	tipo de bloqueo hidráulico
Freno de mano	freno de disco mecánico
Tanque de combustible	400 litros

Fuente: Komatsu, s.f.

Realizado por: Bravo Joselyn, 2023

2.11 Seguridad industrial en maquinaria

Existen en la vida una gran cantidad de procesos que encierran un peligro para la integridad física de las personas. Estos procesos, frecuentemente utilizados en las operaciones industriales,

desempeñan un papel muy importante en el desarrollo de actividades útiles para la vida del hombre. El fuego, por ejemplo, no se puede tocar sin peligro de quemaduras. La electricidad reúne, junto con el riesgo de electrocución para quienes se pongan en contacto con un material en tensión, el inconveniente de que dicha tensión no se puede apreciar a simple vista (UNICEN, s.f, pág. 1).

De cada cuatro trabajadores forestales uno sufre un accidente al año y eso considerando tan sólo, de entre los trabajos forestales, los que se refieren a repoblación, conservación y explotación de madera, realizados en el propio monte (Estirado, 1979, pág. 2).

2.11.1 Generalidades

- La maquinaria empleada en cualquier trabajo forestal debe de hallarse en perfectas condiciones mecánicas, sometida a todas las rutinas de mantenimiento que establezca el fabricante (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 13).
- Ante la mínima señal de avería o disfuncionalidad de la máquina, esta será llevada de inmediato al taller a efectuar las revisiones y reparaciones pertinentes (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 13).
- Las cabinas de las maquinarias deberán estar insonorizadas, climatizadas y presurizadas (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 13).
- Portarán alarma automática de marcha atrás (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 13).
- Jamás debe de haber terceras personas en el área de trabajo de una procesadora (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 13).
- Para operaciones de mantenimiento seguir todas las rutinas de parada descritas (Instituto Navarro de Salud Laboral, s.f, pág. 13).

2.11.2 Equipos de protección

- **Vestimenta:** la indumentaria protectora puede disminuir el riesgo de lesiones provocadas por la motosierra, como los zahones con material de relleno (que se colocan sobre los

pantalones) y los pantalones anticorte, con cientos de fibras largas de poliéster, de polipropileno o nylon que bloquean la cadena de la motosierra y evitan así que el trabajador se corte la piel. Además, existe otro tipo de indumentaria de protección anticorte que es resistente a cortes accidentales, como los que se pueden producir cuando la cadena se desliza sobre la superficie (FAO, 2023, párr. 7).

- **Calzado:** el calzado protector de goma con un forro resistente al corte en la parte superior de la bota y punteras metálicas puede proteger de los cortes con motosierra y otros peligros. Sin embargo, las botas de goma no son cómodas en los climas cálidos, por lo que se pueden utilizar botas de piel o calzado por el tobillo con forros y punteras resistentes a los cortes. Las botas y los zapatos deben diseñarse además para reducir el riesgo de resbalarse y caerse, y puede ser necesario utilizar suelas resistentes a productos químicos, especialmente para las operaciones forestales que impliquen la aplicación de plaguicidas (FAO, 2023, párr. 8).

- **Casco:** los cascos protegen contra la caída de objetos y el retroceso de la motosierra. Deben ser cómodos y lo más ligeros posible sin que ello altere su resistencia y durabilidad. La resistencia de los cascos de plástico y aleación disminuye en el curso del tiempo, y, por lo tanto, deben reemplazarse periódicamente. Las bandas para la cabeza se deben ajustar correctamente. Los cascos deben llevar un dispositivo que permita acoplar viseras y orejeras (FAO, 2023, párr. 9).

- **Accesorios:** los accesorios que se acoplan a los cascos para proteger la cara y los ojos consisten normalmente en una malla de aluminio o de fibra de vidrio. Si bien la malla reduce la luz que entra, la mayoría de los operadores la prefieren a los protectores y las gafas de metacrilato que se empañan fácilmente. Los protectores auditivos deben estar certificados y ajustarse firmemente a la cabeza (FAO, 2023, párr. 10).

2.12 Personal capacitado

Los operadores con profesión de maquinista forestal supervisan y manejan los equipos utilizados en las obras para la construcción o el mantenimiento de diversas estructuras. Estas máquinas de construcción incluyen tractores, excavadoras, retroexcavadoras, cargadoras, rodillos e incluso carretillas elevadoras. Las características de la maquinaria dependen del tipo de vegetación a eliminar y de la zona en la que se realice el trabajo. Como todas las máquinas autopropulsadas,

existe el riesgo de que se detenga repentinamente si se pierde el control de la máquina, por ello es necesaria una capacitación (GRUPO FORMA-T, 2022, pág. 1).

2.12.1 Operador de maquinaria forestal

Los operadores con esta profesión trabajan, manejan, controlan y mantienen uno o varios tipos de maquinaria y equipos utilizados en la agricultura y la silvicultura. Manejan equipos, maquinaria y herramientas para la captura y plantación de animales y plantas, el mantenimiento y la mejora de los hábitats de acuerdo con las normas de calidad y económicas y de conformidad con la legislación pertinente, como la normativa sobre protección del medio ambiente y prevención de riesgos laborales (GRUPO FORMA-T, 2022, pág. 1).

2.12.2 Funciones principales de un maquinista forestal

Los operadores con profesión manejan cosechadoras, desbrozadoras, cultivadoras, segadoras, tractores y sus implementos. El técnico debe ser capaz de manejar la maquinaria y realizar las comprobaciones y el mantenimiento básico. Para ello es necesario mantenerse capacitado ante los cambios que puedan presentarse (GRUPO FORMA-T, 2022, pág. 1).

2.12.3 Perfil del candidato para maquinista forestal

Los operadores con profesión requieren las siguientes habilidades y competencias:

- Capacidad para manejar la maquinaria y las herramientas,
- Buen conocimiento del campo,
- Iniciativa,
- Capacidad para manejar herramientas y equipos,
- Buen criterio, buena ética de trabajo, buenos conocimientos e impresionante capacidad de organización.
- Atención al detalle,
- Capacidad para trabajar en equipo,
- Capacidad para trabajar de forma independiente,
- Interés por las zonas rurales y la agricultura (GRUPO FORMA-T, 2022, pág. 1).

2.12.4 Labores diarias de un maquinista forestal

A un operador con profesión de maquinista le compete:

- Herramientas y maquinaria de tala y limpieza,
- Aplicación de fertilizantes y uso de pesticidas e insecticidas,
- Asistencia en la cosecha,
- Capacidad de recibir instrucciones y trabajar con supervisión,
- Capacidad para trabajar de forma independiente,
- Uso de tractores,
- Capacidad para conducir un vehículo,
- Mantenimiento y reparación de diversa maquinaria agrícola, forestal y hortícola,
- Siembra, plantación, conformación y cosecha de cultivos,
- Trabajo en equipo,
- Utilización de maquinaria para la siembra, el cultivo y la cosecha (GRUPO FORMA-T, 2022, pág. 1).

2.12.5 Habilidades del operador forestal

- Cortar árboles en trozos,
- Seleccionar los árboles que se van a cortar,
- Determinar la cantidad de madera obtenida de los árboles cortados,
- Mantenimiento regular de la maquinaria de tala,
- Métodos de tala seleccionados,
- Análisis cualitativo de los árboles talados,
- Tala de árboles,
- Pulverización de plaguicidas (GRUPO FORMA-T, 2022, pág. 1).

2.12.6 Campo laboral de un maquinista forestal

Por cuenta ajena o propia, en una empresa pública o privada de cualquier tamaño, especializada en la gestión, restauración y explotación del medio terrestre y de la fauna silvestre y en la organización, control y gestión de dichas actividades cinegéticas, con responsabilidades funcionales y jerárquicas de gestión y con capacidad para supervisar al personal de los niveles inferiores de la empresa, según sea necesario. Esto también se aplica al sector agrícola y forestal.

Empresas dedicadas al estudio, la planificación y la gestión de los hábitats naturales. El campo laboral para los operadores con profesión de maquinista forestal es realmente amplio y con excelente remuneración económica, pero debes mantener una capacitación para ejercer de manera eficiente (GRUPO FORMA-T, 2022, pág. 1).

2.13 Ergonomía forestal

La ergonomía es la ciencia que estudia la eficiencia de las personas en su ambiente laboral. Su implementación ha sido relativamente limitada en países en desarrollo. Las causas de esta situación están relacionadas tanto con la falta de recursos humanos y financieros, como también, en el caso de la ergonomía forestal, con el reducido prestigio de trabajo forestal y la consideración generalizada, que la capacitación en este campo significa un gasto en vez de una inversión provechosa. Es uno de los elementos esenciales de las estrategias hacia la reducción de costos asociados con el tiempo muerto de maquinarias, capacidad de procesamiento subóptima y la subutilización como también sobreexplotación de recursos forestales y los problemas asociados (FAO, 1993, pág. 1).

2.14 Medición de tiempos

Se realiza un estudio detallado de cómo se distribuye el tiempo en las distintas actividades que forman parte del ciclo de trabajo, incluyendo también el tiempo que se usa en eventos, retrasos, pausas, etc. Con el estudio de tiempos se puede valorar el rendimiento de la mano de obra y maquinaria empleados en las tareas (Wagner, 2006, pág. 4).

El estudio de tiempos garantiza la información necesaria para la buena toma de decisiones en la planificación y ejecución de las actividades, con la intención de realizar correcciones y mejorar los resultados. El camino para alcanzar los rendimientos esperados, minimizar costos y la calidad de procesos y productos son las evaluaciones operativas, la mejora y el desarrollo de equipos y sistemas para que se adapten a la realidad que enfrenta cada empresa (Soares, 2010, pág.30).

2.14.1 Tiempo productivo

Corresponde a la suma de los tiempos parciales de los elementos productivos del ciclo de trabajo de los subsistemas, excluyendo las demoras y se expresa en minutos u horas productivas (Cardemil, 2007, pág. 4).

2.14.2 Tiempo improductivo

Corresponde a tiempos ocasionales, ya sea indirectamente productivos o tiempos muertos. Además, estos se pueden clasificar en tres grupos: operacionales, mecánicas y personales. Estos tiempos son indispensables para el cálculo de productividades (Cardemil, 2007, pág. 4).

2.14.3 Nomenclatura

- **TT (tiempo total):** es el tiempo total del período considerado en estudio, involucra la suma del tiempo trabajado y del tiempo no trabajado (Márquez, 2020, pág. 13).
- **TTr (tiempo trabajado):** tiempo en que se realizan tareas que directa o indirectamente están involucradas en completar un objetivo (Márquez, 2020, pág. 13).
- **TPrep (tiempo de preparación):** se emplea para la preparación de las máquinas y las condiciones de la zona de trabajo de un sitio (Márquez, 2020, pág. 14).
- **TMant (tiempo de mantenimiento):** se emplea para reparar la degradación progresiva de las herramientas y maquinaria, constituyendo una interrupción cíclica, como por ejemplo el mantenimiento normal de las piezas y maquinaria, la espera a un mecánico de mantenimiento, el transporte de la maquinaria para una revisión periódica, la comprobación diaria del funcionamiento del equipo (Márquez, 2020, pág. 15).
- **TNT (tiempo no trabajado):** tiempo en que no se realizan tareas directas ni auxiliares que contribuyan a la consecución de los objetivos de trabajo (Márquez, 2020, pág. 16).

- **TDT (tiempo de retardo relacionado con el trabajo):** es parte del tiempo no trabajado relacionado con la organización del trabajo y se encuentra los tiempos de descanso y alimentación (Márquez, 2020, pág. 16).

2.15 Tipos de cronometraje

Llanga (2011, pág. 10) describe que los tipos varían según las necesidades de precisión y el objetivo del estudio. Algunos de ellos se describen a continuación:

2.15.1 Control por producción

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 (Llanga, 2011, pág. 10).

2.15.2 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 (Llanga, 2011, pág. 10).

2.15.3 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 máquina 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 (Llanga, 2011, pág. 10).

2.15.4 Cronometraje de vuelta a cero

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 se puede anotar el tiempo (Llanga, 2011, pág. 10).

2.15.5 Cronometraje continuo

Registra el tiempo total empleado en cada operación realizada de forma secuencial. El registro se hace sobre unas libretas electrónicas o PDA's indicando el final de cada operación elemental y registrando los parámetros explicativos (Llanga, 2011, pág. 11).

2.16 Costos de la producción forestal

2.16.1 Costos de la cosecha

Los costos del aprovechamiento forestal varían dependiendo del área que se va a cosechar, el grado de mecanización, factores variables de los árboles, condiciones topográficas y la organización del trabajo. Según Gonçalves et al. (2018, pág. 7) el costo de producción es igual al costo operacional sobre el rendimiento de la cosecha.

2.16.2 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 (Llanga, 2011, pág. 18).

2.16.2.1 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 (Llanga, 2011, pág. 18).

2.16.2.2 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 número de 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% (Llanga, 2011, pág. 19).

2.16.2.3 Accesorios

Estos costos se suelen calcular de manera independiente debido a que los accesorios de las máquinas 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 (Llanga, 2011, pág. 19).

2.16.3 Costo 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 por el número de horas de utilización de la máquina al cabo del año. 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. 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 (Llanga, 2011, pág. 19-20).

2.17 Herramientas estadísticas

2.17.1 Prueba T-student

Permite decidir si dos variables aleatorias normales y con la misma varianza tienen medias diferentes. Puede aplicarse en numerosos contextos, para comprobar si la modificación en las condiciones de un proceso esencialmente aleatorio produce una elevación o disminución de la media poblacional. Opera decidiendo si una diferencia en la media muestral entre dos muestras es estadísticamente significativa, y poder afirmar que las dos muestras corresponden a

distribuciones de probabilidad de media poblacional distinta, o afirmar que la diferencia de medias puede deberse a oscilaciones estadísticas al azar (Olea, 2016, pág. 2).

2.17.1.1 Condiciones de aplicación

Las condiciones de aplicación de la prueba t para comparar dos medias son:

- Normalidad o $n > 30$ en cada grupo,
- Homogeneidad de varianzas (Olea, 2016, pág. 3).

2.17.2 Normalidad

La variable dependiente ha de ser cuantitativa y seguir una distribución normal. Para comprobarlo realizamos los siguientes pasos:

- Cuando tanto n_1 como n_2 son mayores o iguales que 30 se puede presumir que la aproximación a la normal será buena,
- Pero se debe comprobar la normalidad de la variable dependiente si la muestra no es muy grande (menores de 30) (Olea, 2016, pág. 3).

2.17.3 Homogeneidad de varianzas

Comprobar que las varianzas de ambos grupos son iguales. La prueba F para la homogeneidad de varianzas mostrara la existencia o no de diferencias significativas entre las varianzas. Se calcula el cociente entre las varianzas de ambos grupos. Si $p > 0,10$, entonces podrá asumirse que las varianzas son homogéneas (Olea, 2016, pág. 5).

2.18 Prueba U de Mann-Whitney

Para ilustrar el uso de las pruebas no paramétricas, se usará la prueba equivalente a la prueba t para dos muestras. Esta prueba es la más poderosa de las pruebas no paramétricas de dos muestras. Cuando se puede aplicar esta prueba o la t, la prueba U tiene alrededor del 95% de poder de t (Paton et al., 1994, pág. 77).

La prueba de Mann-Whitney se usa para comprobar la heterogeneidad de dos muestras ordinales. El planteamiento de partida es: 1. Las observaciones de ambos grupos son independientes. 2. Las observaciones son variables ordinales o continuas. 3. Bajo la hipótesis nula, las distribuciones de partida de ambas distribuciones es la misma. 4. Bajo la hipótesis alternativa, los valores de una de las muestras tienden a exceder a los de la otra: $P(X > Y) + 0.05$ $P(X = Y) > 0.05$ (EIDEC, 2019, págs. 15-16).

Para calcular el estadístico U se asigna a cada uno de los valores de las dos muestras su rango para construir (EIDEC, 2019, pág. 16).

$$U1 = n1n2 + \frac{n1(n1 + 1)}{2} - R1$$

$$U2 = n1n2 + \frac{n2(n2 + 1)}{2} - R2$$

Donde n1 y n2 en cada muestra representan los tamaños correspondientes; R1 y R2 es la sumatoria de los rangos de las observaciones presentes en las muestras 1 y 2 respectivamente (EIDEC, 2019, pág. 16).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

Existe una base de datos con información sobre variables como altura, DAP, volumen y también se tomaron en cuenta mediciones de tiempo, costo y rendimiento en las actividades que pertenecen a cada método por lo tanto hace referencia a un enfoque cuantitativo con correlación. Los datos del estudio son observables y medibles utilizando diferentes equipos para la correcta recopilación de datos para el desarrollo de este trabajo.

3.2 Alcance

El presente estudio permitirá que se tome las mejores decisiones en cuanto al mejor método que la empresa puede desarrollar para obtener resultados sobresalientes.

3.3 Diseño de la investigación

3.3.1 Según la manipulación o no de la variable independiente

Pertenece al diseño experimental de tipo correlacional porque se realizó la descripción de variables como el tiempo, rendimiento y costos de cada método dentro de la cosecha mecanizada, y se realiza la comparación de los resultados entre los dos métodos de cosecha.

3.3.2 Según la intervención en el trabajo de campo

La investigación se ajustó al trabajo de campo que se realizó en diferentes fechas con el propósito de que los valores obtenidos sean representativos y de acuerdo con cada tipo de método analizado en la cosecha mecanizada. Por lo tanto, concierne a un estudio longitudinal.

3.4 Tipo de estudio

Corresponde a una investigación de campo por el proceso sistemático que se sostiene en la toma de datos directamente de las cosechas que se realiza en las plantaciones de la empresa NOVOPAN S.A. donde dichos datos e información para evaluar los rendimientos y costos son reales.

3.5 Tamaño de la muestra

Para estimar el número de ciclos de trabajo necesarios en la presente investigación y alcanzar un error de muestreo del 5% con una confiabilidad del 95% en cada actividad de los dos métodos de la cosecha mecanizada, se aplicó la siguiente expresión recomendado por Barnes en 1968 citado por Nájera (2010, pág. 53).

$$n = \frac{t^2 \times CV^2}{E^2}$$

Donde:

N= Número de observaciones que se necesitan para estimar el rendimiento en los ciclos de trabajo,

t= Valor de t, para un nivel de probabilidad deseado (n-1) grados de libertad,

CV= Coeficiente de variación en porcentaje,

E= Error de muestreo, expresado en porcentaje Nájera (2010, pág. 53).

3.6 Caracterización del lugar

3.6.1 Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el patrimonio forestal de la empresa Novopan del Ecuador S.A. ubicada en la provincia de Los Ríos, cantón Buena Fe, Hacienda “La Esperanza” en las coordenadas 0°40’31.9”S 79°29’22.8”W.

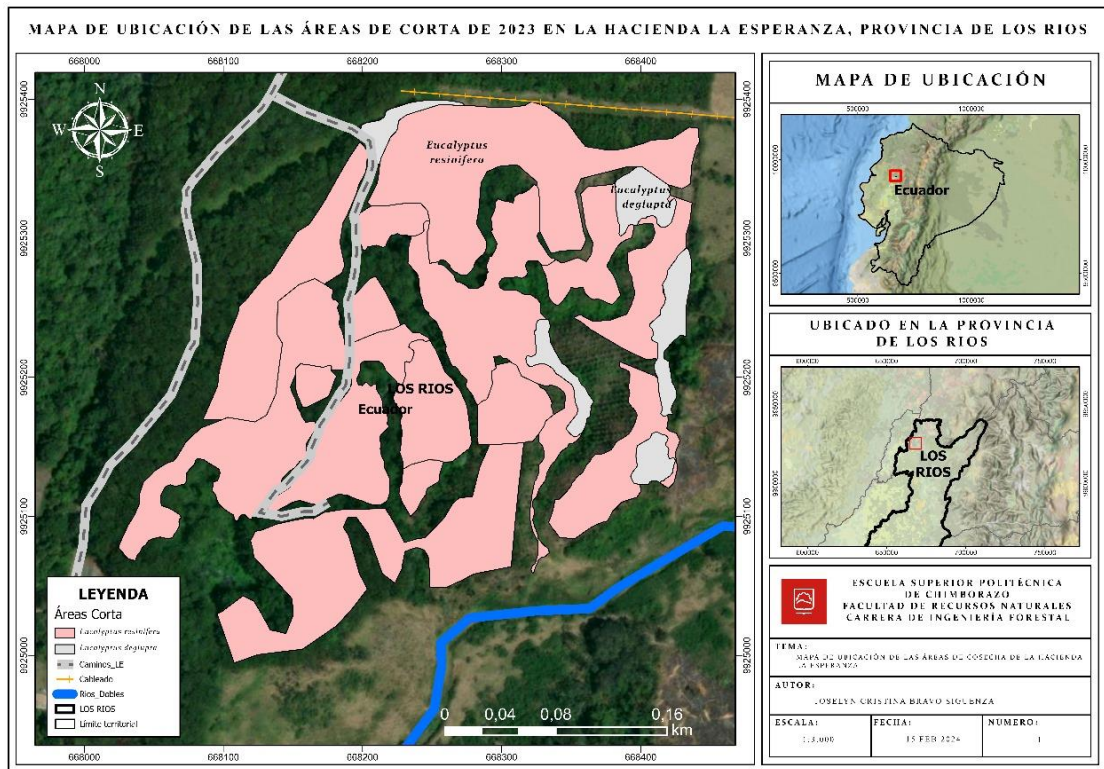


Ilustración 3-1: Ubicación del lugar de estudio

Realizado por: Bravo Joselyn, 2023

3.6.2 Características climáticas

Buena Fe, se localiza al centro-norte de la región litoral del Ecuador, es la cuarta urbe más grande y poblada de la provincia de Los Ríos, tiene una altitud que oscila entre 95 – 113 msnm., en el cantón Buena Fe y en Patricia Pilar oscila entre 170 – 196 msnm., y un clima lluvioso tropical de 27°C en promedio, tiene una población proyectada 2022 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo de 74.410 habitantes (Alcaldía Ciudadana de Buena Fe, 2023, párr. 6).

3.6.3 Aspectos generales del lugar

Se elaboró la Tabla 3-1 con el fin de que se conozca importantes aspectos y componentes que están presentes en la zona de estudio.

Tabla 3-1: Aspectos generales del lugar

Componente	Descripción
Relieve	Gran parte de territorio se conforma por colinas mediana que van de 124 metros hasta los 300 metros de altura. Los relieves brindan la belleza escénica en el lugar.
Geología	Su suelo tiene potencial para explotación minera ya que existe varios tipos con características diferentes como suelos finos, medios y gruesos.
Suelos	Sirven para la producción agrícola al ser un suelo con características favorables y también para las actividades forestales.
Temperatura	Presenta un clima tropical, semi húmedo con temperaturas que van desde los 24 a los 26°C.
Precipitación	Los promedios anuales por el relieve, la topografía y el clima se obtiene valores entre los 1600 mm a 2400 mm.
Agua	Tiene la presencia de la cuenca del Río Babahoyo con los ríos Sibimbe y Zapotal. Además de esteros de agua dulce que beneficia a los cultivos.

Fuente: Chillagana Marco, 2023.

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024.

3.6.4 Clasificación ecológica

De acuerdo con la clasificación de ecosistemas realizada por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, las plantaciones de Eucalipto de la empresa NOVOPAN se ubican en el ecosistema denominado Bosque siempreverde no inundado de terrazas y de la llanura aluvial de la Costa por encontrarse en el sector Biogeográfico del Chocó Ecuatorial que se presentan en las provincias de Esmeraldas, Manabí y Los Ríos. Se forma de tierras bajas y suelos con buena drenación en el noroeste de Ecuador, con clima húmedo pluvistacional (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012, pág. 22).

3.7 Materiales

3.7.1 Materiales de campo

Aplicación Android “Multi Timer”, calculadora Casio Fx-82es Plus, clinómetro Suunto, contador manual Pretul, flexómetro, forcípula Haglöf Blue 800mm, libreta, lápiz.

3.7.2 *Materiales de oficina*

Computadora Dell, programa Excel, software IBM SPSS, software InfoStat 2020.

3.8 Metodología

Se recolectaron datos que correspondían al rendimiento de la máquina y los costos de la cosecha para los dos métodos utilizados y así poder cumplir con los objetivos propuestos.

3.8.1 *Para cumplir con el primer objetivo: Comparar la productividad del Harvester entre los dos métodos (medio ciclo y ciclo completo).*

3.8.1.1 *Ubicación y reconocimiento de las plantaciones y la maquinaria*

- El encargado de las plantaciones establecidas en la hacienda La Esperanza dirigió el recorrido para la ubicación y reconocimiento de las plantaciones para registrar las coordenadas del área en estudio y delimitar su extensión.
- Con el manual de operaciones del Harvester se visualizó las partes que componen la máquina y sus movimientos antes de iniciar con la cosecha. Se observó el movimiento de cabezal, las partes que realizan el corte y el desplazamiento por medio de un bastidor de oruga (ANEXO A).

3.8.1.2 *Cálculo de volumen*

- Usando el clinómetro Suunto y la forcípula (ANEXO B) se obtuvo los datos relacionados con la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) respectivamente de los ejemplares que conformaban la plantación de Eucalipto para posteriormente calcular el volumen de cada cosecha.
- Los datos de las variables dasométricas (altura y DAP) recolectadas se pasaron a Excel para realizar el cálculo del volumen de cada árbol cosechado. Se creó una tabla que contiene número de árbol, DAP en centímetros, DAP en metros, altura en metros, factor de forma y volumen en metros cúbicos (ANEXO C).

3.8.1.3 *Métodos en la cosecha mecanizada*

- El método de cosecha de medio ciclo se dividió en las siguientes actividades para el primer proceso:
 - Traslado
 - Corte
 - Apilado

Y el segundo proceso con las siguientes actividades:

- Desrame
 - Troceado
 - Apilado
-
- El segundo método de cosecha de ciclo completo se dividió en las siguientes actividades (ANEXO D):
 - Traslado
 - Corte
 - Desrame
 - Troceado
 - Apilado

3.8.1.4 *Cronometraje de la maquinaria*

En el cronometraje de la maquinaria en relación con los dos métodos utilizados se tomaron en cuenta el tiempo que se demora en cumplir con cada actividad, el tiempo en el que culmina un ciclo, los tiempos paros cuando se realiza mantenimiento y cambios en la maquinaria utilizando la aplicación “Multi Timer” (ANEXO E). Este proceso se realizó en un intervalo general de 8 horas que trabaja el operador de la máquina diariamente.

- Se diseñó un formato para colocar los tiempos cronometrados de la máquina. El formato abarcaba apartados que indicaban el horario, el número de árboles cortados en cada hora, el proceso realizado, el tiempo que tardaba la máquina en culminar con el ciclo en cada

hora (ANEXO F). Todo esto desarrollado en un horario de 8 am a 5pm con descanso de 12pm a 1pm.

- Para los dos métodos se indican las actividades de traslado, corte, desrame, troceado y apilado.
- En una nueva tabla creada en Excel señala el número de árbol, DAP en metros, volumen en metros cúbicos y los procesos dependiendo del método que se tomó en cuenta (ANEXO G). El tiempo que corresponde al cronometraje se presenta en un formato general tomando en cuenta que es en minutos.

3.8.1.5 Tipos de cronometraje utilizados

- **Cronometraje de vuelta a cero**

Este tipo de cronometraje se utilizó para registrar los tiempos de cada actividad es decir del traslado, corte, desrame, troceado y apilado.

- **Cronometraje continuo**

Se tomó en cuenta este tipo de cronometraje cada que la máquina completaba un ciclo y con el contador manual se llevaba el registro del número de árboles que se cortaban en cada hora de trabajo.

- **Cronometraje discontinuo**

Se registró el tiempo que la máquina paraba para realizar mantenimiento, cambio de combustible, cambio de piezas, descansos o imprevistos.

3.8.1.6 Rendimientos

Con los datos del tiempo y altura de los árboles fue posible obtener los rendimientos en metros cúbicos por hora de trabajo en cada actividad de los métodos estudiados en el aprovechamiento forestal utilizando la siguiente ecuación indicada por López (2005) citado por Nájera (2010, pág. 55) modificada para este trabajo de segundos a minutos.

$$R(m^3min^{-1}) = \frac{v}{t}$$

Donde:

$R(m^3min^{-1})$ = Rendimiento expresado en metros cúbicos por hora de trabajo

v = Volumen unitario del fuste (m^3)

t = Tiempo de trabajo (min)

3.8.1.7 *Análisis estadístico*

Con la ayuda del software Infostat 2020, programa para análisis estadístico de aplicación general, se obtuvo resultados de media, desviación estándar, mínimo y máximo dependiendo de cada variable en estudio y en función al rendimiento y tiempo total. Por lo tanto, se puede conocer los valores favorables en cada tipo de método utilizado en la cosecha mecanizada forestal.

Además del empleo del software SPSS que es un apoyo en la estadística por su capacidad para funcionar con valores amplios para obtener resultados en supuestos de normalidad y la prueba de Mann-Whitney.

3.8.2 *Para cumplir con el segundo objetivo: Determinar los costos de producción de la cosecha en los dos métodos (medio ciclo y ciclo completo).*

3.8.2.1 *Formato de costos*

- Se creó un nuevo formato que presenta los gastos en mantenimiento, piezas y combustible que se utiliza diariamente (ANEXO H).
- Con la ayuda de una tabla diaria de despacho de combustible de la empresa, obtuvimos información sobre el combustible que se utiliza en cada día de trabajo y el costo por galón para obtener una cifra total de consumo diario, semanal y mensual.
- De acuerdo con el personal correspondiente al mantenimiento de la máquina se consiguió los costos de egreso de la empresa en cuanto a mantenimiento de la máquina y el costo de los repuestos que se reemplazan.

- Como parte de los costos de egreso que presenta la empresa se incluyó el salario del operador de la máquina.
- Se calculó el total del costo de producción por cada metro cúbico en cada método utilizado en la cosecha y se aplicó la siguiente ecuación para calcular el costo de producción que sugiere Gonçalves (2018) citado por Chillagana (2023, pág. 18).

$$CPr = \frac{CT}{Prod}$$

Donde:

CPr = Costo de producción (\$/m³)

CT = Costo operacional (\$/mes)

Prod = Productividad de la cosecha (m³/mes)

- Conforme a los autores Altamar y Cantero (2019, pág. 65) la relación costo/beneficio es la división de los ingresos totales netos y los costos totales de inversión. Para este estudio se modificó la ecuación presentándose de la siguiente manera:

$$RB/C = \frac{Ingresos}{Gasto\ operacional}$$

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Actividades presentes en los métodos de la cosecha mecanizada

La cosecha que se ejecuta en las plantaciones de la empresa NOVOPAN del Ecuador S.A. consta de actividades que se describe en la Tabla 4-1.

En esta tabla se establece la maquinaria, los métodos estudiados en este trabajo y las actividades que corresponden. Los tiempos promedios de cada actividad no emplean los entretiempos como accidentes, cambio de repuestos, mantenimiento, entre otras acciones.

Tabla 4-1: Métodos de la cosecha mecanizada forestal

MAQUINARIA	MÉTODO	ACTIVIDADES	TIEMPO (minutos)	TOTAL (minutos)
HARVESTER PC 250	Medio Ciclo	Traslado	40	114,40
		Corte	0,4	
		Apilado	44	
		Desrame	13	
		Troceado	17	
	Ciclo Completo	Traslado	23	78,40
		Corte	0,4	
		Apilado	25	
		Desrame	13	
		Troceado	17	

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

En el primer método el traslado y el apilado tardan más en comparación con el segundo método esto a causa de que utilizan más tiempo para movilizarse al lugar del apilado y luego continuar hasta culminar con el ciclo. El desrame y el troceado se realiza en el mismo sitio del apilado creando paquetes de entre 25 a 30 trozas que están troceadas a 2,50 metros de longitud, administrando así con eficiencia el tiempo.

4.2 Tamaño de la muestra

En la Tabla 4-2 se presenta el número de ciclos de trabajo que se estimó para el primer método de medio ciclo y en la Tabla 4-3 la estimación para el segundo método de ciclo completo. La sección de ciclos requeridos indica los datos o ciclos necesarios para estimar a un 95% de probabilidad y 5% de error de acuerdo con la teoría del muestreo, señalando que el error de muestreo en las tablas es menor del 5% por lo tanto los valores estimados son correctos.

Tabla 4-2: Ciclos de trabajo requeridos y colectados en las actividades del primer método de medio ciclo de la cosecha forestal mecanizada

CICLO DE TRABAJO	CICLOS REQUERIDOS (n)	CICLOS COLECTADOS (n)	ERROR DE MUESTREO (%)
Traslado	529	1461	3,008
Corte	101	1461	1,315
Apilado	526	1461	3,001
Desrame	168	1461	1,695
Troceado	110	1461	1,371

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

Tabla 4-3: Ciclos de trabajo requeridos y colectados en las actividades del segundo método de ciclo completo de la cosecha forestal mecanizada

CICLO DE TRABAJO	CICLOS REQUERIDOS (n)	CICLOS COLECTADOS (n)	ERROR DE MUESTREO (%)
Traslado	358	1525	2,421
Corte	72	1525	1,083
Apilado	642	1525	3,245
Desrame	80	1525	1,142
Troceado	110	1525	1,344

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

4.3 Tiempos y rendimientos generales

4.3.1 Primer método: medio ciclo

- **VARIABLES**

Tabla 4-4: Variables del primer método

Tipo de ciclo	Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
Medio ciclo	Altura (m)	1461	13,65	1,63	10,00	17,00
Medio ciclo	DAP (cm)	1461	13,02	3,00	5,70	23,00
Medio ciclo	Volumen (m ³)	1461	0,11	0,06	0,01	0,40

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

La Tabla 4-4 nos muestra que, en el método de medio ciclo se registró los datos de 1461 árboles en los que se tomó en cuenta las siguientes variables:

- La variable altura medida en metros se presentó en la plantación con una medida mínima de 10 metros y una medida máxima de 17 metros indicando así una media de 13,65 metros de altura.
- En el diámetro a la altura del pecho (DAP) medido en centímetros se mostraron datos mínimos de 5,70 cm y una medida máxima de 23 cm en toda la plantación estudiada.
- El volumen mínimo que se presentó fue de 0,01 m³ y el dato máximo en volumen fue de 0,40 m³.

- **RENDIMIENTO Y TIEMPO TOTAL**

Tabla 4-5: Tiempo y rendimiento del primer método

Tipo de ciclo	Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
Medio ciclo	Tiempo total (min)	1461	1,19	0,37	0,50	3,52
Medio ciclo	Rendimiento (m ³ min ⁻¹)	1461	0,10	0,05	0,01	0,30

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

En la Tabla 4-5 se presenta que el tiempo total en el primer método de estudio el valor mínimo es de 0,50 min mientras que el valor máximo es de 3,52 min indicando así una media de 1,19 min.

El rendimiento ($\text{m}^3/\text{min}^{-1}$) calculado de la cosecha de los 1461 árboles se revela que el dato mínimo fue de 0,01 y el máximo de 0,30 logrando una media de 0,10.

Diariamente se consigue un promedio de $54,48 \text{ m}^3 (\pm 4,50 \text{ m}^3)$ diarios y mensualmente un $1089,63 \text{ m}^3$ de madera en el primer método por los días hábiles que trabaja la empresa que consta de cinco días por cuatro semanas al mes con un total de 20 días de trabajo.

Con el método de medio ciclo se obtiene un ingreso para la empresa, multiplicando los metros cúbicos que se cosecha al mes por el costo del metro cúbico de la madera rolliza que es de 20 dólares, consiguiendo así un valor de 21792,64 dólares mensuales.

4.3.2 Segundo método: ciclo completo

- **VARIABLES**

Tabla 4-6: Variables del segundo método

Tipo de ciclo	Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
Ciclo completo	Altura (m)	1525	13,65	1,63	10,00	17,00
Ciclo completo	DAP (cm)	1525	13,03	3,01	5,70	23,00
Ciclo completo	Volumen (m^3)	1525	0,11	0,06	0,01	0,40

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

El ciclo completo formado de las actividades de traslado, corte, apilado, desrame y troceado se presenta en la Tabla 4-6 en la que se muestra los datos de 1525 árboles de las siguientes variables:

- La altura mínima en la plantación fue de 10 metros y una altura máxima de 17 metros con una media de 13,65 metros de altura.
- Con relación al diámetro a la altura del pecho (DAP) en la plantación la medida mínima fue de 5,70 cm y máxima de 23 cm.
- En el volumen mínimo se presentó un mínimo de $0,01 \text{ m}^3$ y un máximo de $0,40 \text{ m}^3$.

Se considera que los árboles no presentan gran diferencia en altura y DAP entre todos los ejemplares de la plantación.

- **Rendimiento y tiempo total**

Tabla 4-7: Tiempo y rendimiento del segundo método

Tipo de ciclo	Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
Ciclo completo	Tiempo total (min)	1525	0,81	0,28	0,35	1,53
Ciclo completo	Rendimiento (m ³ /min ⁻¹)	1525	0,13	0,05	0,03	0,32

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

El tiempo total en la cosecha de 1525 árboles se expone en la Tabla 4-7 que 0,35 min es el dato mínimo y 1,53 min el máximo con una media de 0,81 min.

El rendimiento (m³/min⁻¹) del segundo método presenta que el valor mínimo es de 0,03 y el valor máximo de 0,32 indicando una media de 0,13.

Al día se consigue un promedio diario para el segundo método de 57,16 m³ (± 4,90 m³) y al mes de 1143,18 m³ de madera por los días hábiles que trabaja la empresa de un total de 20 días de trabajo.

Con este método de cosecha mecanizada se obtendría un ingreso para la empresa multiplicando los metros cúbicos que se cosecha al mes por el costo del metro cúbico de la madera rolliza que es de 20 dólares, consiguiendo así un valor de 22863,51 dólares.

4.4 Comparación de variables

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron la media de la altura, el DAP y el volumen entre los dos métodos no varía, porque se presenta una media en altura de 13,65 m, media en DAP de 13,02 cm y media en volumen de 0,11 m³.

4.5 Comparación de rendimiento y tiempo total máximos

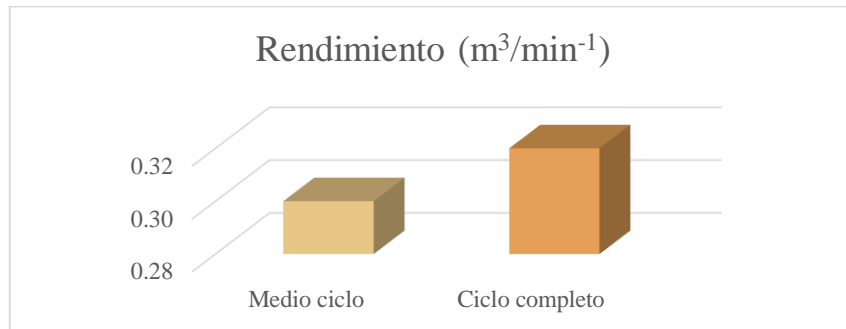


Ilustración 4-1: Rendimiento (m³/min⁻¹) entre los dos métodos

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

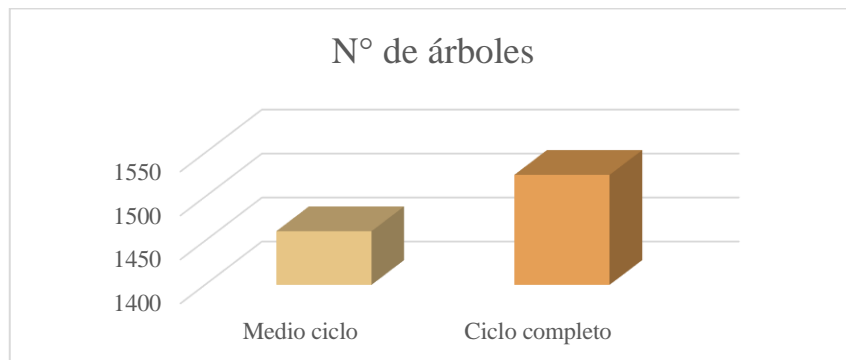


Ilustración 4-2: Cantidad de árboles cosechados entre los dos métodos

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

Existe variación de rendimiento entre los dos métodos obteniendo en el primer método un rendimiento de $0,30 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y en el segundo método de $0,32 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ (Ilustración 4-1) y se presenta variación en la cantidad de árboles cosechados en los tres días que se recolectaron los datos en este trabajo (Ilustración 4-2).

La variación en el tiempo total es de 3,52 min en el primer método y 1,53 min en el segundo método.

4.6 Comparación de promedio de cosecha e ingresos mensuales

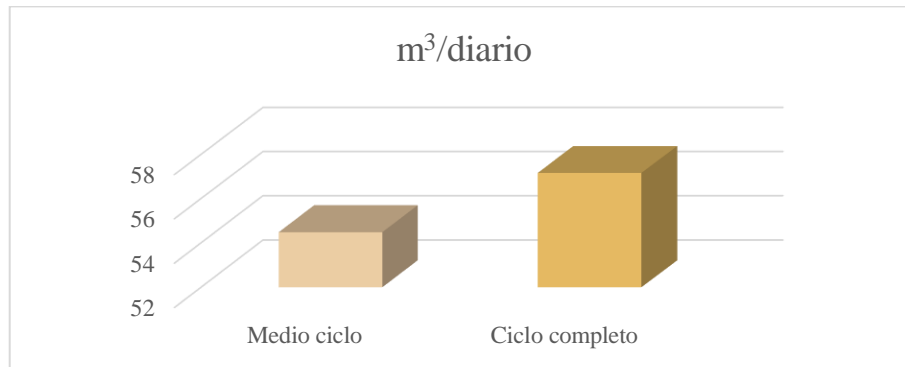


Ilustración 4-3: Cantidad de metros cúbicos cosechados diariamente entre los dos métodos

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

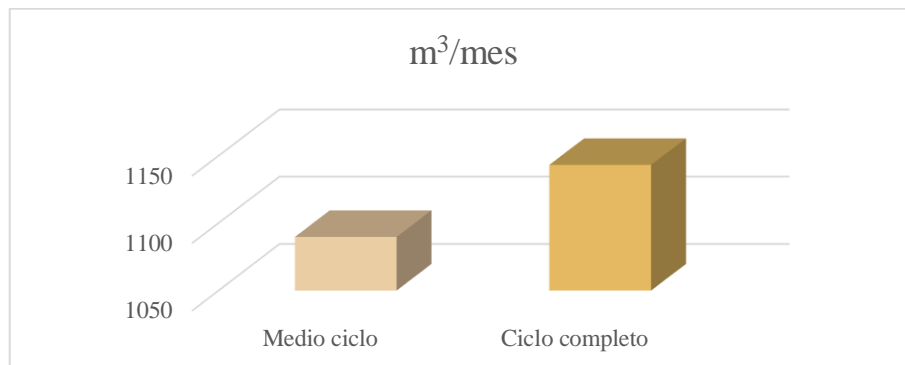


Ilustración 4-4: Cantidad de metros cúbicos cosechados al mes entre los dos métodos

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

El promedio diario de madera rolliza que se consigue en el primer método es de 54,48 m³ y 57,16 m³ en el segundo método (Ilustración 4-3); el promedio mensual del primer método es de 1089,63 m³ y de 1143,18 m³ para el segundo método (Ilustración 4-4).

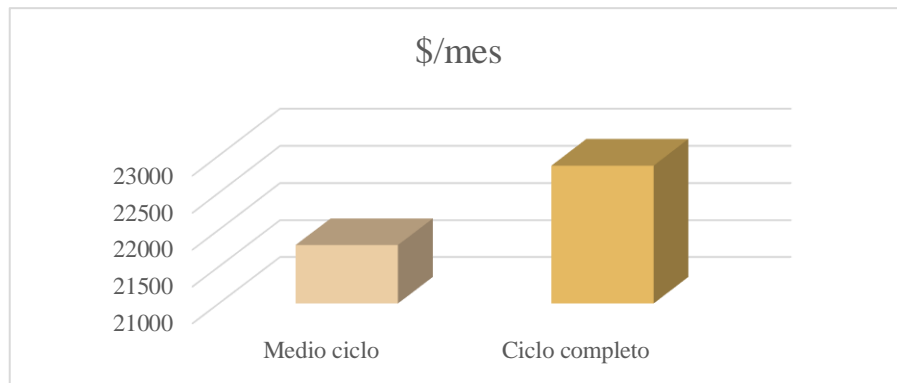


Ilustración 4-5: Ingresos mensuales entre los dos métodos

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

Cuando la empresa ejecuta el método de medio ciclo solo obtiene un ingreso de 21792,64 dólares al mes en comparación del segundo método que obtiene 22863,51 dólares mensuales (Ilustración 4-5).

4.7 Tiempos y rendimientos por categorías

4.7.1 Primer método: medio ciclo

Tabla 4-8: Tiempo y rendimiento por categoría de DAP (diámetro cm) en el primer método

Categoría	Suma de traslado (min)	Suma de corte (min)	Suma de apilado (min)	Suma de desrame (min)	Suma de troceado (min)	Suma de rendimiento (m^3/min^{-1})	Suma de tiempo total (min)
5-10	83,96	7,98	87,51	23,73	24,43	7,86	227,61
10-15	335,18	32,80	379,70	101,07	134,93	73,12	983,68
15-20	150,46	14,63	163,38	66,03	81,73	56,17	476,24
20-25	14,87	1,34	12,12	7,47	9,08	7,45	44,88
Total general	584,47	56,75	642,71	198,30	250,18	144,61	1732,41

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

La categoría de DAP se explica en la Tabla 4-8 con la suma de los datos obtenidos en cada actividad del primer método, rendimiento y tiempo total.

- En la categoría de árboles con DAP de 5 cm a 10 cm se obtuvo resultados en el traslado de 83,96 min, en el corte con 7,98 min, en el apilado con 87,51 min; en el desrame con

23,73 min, y en el troceado con 24,43 min; el rendimiento fue de $7,86 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y un tiempo total de 227,61 min.

- En la categoría de árboles con DAP de 10 cm a 15 cm se obtuvo resultados en el traslado de 335,18 min, en el corte con 32,80 min, en el apilado con 379,70 min; en el desrame con 101,07 min, y en el troceado con 134,93 min; el rendimiento fue de $73,12 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y un tiempo total de 983,68 min.
- En la categoría de árboles con DAP de 15 cm a 20 cm se obtuvo resultados en el traslado de 150,46 min, en el corte con 14,63 min, en el apilado con 163,38 min; en el desrame con 66,03 min, y en el troceado con 81,73 min; el rendimiento fue de $56,17 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y un tiempo total de 476,24 min.
- En la categoría de árboles con DAP de 20 cm a 25 cm se obtuvo resultados en el traslado de 14,87 min, en el corte con 1,34 min, en el apilado con 12,12 min; en el desrame con 7,47 min, y en el troceado con 9,08 min; el rendimiento fue de $7,45 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y un tiempo total de 44,88 min.

En la actividad de traslado se ocupa mayor tiempo de 335,18 min en árboles con DAP de 10 cm a 15 cm y menor tiempo de 14,87 min en DAP de 20 cm a 25 cm. En la actividad de corte se utiliza mayor tiempo de 32,80 min en DAP de 10 cm a 15 cm y menor tiempo de 1,34 min en árboles con DAP de 20 cm a 25 cm. En la actividad de apilado el DAP de 10 cm a 15 cm ocupan mayor tiempo de 379,70 min y menor tiempo en DAP de 20 cm a 25 cm con 12,12 min. En el desrame se utiliza mayor tiempo de 101,07 min en DAP de 10 cm a 15 cm y menor tiempo de 7,47 min en DAP de 20 cm a 25 cm. En la actividad de troceado se ocupa mayor tiempo de 134,93 min en DAP de 10 cm a 15 cm y menor tiempo de 9,08 min en DAP de 20 cm a 25 cm. El rendimiento es mayor en DAP de 10 cm a 15 cm con $73,12 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y menor en DAP de $7,45 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$. El tiempo total mayor es de 983,68 min en DAP de 10 cm a 15 cm y el tiempo menor es de 44,88 min en DAP de 20 cm a 25 cm.

Se observa que en su mayoría los árboles con DAP de 10 cm a 15 cm presentan tiempos mayores y los árboles con DAP de 20 cm a 25 cm presentan tiempos menores debido a que existen mayor cantidad de ejemplares que pertenecen al DAP de 10 cm a 15 cm al interior de la plantación.

Tabla 4-9: Tiempo y rendimiento por categoría de altura (m) en el primer método

Categoría	Suma de traslado (min)	Suma de corte (min)	Suma de apilado (min)	Suma de desrame (min)	Suma de troceado (min)	Suma de rendimiento (m³/min⁻¹)	Suma de tiempo total (min)
10-11	54,27	5,18	54,21	14,88	14,80	4,37	143,34
12-13	101,71	9,58	110,09	29,15	33,90	12,53	284,44
14-15	401,66	39,53	454,98	140,80	184,97	114,36	1221,94
16-17	26,83	2,46	23,42	13,47	16,52	13,35	82,70
Total general	584,47	56,75	642,71	198,30	250,18	144,61	1732,41

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

La categoría de altura se explica en la Tabla 4-9 con la suma de los datos obtenidos en cada actividad del primer método, rendimiento y tiempo total.

- En la categoría de árboles con altura de 10 m a 11 m se obtuvo resultados en el traslado de 54,27 min, en el corte con 5,18 min, en el apilado con 54,21 min, en el desrame con 14,88 min y en el troceado con 14,80 min; el rendimiento fue de 4,37 m³/min⁻¹ y un tiempo total de 143,34 min.
- En la categoría de árboles con altura de 12 m a 13 m se obtuvo resultados en el traslado de 101,71 min, en el corte con 9,58 min, en el apilado con 110,09 min, en el desrame con 29,15 min y en el troceado con 33,90 min; el rendimiento fue de 12,53 m³/min⁻¹ y un tiempo total de 284,44 min.
- En la categoría de árboles con altura de 14 m a 15 m se obtuvo resultados en el traslado de 401,66 min, en el corte con 39,53 min, en el apilado con 454,98 min, en el desrame con 140,80 min y en el troceado con 184,97 min; el rendimiento fue de 114,36 m³/min⁻¹ y un tiempo total de 1221,94 min.
- En la categoría de árboles con altura de 16 m a 17 m se obtuvo resultados en el traslado de 26,83 min, en el corte con 2,46 min, en el apilado con 23,42 min, en el desrame con 13,47 min y en el troceado con 16,52 min; el rendimiento fue de 13,35 m³/min⁻¹ y un tiempo total de 82,70 min.

En la actividad de traslado se ocupa mayor tiempo de 401,66 min en árboles con altura de 14 m a 15 m y menor tiempo de 26,83 min en altura de 16 m a 17 m. En la actividad de corte se utiliza mayor tiempo de 39,53 min en altura de 14 m a 15 m y menor tiempo de 2,46 min en árboles con altura de 16 m a 17 m. En la actividad de apilado la altura de 14 m a 15 m ocupan mayor tiempo de 454,98 min y menor tiempo en altura de 16 m a 17 m con 23,42 min. En el desrame se utiliza mayor tiempo de 140,80 min en altura de 14 m a 15 m y menor tiempo de 13,47 min en altura de 16 m a 17 m. En la actividad de troceado se ocupa mayor tiempo de 184,97 min en altura de 14 m a 15 m y menor tiempo de 16,52 min en altura de 16 m a 17 m. El rendimiento es mayor en altura de 14 m a 15 m con $114,36 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y menor en altura de 10 m a 11 m con $4,37 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$. El tiempo total mayor es de 1221,94 min en altura de 14 m a 15 m y el tiempo menor es de 82,70 min en altura de 16 m a 17 m.

Se distingue que en su mayoría los árboles con altura de 14 m a 15 m presentan tiempos mayores y los árboles con altura de 16 m a 17 m presentan tiempos menores debido a que existen mayor cantidad de ejemplares que pertenecen a la altura de 14 cm a 15 cm en el interior de la plantación.

4.7.2 Segundo método: ciclo completo

Tabla 4-10: Tiempo y rendimiento por categoría de DAP (diámetro cm) en el segundo método

Categoría	Suma de traslado (min)	Suma de corte (min)	Suma de apilado (min)	Suma de desrame (min)	Suma de troceado (min)	Suma de rendimiento ($\text{m}^3/\text{min}^{-1}$)	Suma de tiempo total (min)
5-10	36,68	6,62	32,20	24,60	25,37	14,74	125,47
10-15	171,42	30,97	174,53	103,82	139,73	118,42	620,47
15-20	128,20	16,10	150,57	65,12	86,40	64,15	446,38
20-25	9,08	1,10	18,20	6,05	9,38	8,26	43,82
Total general	345,38	54,78	375,50	199,58	260,88	205,57	1236,13

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

La Tabla 4-10 explica la categoría de DAP con la suma de los datos obtenidos en cada actividad del segundo método, rendimiento y tiempo total.

- La categoría de árboles con DAP de 5 cm a 10 cm tiene resultados en el traslado de 36,68 min, en el corte con 6,62 min, en el apilado con 32,20 min, en el desrame con 24,60 min,

y en el troceado con 25,37 min; el rendimiento fue de $14,74 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y un tiempo total de 125,47 min.

- La categoría de árboles con DAP de 10 cm a 15 cm tiene resultados en el traslado de 171,42 min, en el corte con 30,97 min, en el apilado con 174,53 min en el desrame con 103,82 min, y en el troceado con 139,73 min; el rendimiento fue de $118,42 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y un tiempo total de 620,47 min.
- La categoría de árboles con DAP de 15 cm a 20 cm tiene resultados en el traslado de 128,20 min, en el corte con 16,10 min, en el apilado con 150,57 min en el desrame con 65,12 min, y en el troceado con 86,40 min; el rendimiento fue de $64,15 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y un tiempo total de 446,38 min.
- La categoría de árboles con DAP de 20 cm a 25 cm tiene resultados en el traslado de 9,08 min, en el corte con 1,10 min, en el apilado con 18,20 min en el desrame con 6,05 min, y en el troceado con 9,38 min; el rendimiento fue de $8,26 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y un tiempo total de 43,82 min.

En la actividad de traslado se ocupa mayor tiempo de 171,42 min en árboles con DAP de 10 cm a 15 cm y menor tiempo de 9,08 min en DAP de 20 cm a 25 cm. En la actividad de corte se utiliza mayor tiempo de 30,97 min en DAP de 10 cm a 15 cm y menor tiempo de 1,10 min en árboles con DAP de 20 cm a 25 cm. En la actividad de apilado el DAP de 10 cm a 15 cm ocupan mayor tiempo de 174,53 min y menor tiempo en DAP de 20 cm a 25 cm con 18,20 min. En el desrame se utiliza mayor tiempo de 103,82 min en DAP de 10 cm a 15 cm y menor tiempo de 6,05 min en DAP de 20 cm a 25 cm. En la actividad de troceado se ocupa mayor tiempo de 139,73 min en DAP de 10 cm a 15 cm y menor tiempo de 9,38 min en DAP de 20 cm a 25 cm. El rendimiento es mayor en DAP de 10 cm a 15 cm con $118,42 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y menor en DAP 20 cm a 25 cm de $\text{m}^3/\text{min}^{-1}$. El tiempo total mayor es de 620,47 min en DAP de 10 cm a 15 cm y el tiempo menor es de 43,82 min en DAP de 20 cm a 25 cm.

Se observa que en su mayoría los árboles con DAP de 10 cm a 15 cm presentan tiempos mayores y los árboles con DAP de 20 cm a 25 cm presentan tiempos menores debido a que existen mayor cantidad de ejemplares que pertenecen al DAP de 10 cm a 15 cm al interior de la plantación.

Tabla 4-11: Tiempo y rendimiento por categoría de altura (m) en el segundo método

Categoría	Suma de traslado (min)	Suma de corte (min)	Suma de apilado (min)	Suma de desrame (min)	Suma de troceado (min)	Suma de rendimiento (m³/min⁻¹)	Suma de tiempo total (min)
10-11	22,33	4,10	22,47	15,38	15,33	8,01	79,62
12-13	43,98	8,60	39,60	30,47	35,37	23,32	158,02
14-15	261,92	39,95	280,10	141,92	193,10	159,71	916,98
16-17	17,15	2,13	33,33	11,82	17,08	14,53	81,52
Total general	345,38	54,78	375,50	199,58	260,88	205,57	1236,13

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

En la Tabla 4-11 se explica la categoría de altura con la suma de los datos obtenidos en cada actividad del segundo método, rendimiento y tiempo total.

- La categoría de árboles con altura de 10 m a 11 m tiene resultados en el traslado de 22,33 min, en el corte con 4,10 min, en el apilado con 22,47 min, en el desrame con 15,38 min, y en el troceado con 15,33 min; el rendimiento fue de 8,01 m³/min⁻¹ y un tiempo total de 79,62 min.
- La categoría de árboles con altura de 12 m a 13 m tiene resultados en el traslado de 43,98 min, en el corte con 8,60 min, en el apilado con 39,60 min, en el desrame con 30,47 min, y en el troceado con 35,37 min; el rendimiento fue de 23,32 m³/min⁻¹ y un tiempo total de 158,02 min.
- La categoría de árboles con altura de 14 m a 15 m tiene resultados en el traslado de 261,92 min, en el corte con 39,95 min, en el apilado con 280,10 min, en el desrame con 141,92 min, y en el troceado con 193,10 min; el rendimiento fue de 159,71 m³/min⁻¹ y un tiempo total de 916,98 min.
- La categoría de árboles con altura de 16 m a 17 m tiene resultados en el traslado de 17,15 min, en el corte con 2,13 min, en el apilado con 33,33 min, en el desrame con 11,82 min, y en el troceado con 17,08 min; el rendimiento fue de 14,53 m³/min⁻¹ y un tiempo total de 81,52 min.

En la actividad de traslado se ocupa mayor tiempo de 261,92 min en árboles con altura de 14 m a 15 m y menor tiempo de 17,15 min en altura de 16 m a 17 m. En la actividad de corte se utiliza

mayor tiempo de 39,95 min en altura de 14 m a 15 m y menor tiempo de 2,13 min en árboles con altura de 16 m a 17 m. En la actividad de apilado la altura de 14 m a 15 m ocupan mayor tiempo de 280,10 min y menor tiempo en altura de 10 m a 11 m con 22,47 min. En el desrame se utiliza mayor tiempo de 141,92 min en altura de 14 m a 15 m y menor tiempo de 11,82 min en altura de 16 m a 17 m. En la actividad de troceado se ocupa mayor tiempo de 193,10 min en altura de 14 m a 15 m y menor tiempo de 15,33 min en altura de 10 m a 11 m. El rendimiento es mayor en altura de 14 m a 15 m con $159,71 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ y menor en altura de 10 m a 11 m con $8,01 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$. El tiempo total mayor es de 9,16 min en altura de 14 m a 15 m y el tiempo menor es de 79,62 min en altura de 10 m a 11 m.

Se observa que en su mayoría los árboles con altura de 14 m a 15 m presentan tiempos mayores y los árboles con altura de 16 m a 17 m presentan tiempos menores debido a que existen mayor cantidad de ejemplares que pertenecen a la altura de 14 m a 15 m en el interior de la plantación.

4.8 Comparación de rendimiento y tiempo totales entre los dos métodos

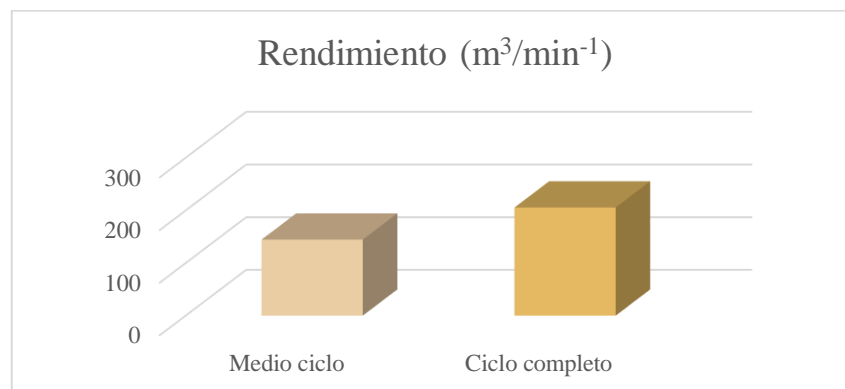


Ilustración 4-6: Rendimientos (m^3/min) entre los dos métodos

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

El rendimiento que se obtuvo en el primer método es de $144,61 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ siendo menor en comparación al segundo método de $205,57 \text{ m}^3/\text{min}^{-1}$ (Ilustración 4-6).

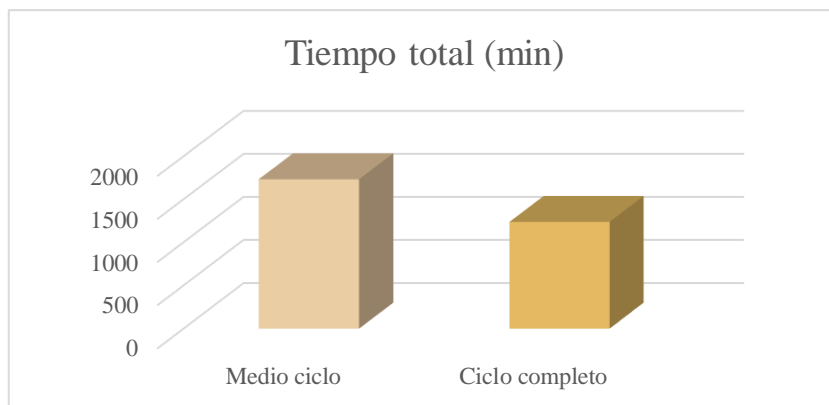


Ilustración 4-7: Tiempo total entre los dos métodos

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

El tiempo total que se obtuvo en el primer método es de 1732,41 min siendo mayor en comparación al segundo método de 1236,13 min (Ilustración 4-7).

4.9 Análisis estadístico

4.9.1 Prueba de normalidad

Para comprobar el supuesto de normalidad de las variables que se consideran en el análisis estadístico se aplicó la prueba de Kolmogorov - Smirnov en la que se demuestra que se presenta un nivel de significancia (p) menor al 0,05 comprobando que en los datos de ambos métodos no presentaron una distribución normal. (Tabla 4-12).

Tabla 4-12: Prueba de normalidad

		Kolmogorov-Smirnov		
		Tipo de ciclo	Estadístico	gl
Tiempo total	1	0,109	1461	0
	2	0,167	1525	0

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

4.9.2 Prueba de Mann Whitney

Ya que las variables de los dos métodos no cumplen con el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba U de Mann Whitney para determinar las diferencias significativas entre los métodos evaluados en esta investigación. De acuerdo con el siguiente estadígrafo, al reportar un valor de p (Sig. asintótica (bilateral)), igual a 0 se accede a aceptar la hipótesis alterna porque se concluye que si existe diferencias significativas entre el método de medio ciclo y el método de ciclo completo de la cosecha (Tabla 4-13).

Tabla 4-13: Prueba Mann-Whitney

	Tiempo total
U de Mann-Whitney	446711,000
W de Wilcoxon	1610286,000
Z	-28,346
Sig. asintótica (bilateral)	0

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

4.10 Costo operacional

4.10.1 Primer método: medio ciclo

La producción mensual de 1092,26 m³ de madera con este método de cosecha mecanizada, la empresa NOVOPAN del Ecuador S.A. invierte en gastos operacionales un aproximado de 3912,31 dólares al mes como se muestra en la Tabla 4-14. Estos gastos corresponden a los repuestos como espadas de motosierra, cadenas de motosierra, aceite y combustible para la maquinaria, sueldo del operador.

Tabla 4-14: Gasto operacional del primer método

FECHA	TIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
DÍA 1	Espada de motosierra	1	69,92	69,92
	Cadena de motosierra	2	19,99	39,98
	Combustible (gl)	60	1,56	93,75
DÍA 2	Cadena de motosierra	1	1,56	1,56
	Aceite STIHL	1	13,82	13,82

	Combustible (gl)	60	1,56	93,75
DÍA 3	Cadena de motosierra	2	19,99	39,98
	Combustible (gl)	65	1,56	101,56
	Sueldo operador (día)	3	44,17	132,52
TOTAL				586,85
TOTAL MENSUAL				3912,31

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

4.10.2 Segundo método: ciclo completo

Con este método de cosecha la empresa cuenta con una producción mensual de 1143,18 m³ de madera rolliza en la cual invierte mensualmente, como se observa en la Tabla 4-15, un aproximado de 3491,15 dólares. Los gastos provienen de cambios en repuestos, combustible para la maquinaria y el sueldo del operador.

Tabla 4-15: Gasto operacional del segundo método

FECHA	TIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
DÍA 1	Cadena para motosierra	2	19,99	39,98
	Combustible (gl)	60	1,56	93,75
DÍA 2	Combustible (gl)	60	1,56	93,75
	Espada de motosierra	1	69,92	69,92
DÍA 3	Combustible (gl)	60	1,56	93,75
	Sueldo Operador	3	44,17	132,52
TOTAL				523,67
TOTAL MENSUAL				3491,15

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

4.11 Costo de producción

4.11.1 Primer método: medio ciclo

En la Tabla 4-16 se indica el costo de producción de 3,59 dólares por cada metro cúbico en el primer método teniendo un gasto operacional de 3912,31 dólares mensuales y un volumen de 1089,63 m³ al mes.

Tabla 4-16: Costo de producción en el primer método

Gasto operacional (\$/mes)	Volumen (m3/mes)	Costo producción (\$/m3)
3912,31	1089,63	3,59

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

4.11.2 Segundo método: ciclo completo

En la Tabla 4-17 se indica el costo de producción de 3,05 dólares por cada metro cúbico en el segundo método teniendo un gasto operacional de 3491,15 dólares mensuales y un volumen de 1143,18 m³ al mes.

Tabla 4-17: Costo de producción en el segundo método

Gasto operacional (\$/mes)	Volumen (m3/mes)	Costo producción (\$/m3)
3491,15	1143,18	3,05

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

4.12 Comparación de costo de producción entre los dos métodos

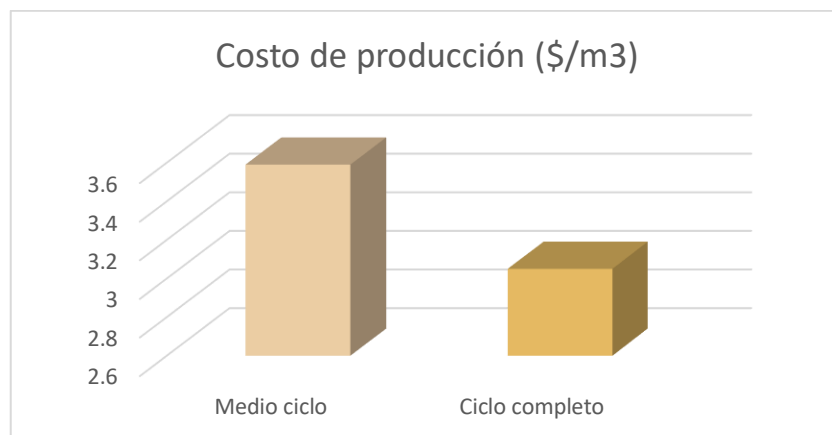


Ilustración 4-8: Costo de producción entre los dos métodos

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

El costo de producción del primer método es de 3,59 dólares por metro cúbico en comparación al segundo método con 3,05 dólares por metro cúbico, observando una diferencia de 0,54 dólares; considerando así que en el segundo método el costo operacional es menor.

4.13 Comparación de volumen y gasto operacional

Los resultados que se alcanzaron en los dos métodos se presentan en la Tabla 4-16 donde se pueden observar los valores del volumen cosechado, ingresos y gastos operacionales mensuales.

Con los resultados se deduce que:

- En el primer método de medio ciclo se produce 1089,63 m³ de madera rolliza al mes, con un gasto de 3912,31 dólares mensuales y un ingreso de 21792,64 dólares al mes, equivalente a 5,57 veces de beneficio en relación con sus costos.
- En el segundo método de ciclo completo se produce 1143,18 m³ de madera rolliza al mes, con un gasto de 3491,15 dólares mensuales y una remuneración de 22863,51 dólares al mes, equivalente a 6,55 veces de beneficio en relación con sus costos.
- El volumen en m³/mes y los ingresos en \$/mes de la cosecha por el primer método de medio ciclo fue menor en comparación al segundo método de ciclo completo con una diferencia de 53,55 m³/mes y 1070,87 \$/mes respectivamente.
- El gasto operativo de la cosecha con el primer método es mayor con 421,16 \$/mes en comparación del segundo método.
- Entre las relaciones beneficio/costo se observa que el ciclo completo presenta un dato mayor de 6,55 y el medio ciclo de 5,57 interpretando así que la empresa al no realizar el ciclo completo minimizará sus ingresos.

Tabla 4-18: Volumen y gasto operacional de los dos métodos

Descripción	Medio ciclo	Ciclo completo
Volumen (m3/mes)	1089,63	1143,18
Ingreso (\$/mes)	21792,64	22863,51

Gasto operacional (\$/mes)	3912,31	3491,15
Beneficio/costo	5,57	6,55

Realizado por: Bravo Joselyn, 2024

4.14 DISCUSIÓN

Tiempos evaluados

En la evaluación del Harvester los tiempos promedios que se obtuvieron en el primer método fue de 0,40 minutos en la actividad de traslado, 0,04 minutos en el corte, 0,44 minutos en el apilado, en la actividad de desrame con 0,13 minutos y en el troceado 0,17 minutos; logrando 3,60 m³ por paquete; dichos datos presentan diferencias con el trabajo de Chillagana (2023, pág. 20) que la actividad de corte en un sistema semi-mecanizado tarda alrededor de 2 minutos por árbol para posteriormente conseguir 3,31 m³ en cada paquete, existiendo una gran pérdida de tiempo por la tardanza en el proceso que se utiliza.

En el segundo método las actividades, de acuerdo con el tiempo que tardan de mayor a menor se categorizan como apilado, traslado, troceado, desrame y corte observando así que se toma más tiempo en realizar el apilado de las trozas y el traslado entre cada árbol, en comparación con los resultados de Mannise y Sarries (2010, pág. 21) que las actividades que tardan más es el desrame, troceado, apilado, traslado y corte porque la densidad de la plantación es menor en relación con la plantación estudiada. Cardemil (2007, pág. 14) encontró que el tiempo total de un día de trabajo de Harvester en un terreno con pendiente es de 379,72 minutos mientras que el tiempo total de un ciclo completo en este trabajo fue 154,52 minutos en día de trabajo de 8 horas, influenciado por trabajar en un terreno plano.

Árboles cortados por cada hora de trabajo

Con el método de medio ciclo se consigue cortar alrededor de 64 árboles cada hora y en el método de ciclo completo alrededor de 76 árboles por hora, parecido a los resultados que obtuvo Cardemil (2007, pág. 14) y Márquez (2020, pág. 37) con un total de 77,8 árboles y 70,01 árboles respectivamente. Consiguiendo así una mayor cantidad de árboles y volumen cumpliendo con el ciclo completo.

Volumen por cada hora de trabajo entre los dos métodos de cosecha mecanizada

Al trabajar con el primer método se consigue un volumen de 6,81 m³ por cada hora; 4 m³ más que el volumen que obtuvo como resultado Chillagana (2023, pág. 22).

En el segundo método, cumpliendo así un ciclo completo se consigue un volumen de 7,15 m³ por cada hora, con una diferencia al volumen que se encuentra en los resultados de Mannise y Sarries (2010, pág. 22) de 11,57 m³.

De acuerdo con Cardemil (2007, pág. 14) y Gonçalves et. al (2018, pág. 8) la productividad del Harvester se encuentra entre los 14,66 m³/h y los 28,7 m³/h, pero esto tendrá variaciones dependiendo de la topografía, clima, experiencia del operador y características de las plantaciones. En este trabajo se obtuvo un rendimiento de 18 m³/h en el primer método y 19,2 m³/h en el segundo método.

Gasto operacional en los dos métodos de cosecha mecanizada

La empresa NOVOPAN invierte en gastos operacionales tomando en cuenta el primer método un total aproximado de 3912,31 dólares al mes y con un costo/beneficio de 5,57 siendo mayor al comparar con los resultados que obtuvo Chillagana (2023, pág. 28) en la misma empresa con un total de 20030,59 dólares mensuales y un costo/beneficio de 26,70. Existe esta variación por el costo del metro cúbico de la especie estudiada en dicho trabajo.

En el segundo método se invierte mensualmente aproximadamente 3491,15 dólares, pero con un beneficio/costo de 6,55 diferente a los datos que presenta Llanga (2011, pág. 69) con un total de 44748,36 dólares mensuales al cosechar 9240,89 m³/mes utilizando un sistema mecanizado; variación que se debe por la cantidad de combustible que se usa, sueldo de operador entre otros gastos.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados sometidos al análisis estadístico para esta investigación, se acepta la hipótesis alterna ya que al menos uno de los métodos de cosecha (medio ciclo y ciclo completo) del Harvester presenta una diferencia significativa que se refleja en los tiempos, rendimientos y volumen de cosecha.

La categoría de DAP en el primer método el 57% del tiempo total se utilizó en árboles con DAP de 10 cm a 15 cm donde se tarda más con la actividad de apilado y con un 3% en árboles con DAP de 20 cm a 25 cm tardando en la actividad de traslado. En el segundo método se utilizó un 50% del tiempo total en árboles con DAP de 10 cm a 15 cm donde se tarda más en la actividad de apilado y 4% del tiempo total en árboles con DAP de 20 cm a 25 cm tardando en la actividad de apilado.

En la categoría de altura en el primer método el 74% del tiempo total se utilizó en árboles con altura de 14 m a 15 m tardando más en la actividad de apilado y el 6% en árboles con altura de 16 m a 17 m tardando en la actividad de traslado. En el segundo método se utilizó el 71% del tiempo total en árboles con altura de 14 m a 15 m y 5% en árboles con altura de 10 m a 11 m, tardando más en la actividad de apilado en los dos intervalos.

Para realizar las actividades del primer método se utiliza el 58% del tiempo total y para el segundo método se utiliza el 42% del tiempo total, considerando así que el método de ciclo completo utiliza menos tiempo.

En el primer método el rendimiento es mayor en árboles con DAP de 10 cm a 15 cm con un 51% y en árboles con altura de 14 m a 15 m con un rendimiento del 78%. Se consigue un rendimiento mayor del 58% en árboles con DAP de 10 cm a 15 cm y del 78% en árboles con altura de 14 m a 15 m para el segundo método.

Se consigue un porcentaje menor de rendimiento en el primer método con un resultado de 41% y un porcentaje mayor de 59% en rendimiento con el segundo método.

Al cumplir con el método de ciclo completo se alcanza 53,55 m³ más de madera al mes y un ingreso mayor con diferencia de 1070,87 dólares mensuales en comparación con el medio ciclo.

El gasto operacional en el primer método es mayor con 421,16 dólares y alcanza un beneficio/costo mayor de 5,57.

5.2 RECOMENDACIONES

Realizar un estudio que englobe datos sobre tiempos inactivos y evaluar los casos más frecuentes en los métodos de cosecha mecanizada para desarrollar un plan estratégico y evitar los problemas que dificultan el desarrollo de las actividades de la empresa.

Evaluar el tiempo, rendimiento, gasto operacional y costo de producción en terrenos que presenten pendientes y comparar con los resultados del presente estudio realizado en terreno plano.

Se recomienda a la empresa NOVOPAN del Ecuador S.A. implementar el segundo método de ciclo completo en la cosecha forestal como mejor opción en productividad, tiempo, ingresos y menor gasto operacional.

Realizar un análisis económico financiero de los dos métodos en estudio considerando distintos escenarios para estudios similares, que incluyan otros componentes y elementos que influyen en la rentabilidad de este tipo de proyectos forestales.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALCALDÍA CIUDADANA DE BUENA FE.** Municipalidad: Antecedentes. [en línea], 2023. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://buenafe.gob.ec/antecedentes/>
2. **ALTAMAR, M; & CANTERO, W.** Estudio de factibilidad para la creación de una empresa prestadora de servicio de cosecha mecanizada de arroz (*Oryza sativa*) en la Mojana Sucreña [en línea] (Tesis). (Economía) Universidad de Córdoba, Montería-Córdoba. 2019, pág. 65. [Consultado: 24 febrero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/183fef53-02bc-45ca-bed5-30cae443935c/content>
3. **ARAUCO.** CIMA: Cosecha Interna Mecanizada Aérea. *Youtube* [video en línea], 2021. Publicado el 9 de abril de 2021 [consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=vHIIxyOeoPU>
4. **CARDEMIL, P.** Evaluación Técnica y Económica de un Plan de Cosecha de *Eucalyptus nitens* a Tala Rasa, mediante Harvester y Forwarder en la Décima Región, provincia de Valdivia [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile. 2007, pág. 4. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifc266e/doc/fifc266e.pdf>
5. **CAREY, P; et al.** “Evaluación técnica de un sistema tradicional de cosecha en plantaciones de *Eucalyptus globulus* de corta rotación en Valdivia, Chile”. *Bosque* [en línea], 2006, (Chile) 27(3). [Consulta: 8 noviembre 2023]. ISSN: 0304-8799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1731/173113289008.pdf>
6. **CAREY, P; et al.** “Proyección de los sistemas de cosecha forestal en las plantaciones establecidas en el contorno de la reserva Río Cruces para los próximos diez años”. *Bosque (Valdivia)* [en línea], 2007, (Chile) 28(2). [Consulta: 8 noviembre 2023]. ISSN 0717-9200. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002007000200010
7. **CHILLAGANA, M.** EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE COSECHA FORESTAL EN PLANTACIONES DE *Tectona grandis* DE LA EMPRESA NOVOPAN DEL ECUADOR S.A. (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2023, pág. 1. [Consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/18584/1/33T00434.pdf>

8. **CONAF.** LA MOTOSIERRA. [en línea], 2011. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1363718291LAMOTOSIERRAmanual.pdf
9. **CUSANO, N; et al.** COSECHA FORESTAL MECANIZADA: CAPACIDAD OPERACIONAL Y ESTUDIO ECONÓMICO DE UN SISTEMA CTL [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad de La República, Montevideo-Uruguay. 2009, pág. 15. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23869/1/TTS_CusanoNicolás.pdf
10. **ECUADOR FORESTAL.** EL SECTOR FORESTAL PRODUCTIVO DEL ECUADOR. [en línea]. Quito-Ecuador: Sector Forestal Productivo Formal, 2020. [Consulta: 13 octubre 2023]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/sector-forestal-productivo-formal/>
11. **EIDEC.** Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica [en línea] 2019, págs. 15-16. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.editorialeidec.com/wp-content/uploads/2020/01/Estadística-no-paramétrica-aplicada.pdf>
12. **ESTIRADO, F.** NORMAS DE SEGURIDAD EN TRABAJOS FORESTALES. [en línea] 1979, pág. 2. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1979_01.pdf
13. **EUCLID.** *Eucalipto resinifera subsp. resinifera* [blog]. 2020. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus_resinifera_subsp._resinifera.htm
14. **FAO Y PNUMA.** *EL ESTADO DE LOS BOSQUES DEL MUNDO* [en línea]. Roma-Italia. 2020, págs. 10-11. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en <https://www.fao.org/3/ca8642es/CA8642ES.pdf>
15. **FAO.** *Introducción a la ergonomía forestal para países en desarrollo.* [en línea]. Roma-Italia, 1993. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/t0596s/t0596s.pdf>
16. **FAO.** Salud y seguridad en el trabajo en el sector forestal. [en línea] 2023. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/occupational-health-and-safety-in-forestry/in-more-depth/es/#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20a%20herbicidas%20y,t%C3%B3xicas%20C%20equipos%20de%20protecci%C3%B3n%20respiratoria>

17. **GONÇALVES, R; et al.** “Análisis económico de la cosecha mecanizada en repoblaciones de *Eucalyptus* spp. En sitios montañosos”. *Madera y Bosques* [en línea], 2018, (Brasil) 24(3), pág. 7. [Consultado: 8 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v24n3/2448-7597-mb-24-03-e2431621.pdf>
18. **GRUPO FORMA-T. PROFESIÓN DE MAQUINISTA FORESTAL.** [en línea] 2022. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.grupoforma-t.com/2022/04/22/profesion-de-maquinista-forestal/>
19. **HERBARIO VIRTUAL DE AUSTRALASIA.** *Ejemplar conservado de Eucalyptus resinifera subsp. resinifera* [blog]. 2013. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en <https://avh.ala.org.au/occurrences/34f59cab-da3c-46d5-8361-862c4a644873>
20. **IBARRA, M; & RODRIGUEZ, M.** COSECHA FORESTAL ALTAMENTE MECANIZADA [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad de la República, Montevideo-Uruguay. 2010, págs. 27-28. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23637/1/IbarraVieraMartín_RodríguezMendezMauricio.pdf.pdf
21. **INSTITUTO NAVARRO DE SALUD LABORAL.** MAQUINARIA FORESTAL. [en línea]. Navarra-España, s.f, págs. 14-15. [Consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/D0BC5D5B-545F-4F6A-8F85-35595E34930C/0/13unidad13.pdf>
22. **KOMATSU.** Harvester Komatsu PC200. [en línea] s.f. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.komatsuforest.com.uy/m%C3%A1quinas-forestales/nuestros-harvesters-de-bandas/pc200-harvester>
23. **LLANGA, P.** 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. (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2011, págs. 1-5. [Consulta: 13 octubre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1357/1/33T0093.pdf>
24. **MANNISE, G. & SARRIES, J.** ESTUDIO DE TIEMPOS Y RENDIMIENTOS EN COSECHA FORESTAL ALTAMENTE MECANIZADA. (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad de La República, Facultad de Agronomía. Montevideo-Uruguay. 2010, pág.21. [Consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27704/1/ManniseGustavo.pdf>

25. **MÁRQUEZ, A.** EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE HARVESTER EN DOS SISTEMAS DE COSECHA FORESTAL. (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Universidad de La República, Facultad de Agronomía. Montevideo-Uruguay. 2020, pág.1. [Consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/28976/1/MárquezLongAnaLaura.pdf>
26. **MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA.** Ecuador alberga 12.5 millones de hectáreas de bosques [en línea]. Quito-Ecuador. 2022. [Consulta: 13 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-alberga-12-5-millones-de-hectareas-de-bosques/>
27. **MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *APROVECHAMIENTO DE RECURSOS FORESTALES EN EL ECUADOR Y PROCESOS DE INFRACCIONES Y DECOMISOS.* Quito-Ecuador. 2011, pág. 2-4. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/PD%20406_06_%20Forest%20Harvesting%20in%20Ecuador%202010%20offenses%20and%20forfeiture.pdf
28. **MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *PROYECTO: SISTEMA NACIONAL DE CONTROL FORESTAL.* Quito-Ecuador. 2020, pág. 17. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/1.CONTROL-FORESTAL.pdf>
29. **MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental* Quito-Ecuador. 2012, pág. 22. [Consulta: 23 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS ECUADOR 2.pdf>
30. **MUDRAZ, Diego; et al.** Planificación de la cosecha forestal [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 2021, pág. 2. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/28019/1/MHF21.pdf>
31. **NÁJERA, J.** EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO MADERABLE EN LA REGIÓN DE EL SALTO, DURANGO, MÉXICO (Tesis) (Doctorado) [en línea]. Universidad Autónoma de nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Linares-México. 2010, pág. 55. [Consulta: 26 enero 2024].
32. **NÁJERA, J.; et al.** TIEMPOS Y RENDIMIENTOS DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL EN EL SALTO, DURANGO, MÉXICO. *Revista Chapingo Serie Ciencias*

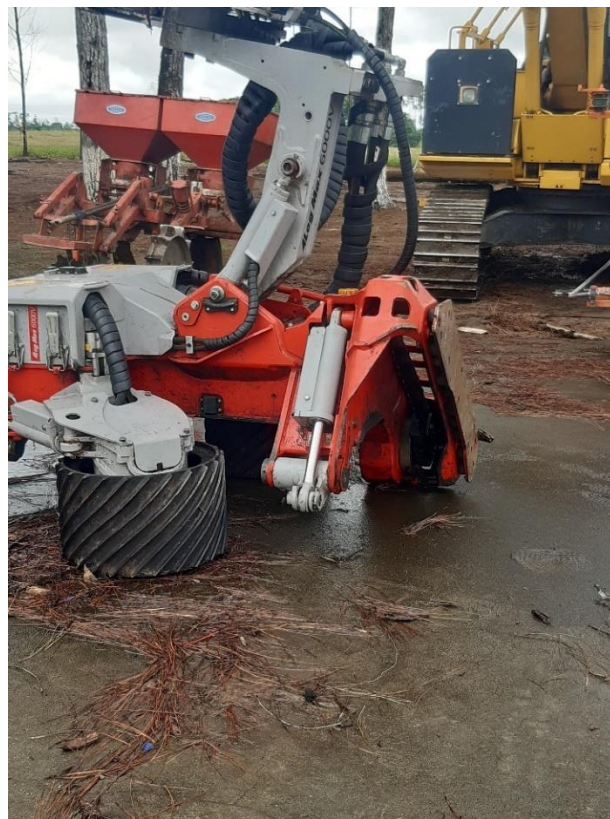
- Forestales y del Ambiente [en línea], 2011, (México) 17(1), p. 51. [Consulta: 15 agosto 2023]. ISSN: 2007-3828. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/629/62917370005.pdf>
33. **NASSER, A.** AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLHEITA DE *Pinus taeda* L. EM DIFERENTES PRODUTIVIDADES DO POVOAMENTO [en línea] (Tesis). (Maestría) Universidad de Estadual do Centro-Oeste, Paraná-Brasil. 2011, pág.4. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.unicentro.br/ppgcf/dissertacoes/andre_nasser.pdf
34. **NOVOPAN.** NOVOPAN DEL ECUADOR S.A. [en línea] 2023, págs. 2-12. [Consultado: 29 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.novopan.com.ec/#home>
35. **OLEA, F.** TÉCNICAS ESTADÍSTICAS APLICADAS EN NUTRICIÓN Y SALUD [en línea] 2016, págs. 3-5. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ugr.es/~fmocan/MATERIALES%20DOCTORADO/testt2016.pdf>
36. **PATON, S; et al.** *INTRODUCCIÓN A LA BIOESTADÍSTICA DE CAMPO*. Galápagos-Ecuador, 1994, pág. 77.
37. **PEREYRA, S.** *Maquinaria e instalaciones forestales* [en línea]. Madrid-España: Editorial Síntesis, 2018, págs. 44-45. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.sintesis.com/data/indices/9788491711407.pdf>
38. **PRADO, J.** PLANTACIONES FORESTALES MÁS ALLÁ DE LOS ÁRBOLES [en línea]. Chile, 2019, pág. 9. [Consultado: 4 enero 2024]. Disponible en <https://cifag.cl/wp-content/uploads/2019/04/Libro-plantaciones.pdf>
39. **QUINCHUELA, D.** APROVECHAMIENTO FORESTAL SEMI-MECANIZADO DE MADERA DE *Pinus radiata* D. Don (PINO) EN PLANTACIONES DE LA EMPRESA NOVOPAN DEL ECUADOR S.A. EN LA PARROQUIA CEBADAS, CANTÓN GUAMOTE PROVINCIA DE CHIMBORAZO (Tesis) (Ingeniería) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador. 2015, pág. 1. [Consulta: 13 octubre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4259/1/33T0143%20.pdf>
40. **QUINTANA, E; & BARRIOS, M.** EVALUACIÓN DE DAÑOS A LA MASA REMANENTE EN COSECHA DE *Eucalyptus grandis* [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad de La República, Montevideo-Uruguay. 2014, pág. 6. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8777/1/3971qui.pdf>

41. **RUIZ, P.** “Torres de madereo, extracción por todo lo alto”. *Revista M&M* [en línea], 2014. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <http://revista-mm.com/forestal/torres-madereo-extraccion-todo-alto/>
42. **SOARES, V.** ANÁLISE DE DOIS MODAIS DE SISTEMAS DE COLHEITA MECANIZADOS DE EUCALIPTO EM 1ª ROTAÇÃO. (Tesis) (Maestría) [en línea]. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Câmpus de Botucatu. Botucatu-Brasil. 2010, pág. 6. [Consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/67f9174f-b3fc-4e08-aa69-7f3ac617322a/content>
43. **TITUAÑA, M; & NICOLALDE, L.** “Aprovechamiento de plantaciones forestales en Imbabura, Ecuador”. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* [en línea], 2019, (Ecuador) 8(2), pág. 100. [Consulta: 8 noviembre 2023]. ISSN 1390-5600. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7153080.pdf>
44. **UNICEN.** SEGURIDAD EN MAQUINAS. [en línea] s.f., pág.1. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/segumar/Laura/material/Mec%Elnico.pdf>
45. **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.** Mecanización Forestal. [en línea]. 2010, págs. 6-9. [Consulta: 8 noviembre 2023]. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/57601/mod_resource/content/0/mecanizacion2010.pdf
46. **WAGNER, S.** COSECHA FORESTAL: ESTUDIO DE TIEMPOS Y RENDIMIENTOS EN OPERACIONES MECANIZADAS [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad de La república, Montevideo-Uruguay. 2006, pág. 4. [Consultado: 8 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/33661/1/WagnerSebastián.pdf>



ANEXOS

ANEXO A. MÁQUINA HARVESTER KOMATSU PC250



ANEXO B. TOMA DE DATOS DE ALTURA Y DAP



ANEXO C. CÁLCULO DE VOLUMEN

N° de árbol	ALTURA (m)	DAP (cm)	DAP (m)	VOLUMEN (m ³)
1	14	14,8	0,148	0,135
2	15	17,9	0,179	0,211
3	14	14,3	0,143	0,126
4	15	15,5	0,155	0,159
5	12	10,2	0,102	0,055
6	12	10	0,1	0,053
7	17	21,3	0,213	0,280
8	14	12	0,12	0,089
9	15	17	0,17	0,191
10	12	10,2	0,102	0,055
11	14	13,5	0,135	0,112

12	12	9,8	0,098	0,051
13	14	12,1	0,121	0,090
14	10	7,3	0,073	0,023
15	15	15,7	0,157	0,163
16	17	19,2	0,192	0,276
17	12	9,5	0,095	0,048
18	15	16,5	0,165	0,180
19	14	13,5	0,135	0,112
20	14	12,8	0,128	0,101
21	12	10	0,1	0,053
22	15	15	0,15	0,148
23	14	14,3	0,143	0,126
24	12	10,6	0,106	0,059
25	14	12,5	0,125	0,096
26	10	8,3	0,083	0,030
27	12	10,3	0,103	0,056
28	14	12,7	0,127	0,099
29	14	14,7	0,147	0,133
30	15	16,8	0,168	0,186
31	14	12	0,12	0,089
32	14	14,2	0,142	0,124
33	14	13	0,13	0,104
34	17	20,2	0,202	0,305
35	14	14,7	0,147	0,133
36	10	7,5	0,075	0,025
37	14	11,5	0,115	0,081
38	12	10,3	0,103	0,056
39	15	18	0,18	0,214
40	14	14	0,14	0,121
41	12	10,7	0,107	0,060
42	14	13,5	0,135	0,112
43	15	16,5	0,165	0,180
44	12	10	0,1	0,053
45	14	14	0,14	0,121
46	14	11	0,11	0,075
47	14	14	0,14	0,121
48	10	8,4	0,084	0,031
49	12	10,2	0,102	0,055
50	15	17	0,17	0,191
51	15	18	0,18	0,214
52	14	12	0,12	0,089
53	15	15,3	0,153	0,154
54	14	11,5	0,115	0,081
55	14	12	0,12	0,089

56	14	11	0,11	0,075
57	14	13	0,13	0,104
58	15	15,6	0,156	0,161
59	15	15,6	0,156	0,161
60	10	8	0,08	0,028
61	15	16,3	0,163	0,175
62	12	9,7	0,097	0,050
63	17	19,5	0,195	0,284
64	10	9	0,09	0,036
65	14	12	0,12	0,089
66	14	14,2	0,142	0,124
67	12	9,2	0,092	0,045
68	14	14,5	0,145	0,129
69	14	12	0,12	0,089
70	14	11,2	0,112	0,077
71	14	13	0,13	0,104
72	15	15	0,15	0,148
73	10	7,8	0,078	0,027
74	14	13,8	0,138	0,117
75	14	13	0,13	0,104
76	10	8,6	0,086	0,033
77	15	15,8	0,158	0,165
78	12	10	0,1	0,053
79	12	9,6	0,096	0,049
80	14	13	0,13	0,104
81	12	10	0,1	0,053
82	15	16,5	0,165	0,180
83	14	13	0,13	0,104
84	15	15,5	0,155	0,159
85	14	14	0,14	0,121
86	15	15	0,15	0,148
87	10	8	0,08	0,028
88	14	12	0,12	0,089
89	12	9,3	0,093	0,046
90	15	17,7	0,177	0,207
91	15	16,8	0,168	0,186
92	14	12,1	0,121	0,090
93	14	13,1	0,131	0,106
94	14	14,9	0,149	0,137
95	10	7,5	0,075	0,025
96	14	13	0,13	0,104
97	14	12,3	0,123	0,093
98	17	19	0,19	0,270
99	14	13,2	0,132	0,107

100	14	12,8	0,128	0,101
101	15	15	0,15	0,148
102	14	12,3	0,123	0,093
103	14	11	0,11	0,075
104	14	12,8	0,128	0,101
105	15	15,9	0,159	0,167
106	15	16	0,16	0,169
107	12	10,2	0,102	0,055
108	10	8,6	0,086	0,033
109	12	10	0,1	0,053
110	14	14,8	0,148	0,135
111	10	9	0,09	0,036
112	14	11	0,11	0,075
113	15	18	0,18	0,214
114	12	9,2	0,092	0,045
115	14	13	0,13	0,104
116	14	14,7	0,147	0,133
117	10	9	0,09	0,036
118	15	15,6	0,156	0,161
119	15	17	0,17	0,191
120	12	10,2	0,102	0,055
121	14	11	0,11	0,075
122	12	10,2	0,102	0,055
123	12	10,3	0,103	0,056
124	14	14,8	0,148	0,135
125	14	14,5	0,145	0,129
126	15	16,4	0,164	0,177
127	12	9,2	0,092	0,045
128	14	12,2	0,122	0,092
129	12	10,6	0,106	0,059
130	10	8,5	0,085	0,032
131	15	15,7	0,157	0,163
132	12	10,2	0,102	0,055
133	17	19,7	0,197	0,290
134	15	16	0,16	0,169
135	14	14,7	0,147	0,133
136	15	16,7	0,167	0,184
137	10	8	0,08	0,028
138	12	9,8	0,098	0,051
139	15	17,5	0,175	0,202
140	12	9,5	0,095	0,048
141	15	15	0,15	0,148
142	12	10	0,1	0,053
143	14	13	0,13	0,104

144	14	12,5	0,125	0,096
145	14	13	0,13	0,104
146	14	13	0,13	0,104
147	14	11,2	0,112	0,077
148	14	14,5	0,145	0,129
149	12	9,6	0,096	0,049
150	12	10	0,1	0,053
151	12	10	0,1	0,053
152	15	17,3	0,173	0,197
153	14	13	0,13	0,104
154	14	14,5	0,145	0,129
155	14	13,5	0,135	0,112
156	14	11,3	0,113	0,079
157	15	15	0,15	0,148
158	14	14	0,14	0,121
159	14	11,2	0,112	0,077
160	14	12,5	0,125	0,096
161	15	16	0,16	0,169
162	10	7	0,07	0,022
163	14	13,5	0,135	0,112
164	14	14	0,14	0,121
165	14	12,3	0,123	0,093
166	14	13	0,13	0,104
167	12	9,5	0,095	0,048
168	17	20	0,2	0,220
169	15	15,1	0,151	0,150
170	14	12	0,12	0,089
171	12	10,5	0,105	0,058
172	12	10	0,1	0,053
173	14	14,6	0,146	0,131
174	14	14	0,14	0,121
175	15	17	0,17	0,191
176	14	14	0,14	0,121
177	15	16	0,16	0,169
178	10	9	0,09	0,036
179	14	11,8	0,118	0,086
180	14	13,8	0,138	0,117
181	10	9	0,09	0,036
182	15	16,3	0,163	0,175
183	12	10,5	0,105	0,058
184	10	8,4	0,084	0,031
185	15	17	0,17	0,191
186	15	15	0,15	0,148
187	14	12,2	0,122	0,092

188	15	16,2	0,162	0,173
189	15	17,7	0,177	0,207
190	15	15	0,15	0,148
191	14	13	0,13	0,104
192	12	10,5	0,105	0,058
193	15	16	0,16	0,169
194	14	13,5	0,135	0,112
195	14	11	0,11	0,075
196	14	12	0,12	0,089
197	14	14,5	0,145	0,129
198	15	15,2	0,152	0,152
199	17	20,7	0,207	0,320
200	12	10,4	0,104	0,057
201	10	7,8	0,078	0,027
202	14	12	0,12	0,089
203	14	13	0,13	0,104
204	12	10,7	0,107	0,060
205	14	11	0,11	0,075
206	14	14,5	0,145	0,129
207	14	13,5	0,135	0,112
208	14	11,1	0,111	0,076
209	14	13,7	0,137	0,116
210	10	7,5	0,075	0,025
211	15	16	0,16	0,169
212	14	13	0,13	0,104
213	14	14,5	0,145	0,129
214	12	10,2	0,102	0,055
215	14	13,3	0,133	0,109
216	15	17	0,17	0,191
217	12	10	0,1	0,053
218	10	9	0,09	0,036
219	14	13,7	0,137	0,116
220	15	18,1	0,181	0,216
221	10	8,7	0,087	0,033
222	14	11	0,11	0,075
223	14	11	0,11	0,075
224	12	10	0,1	0,053
225	14	12	0,12	0,089
226	14	11,2	0,112	0,077
227	15	16,9	0,169	0,188
228	14	14	0,14	0,121
229	12	10,2	0,102	0,055
230	14	13,5	0,135	0,112
231	14	13,5	0,135	0,112

232	14	12,1	0,121	0,090
233	14	14,3	0,143	0,126
234	15	16	0,16	0,169
235	14	12,5	0,125	0,096
236	14	14,5	0,145	0,129
237	14	12	0,12	0,089
238	14	14	0,14	0,121
239	10	7,4	0,074	0,024
240	15	15	0,15	0,148
241	14	14	0,14	0,121
242	12	9,5	0,095	0,048
243	17	21,5	0,215	0,346
244	14	13,1	0,131	0,106
245	15	16,4	0,164	0,177
246	14	11	0,11	0,075
247	14	13	0,13	0,104
248	17	19	0,19	0,270
249	14	11	0,11	0,075
250	14	13,7	0,137	0,116
251	12	10,7	0,107	0,060
252	14	14	0,14	0,121
253	14	12,7	0,127	0,099
254	14	13,5	0,135	0,112
255	14	13,2	0,132	0,107
256	15	15,7	0,157	0,163
257	14	14,4	0,144	0,128
258	14	13,2	0,132	0,107
259	12	9,4	0,094	0,047
260	15	16,5	0,165	0,180
261	14	12	0,12	0,089
262	14	14,5	0,145	0,129
263	14	14	0,14	0,121
264	14	11,3	0,113	0,079
265	15	15,1	0,151	0,150
266	14	14	0,14	0,121
267	15	15	0,15	0,148
268	14	11,5	0,115	0,081
269	15	15,2	0,152	0,152
270	14	11,6	0,116	0,083
271	14	14	0,14	0,121
272	15	15,5	0,155	0,159
273	15	15,7	0,157	0,163
274	14	14	0,14	0,121
275	14	12	0,12	0,089

276	15	18,5	0,185	0,226
277	15	18,5	0,185	0,226
278	15	18,5	0,185	0,226
279	14	14,5	0,145	0,129
280	12	10,9	0,109	0,063
281	10	8	0,08	0,028
282	14	13,8	0,138	0,117
283	15	16,4	0,164	0,177
284	15	15	0,15	0,148
285	17	19	0,19	0,270
286	10	8,9	0,089	0,035
287	14	13,1	0,131	0,106
288	12	10,3	0,103	0,056
289	14	14,5	0,145	0,129
290	12	9,5	0,095	0,048
291	14	11,8	0,118	0,086
292	15	15,2	0,152	0,152
293	14	14	0,14	0,121
294	12	9,2	0,092	0,045
295	14	11,8	0,118	0,086
296	15	15,2	0,152	0,152
297	14	14	0,14	0,121
298	12	9,2	0,092	0,045
299	15	17,5	0,175	0,202
300	14	14,5	0,145	0,129
301	12	10,5	0,105	0,058
302	14	11,4	0,114	0,080
303	14	12	0,12	0,089
304	14	11,2	0,112	0,077
305	10	9	0,09	0,036
306	14	11,5	0,115	0,081
307	10	7,5	0,075	0,025
308	14	13,5	0,135	0,112
309	14	12,3	0,123	0,093
310	12	10,2	0,102	0,055
311	14	13	0,13	0,104
312	14	12	0,12	0,089
313	14	13	0,13	0,104
314	14	12,4	0,124	0,095
315	14	13	0,13	0,104
316	14	13,7	0,137	0,116
317	15	17	0,17	0,191
318	17	19	0,19	0,270
319	12	10	0,1	0,053

320	12	10	0,1	0,053
321	15	16,5	0,165	0,180
322	14	11,5	0,115	0,081
323	14	13	0,13	0,104
324	14	11,5	0,115	0,081
325	15	17	0,17	0,191
326	14	11	0,11	0,075
327	15	15,5	0,155	0,159
328	15	17,4	0,174	0,200
329	10	8,9	0,089	0,035
330	14	11	0,11	0,075
331	15	16,3	0,163	0,175
332	15	16,3	0,163	0,175
333	14	12	0,12	0,089
334	15	18,2	0,182	0,219
335	14	12	0,12	0,089
336	15	16	0,16	0,169
337	15	15,5	0,155	0,159
338	15	17,8	0,178	0,209
339	15	15	0,15	0,148
340	15	17	0,17	0,191
341	12	10,3	0,103	0,056
342	15	15,7	0,157	0,163
343	12	10	0,1	0,053
344	12	10,7	0,107	0,060
345	15	17,5	0,175	0,202
346	14	14	0,14	0,121
347	12	10,5	0,105	0,058
348	14	11,5	0,115	0,081
349	12	9,2	0,092	0,045
350	14	12,3	0,123	0,093
351	15	15,3	0,153	0,154
352	15	15,4	0,154	0,156
353	12	10,6	0,106	0,059
354	14	13,5	0,135	0,112
355	14	12,5	0,125	0,096
356	15	15	0,15	0,148
357	17	19	0,19	0,270
358	15	17,2	0,172	0,195
359	14	11	0,11	0,075
360	12	10,3	0,103	0,056
361	12	10	0,1	0,053
362	12	9,6	0,096	0,049
363	10	8,5	0,085	0,032

364	12	9,3	0,093	0,046
365	12	10,5	0,105	0,058
366	14	12	0,12	0,089
367	12	10,5	0,105	0,058
368	14	11,2	0,112	0,077
369	12	9,5	0,095	0,048
370	14	12,7	0,127	0,099
371	15	16,8	0,168	0,186
372	15	15,5	0,155	0,159
373	14	11	0,11	0,075
374	15	15	0,15	0,148
375	15	16,9	0,169	0,188
376	14	13,2	0,132	0,107
377	15	18,3	0,183	0,221
378	12	10,8	0,108	0,062
379	17	23	0,23	0,320
380	10	8,5	0,085	0,032
381	14	12,5	0,125	0,096
382	15	15	0,15	0,148
383	14	13,4	0,134	0,111
384	14	14,3	0,143	0,126
385	14	13,3	0,133	0,109
386	15	16	0,16	0,169
387	14	14,2	0,142	0,124
388	17	20,3	0,203	0,308
389	12	9,5	0,095	0,048
390	14	11,5	0,115	0,081
391	14	13,5	0,135	0,112
392	10	9	0,09	0,036
393	15	15	0,15	0,148
394	14	11,1	0,111	0,076
395	14	11,4	0,114	0,080
396	15	18,2	0,182	0,219
397	15	15,5	0,155	0,159
398	12	10,2	0,102	0,055
399	15	15,8	0,158	0,165
400	10	8,7	0,087	0,033
401	14	11,5	0,115	0,081
402	12	10	0,1	0,053
403	14	14,5	0,145	0,129
404	15	16,5	0,165	0,180
405	14	12,7	0,127	0,099
406	17	21	0,21	0,330
407	15	15,3	0,153	0,154

408	17	19	0,19	0,270
409	15	16,2	0,162	0,173
410	15	15	0,15	0,148
411	14	12	0,12	0,089
412	10	7	0,07	0,022
413	14	13,7	0,137	0,116
414	14	14,5	0,145	0,129
415	14	11,5	0,115	0,081
416	14	11,5	0,115	0,081
417	15	18,3	0,183	0,221
418	15	17,1	0,171	0,193
419	10	9	0,09	0,036
420	15	17	0,17	0,191
421	15	15	0,15	0,148
422	10	8,4	0,084	0,031
423	15	18,5	0,185	0,226
424	14	11,2	0,112	0,077
425	15	17	0,17	0,191
426	15	16	0,16	0,169
427	12	10	0,1	0,053
428	17	20,3	0,203	0,308
429	14	13,2	0,132	0,107
430	14	11,6	0,116	0,083
431	14	12	0,12	0,089
432	12	9,2	0,092	0,045
433	14	12,3	0,123	0,093
434	14	13,2	0,132	0,107
435	14	13	0,13	0,104
436	14	14,2	0,142	0,124
437	15	16,3	0,163	0,175
438	15	15,2	0,152	0,152
439	14	11	0,11	0,075
440	12	10,7	0,107	0,060
441	12	9,5	0,095	0,048
442	14	12	0,12	0,089
443	14	11	0,11	0,075
444	12	10,7	0,107	0,060
445	14	12,8	0,128	0,101
446	15	15,3	0,153	0,154
447	15	15,5	0,155	0,159
448	14	12	0,12	0,089
449	10	8	0,08	0,028
450	17	23	0,23	0,320
451	17	19,7	0,197	0,290

452	14	13	0,13	0,104
453	15	17	0,17	0,191
454	14	14	0,14	0,121
455	12	9,6	0,096	0,049
456	14	11,5	0,115	0,081
457	15	18	0,18	0,214
458	10	9	0,09	0,036
459	10	8,7	0,087	0,033
460	14	11,7	0,117	0,084
461	17	20,2	0,202	0,305
462	14	13,2	0,132	0,107
463	14	12,2	0,122	0,092
464	14	12	0,12	0,089
465	12	10,5	0,105	0,058
466	17	20,7	0,207	0,320
467	14	13,7	0,137	0,116
468	14	14	0,14	0,121
469	15	16	0,16	0,169
470	14	12,5	0,125	0,096
471	14	14,3	0,143	0,126
472	14	12,7	0,127	0,099
473	10	8,5	0,085	0,032
474	14	13	0,13	0,104
475	12	9,3	0,093	0,046
476	14	11	0,11	0,075
477	12	9,7	0,097	0,050
478	14	12	0,12	0,089
479	17	20	0,2	0,299
480	12	10,5	0,105	0,058
481	14	11,3	0,113	0,079
482	14	11,5	0,115	0,081
483	14	11,2	0,112	0,077
484	17	20,5	0,205	0,280
485	15	15	0,15	0,148
486	17	22	0,22	0,362
487	14	14	0,14	0,121
488	14	13	0,13	0,104
489	12	10,2	0,102	0,055
490	15	17	0,17	0,191
491	17	21	0,21	0,330
492	14	12	0,12	0,089
493	15	17,5	0,175	0,202
494	17	22	0,22	0,362
495	15	17	0,17	0,191

496	10	8,5	0,085	0,032
497	15	16	0,16	0,169
498	14	13,6	0,136	0,114
499	14	11,3	0,113	0,079
500	14	12,5	0,125	0,096
501	14	12	0,12	0,089
502	14	12,5	0,125	0,096
503	14	14	0,14	0,121
504	14	13	0,13	0,104
505	14	14	0,14	0,121
506	15	18	0,18	0,214
507	12	10,5	0,105	0,058
508	15	16,5	0,165	0,180
509	17	19	0,19	0,270
510	14	12,7	0,127	0,099
511	15	16	0,16	0,169
512	15	16	0,16	0,169
513	14	11,5	0,115	0,081
514	14	12	0,12	0,089
515	14	12,3	0,123	0,093
516	14	13	0,13	0,104
517	14	14,7	0,147	0,133
518	12	10,5	0,105	0,058
519	14	12,8	0,128	0,101
520	12	9,2	0,092	0,045
521	12	9,7	0,097	0,050
522	14	13,7	0,137	0,116
523	17	19	0,19	0,270
524	12	9,6	0,096	0,049
525	12	9,5	0,095	0,048
526	14	14	0,14	0,121
527	14	13	0,13	0,104
528	14	12	0,12	0,089
529	17	22,5	0,225	0,379
530	15	17,5	0,175	0,202
531	14	13	0,13	0,104
532	15	18	0,18	0,214
533	15	16,2	0,162	0,173
534	12	10,3	0,103	0,056
535	14	13	0,13	0,104
536	14	14,4	0,144	0,128
537	15	16,7	0,167	0,184
538	10	9	0,09	0,036
539	14	13,2	0,132	0,107

540	14	11	0,11	0,075
541	14	11,3	0,113	0,079
542	14	11,2	0,112	0,077
543	14	11,7	0,117	0,084
544	14	11,5	0,115	0,081
545	15	15,3	0,153	0,154
546	14	14	0,14	0,121
547	10	8	0,08	0,028
548	14	11	0,11	0,075
549	15	17,7	0,177	0,207
550	12	10	0,1	0,053
551	14	14,8	0,148	0,135
552	14	14,3	0,143	0,126
553	12	9,2	0,092	0,045
554	15	15,3	0,153	0,154
555	14	13,2	0,132	0,107
556	14	12	0,12	0,089
557	14	12	0,12	0,089
558	15	16	0,16	0,169
559	14	11,5	0,115	0,081
560	15	16	0,16	0,169
561	10	8	0,08	0,028
562	15	15	0,15	0,148
563	12	9,5	0,095	0,048
564	14	11	0,11	0,075
565	15	15,5	0,155	0,159
566	14	12,5	0,125	0,096
567	10	9	0,09	0,036
568	14	14,5	0,145	0,129
569	14	11	0,11	0,075
570	10	8,3	0,083	0,030
571	14	14,3	0,143	0,126
572	12	10	0,1	0,053
573	14	11	0,11	0,075
574	15	16	0,16	0,169
575	15	16,3	0,163	0,175
576	12	9,5	0,095	0,048
577	14	14	0,14	0,121
578	15	16,5	0,165	0,180
579	10	8,5	0,085	0,032
580	12	10,5	0,105	0,058
581	14	13	0,13	0,104
582	14	12	0,12	0,089
583	14	13,5	0,135	0,112

584	14	12,5	0,125	0,096
585	14	12	0,12	0,089
586	15	16	0,16	0,169
587	14	13,5	0,135	0,112
588	14	14,5	0,145	0,129
589	14	12	0,12	0,089
590	14	12	0,12	0,089
591	15	15	0,15	0,148
592	10	9	0,09	0,036
593	15	16	0,16	0,169
594	14	11,8	0,118	0,086
595	14	13	0,13	0,104
596	14	13,5	0,135	0,112
597	14	14,5	0,145	0,129
598	14	14	0,14	0,121
599	14	14	0,14	0,121
600	14	14,5	0,145	0,129
601	14	13,6	0,136	0,114
602	14	12,3	0,123	0,093
603	15	15,3	0,153	0,154
604	15	15	0,15	0,148
605	10	8,5	0,085	0,032
606	15	15	0,15	0,148
607	14	13	0,13	0,104
608	12	10,4	0,104	0,057
609	14	12	0,12	0,089
610	14	12	0,12	0,089
611	15	15,7	0,157	0,163
612	14	11,5	0,115	0,081
613	15	16,2	0,162	0,173
614	12	10	0,1	0,053
615	10	9	0,09	0,036
616	14	12,5	0,125	0,096
617	14	13	0,13	0,104
618	14	11	0,11	0,075
619	17	20,5	0,205	0,314
620	14	13,7	0,137	0,116
621	15	15,6	0,156	0,161
622	14	12,7	0,127	0,099
623	15	16,5	0,165	0,180
624	12	10,5	0,105	0,058
625	14	14	0,14	0,121
626	15	18,2	0,182	0,219
627	17	19	0,19	0,270

628	15	17	0,17	0,191
629	14	11,5	0,115	0,081
630	14	13,1	0,131	0,106
631	14	12,8	0,128	0,101
632	14	14,3	0,143	0,126
633	14	11,5	0,115	0,081
634	15	15,7	0,157	0,163
635	12	9,8	0,098	0,051
636	14	13,8	0,138	0,117
637	14	12,2	0,122	0,092
638	14	12,5	0,125	0,096
639	15	17,8	0,178	0,209
640	14	11,5	0,115	0,081
641	10	8,5	0,085	0,032
642	15	15,3	0,153	0,154
643	10	8,5	0,085	0,032
644	14	11	0,11	0,075
645	12	9,8	0,098	0,051
646	12	10,2	0,102	0,055
647	15	16,7	0,167	0,184
648	14	12	0,12	0,089
649	10	8,3	0,083	0,030
650	14	11,5	0,115	0,081
651	15	15,5	0,155	0,159
652	14	13	0,13	0,104
653	14	13	0,13	0,104
654	14	11,5	0,115	0,081
655	15	15,5	0,155	0,159
656	15	15	0,15	0,148
657	17	20,5	0,205	0,314
658	14	12,4	0,124	0,095
659	15	17,3	0,173	0,197
660	14	12	0,12	0,089
661	14	13	0,13	0,104
662	15	18	0,18	0,214
663	10	9	0,09	0,036
664	15	16	0,16	0,169
665	10	8,3	0,083	0,030
666	14	11	0,11	0,075
667	12	10	0,1	0,053
668	10	9	0,09	0,036
669	15	15,3	0,153	0,154
670	12	9,5	0,095	0,048
671	14	13,5	0,135	0,112

672	14	11,5	0,115	0,081
673	12	10,7	0,107	0,060
674	15	16	0,16	0,169
675	14	14,5	0,145	0,129
676	15	15	0,15	0,148
677	14	12,7	0,127	0,099
678	12	9,5	0,095	0,048
679	14	12,3	0,123	0,093
680	14	11	0,11	0,075
681	15	16	0,16	0,169
682	14	12,9	0,129	0,102
683	12	10,5	0,105	0,058
684	15	17	0,17	0,191
685	14	11	0,11	0,075
686	12	9,5	0,095	0,048
687	14	13,5	0,135	0,112
688	14	12,5	0,125	0,096
689	10	8	0,08	0,028
690	12	10,2	0,102	0,055
691	12	10,3	0,103	0,056
692	15	15,7	0,157	0,163
693	10	9	0,09	0,036
694	17	20	0,2	0,299
695	14	12,3	0,123	0,093
696	12	10	0,1	0,053
697	14	14	0,14	0,121
698	15	16,5	0,165	0,180
699	10	8,8	0,088	0,034
700	10	8,3	0,083	0,030
701	15	15,3	0,153	0,154
702	14	12,3	0,123	0,093
703	12	10	0,1	0,053
704	10	8,3	0,083	0,030
705	15	17	0,17	0,191
706	12	10,5	0,105	0,058
707	14	11,3	0,113	0,079
708	14	13,3	0,133	0,109
709	14	13,3	0,133	0,109
710	12	9,5	0,095	0,048
711	12	9,5	0,095	0,048
712	14	11	0,11	0,075
713	15	16,3	0,163	0,175
714	14	13,3	0,133	0,109
715	15	16,5	0,165	0,180

716	10	9	0,09	0,036
717	10	9	0,09	0,036
718	14	13	0,13	0,104
719	14	12,5	0,125	0,096
720	14	11	0,11	0,075
721	14	14,5	0,145	0,129
722	14	12,8	0,128	0,101
723	14	13,5	0,135	0,112
724	14	13,5	0,135	0,112
725	14	12	0,12	0,089
726	14	11,4	0,114	0,080
727	10	9	0,09	0,036
728	12	10,8	0,108	0,062
729	12	10	0,1	0,053
730	15	15,7	0,157	0,163
731	14	13	0,13	0,104
732	15	18	0,18	0,214
733	14	12,5	0,125	0,096
734	10	9	0,09	0,036
735	14	13	0,13	0,104
736	14	13	0,13	0,104
737	14	13,5	0,135	0,112
738	15	15	0,15	0,148
739	15	15,8	0,158	0,165
740	12	10,4	0,104	0,057
741	15	16	0,16	0,169
742	14	12	0,12	0,089
743	14	11	0,11	0,075
744	10	8	0,08	0,028
745	12	10	0,1	0,053
746	15	15	0,15	0,148
747	14	12,3	0,123	0,093
748	15	18,5	0,185	0,226
749	10	5,7	0,057	0,014
750	15	15	0,15	0,148
751	15	16	0,16	0,169
752	14	12,5	0,125	0,096
753	15	16,5	0,165	0,180
754	17	19	0,19	0,270
755	12	10,3	0,103	0,056
756	15	15,5	0,155	0,159
757	14	14,5	0,145	0,129
758	15	15,3	0,153	0,154
759	15	16	0,16	0,169

760	14	14,3	0,143	0,126
761	10	9	0,09	0,036
762	14	12,5	0,125	0,096
763	12	10	0,1	0,053
764	15	18,5	0,185	0,226
765	14	11,8	0,118	0,086
766	12	10,5	0,105	0,058
767	14	14	0,14	0,121
768	14	12,5	0,125	0,096
769	10	7,3	0,073	0,023
770	10	8,2	0,082	0,030
771	14	12	0,12	0,089
772	14	12	0,12	0,089
773	15	16	0,16	0,169
774	10	8	0,08	0,028
775	12	10,5	0,105	0,058
776	12	10,2	0,102	0,055
777	14	14,7	0,147	0,133
778	15	15,5	0,155	0,159
779	10	8,4	0,084	0,031
780	14	11	0,11	0,075
781	12	9,5	0,095	0,048
782	15	16,5	0,165	0,180
783	12	9,8	0,098	0,051
784	14	14	0,14	0,121
785	12	10,5	0,105	0,058
786	15	15	0,15	0,148
787	14	11	0,11	0,075
788	14	12,8	0,128	0,101
789	14	11,5	0,115	0,081
790	15	15,5	0,155	0,159
791	14	11,5	0,115	0,081
792	12	10,5	0,105	0,058
793	15	16,5	0,165	0,180
794	14	13,5	0,135	0,112
795	14	11,8	0,118	0,086
796	10	8,5	0,085	0,032
797	14	12,7	0,127	0,099
798	17	19	0,19	0,270
799	14	12,3	0,123	0,093
800	12	10	0,1	0,053
801	14	12	0,12	0,089
802	10	9	0,09	0,036
803	14	14	0,14	0,121

804	12	10,3	0,103	0,056
805	10	8,5	0,085	0,032
806	15	18,5	0,185	0,226
807	14	12	0,12	0,089
808	14	11	0,11	0,075
809	15	16	0,16	0,169
810	14	13	0,13	0,104
811	12	10,5	0,105	0,058
812	12	10,8	0,108	0,062
813	15	15,5	0,155	0,159
814	10	9	0,09	0,036
815	12	10,9	0,109	0,063
816	10	8,7	0,087	0,033
817	14	13	0,13	0,104
818	10	9	0,09	0,036
819	12	10,8	0,108	0,062
820	15	16,8	0,168	0,186
821	15	17	0,17	0,191
822	14	14	0,14	0,121
823	15	15,3	0,153	0,154
824	10	9	0,09	0,036
825	10	8	0,08	0,028
826	10	8,5	0,085	0,032
827	14	13	0,13	0,104
828	14	13	0,13	0,104
829	14	13,5	0,135	0,112
830	14	12,5	0,125	0,096
831	12	9,5	0,095	0,048
832	14	13	0,13	0,104
833	14	11,3	0,113	0,079
834	14	11,5	0,115	0,081
835	15	16	0,16	0,169
836	12	10	0,1	0,053
837	15	15,3	0,153	0,154
838	15	16	0,16	0,169
839	14	11	0,11	0,075
840	14	13,3	0,133	0,109
841	14	14,8	0,148	0,135
842	10	9	0,09	0,036
843	14	11	0,11	0,075
844	15	18	0,18	0,214
845	12	10,5	0,105	0,058
846	15	16	0,16	0,169
847	10	8	0,08	0,028

848	17	20	0,2	0,299
849	14	13,4	0,134	0,111
850	14	12	0,12	0,089
851	14	14	0,14	0,121
852	14	11	0,11	0,075
853	12	10,3	0,103	0,056
854	14	14	0,14	0,121
855	15	17	0,17	0,191
856	15	15,5	0,155	0,159
857	17	20,1	0,201	0,302
858	14	12	0,12	0,089
859	15	17	0,17	0,191
860	14	12,8	0,128	0,101
861	14	11,3	0,113	0,079
862	14	14	0,14	0,121
863	15	17	0,17	0,191
864	12	9,5	0,095	0,048
865	12	10,5	0,105	0,058
866	14	13,3	0,133	0,109
867	10	7,5	0,075	0,025
868	14	14,5	0,145	0,129
869	15	15	0,15	0,148
870	15	16	0,16	0,169
871	14	13	0,13	0,104
872	15	18	0,18	0,214
873	14	12,5	0,125	0,096
874	14	11	0,11	0,075
875	14	13	0,13	0,104
876	12	9,5	0,095	0,048
877	10	7,5	0,075	0,025
878	14	13,3	0,133	0,109
879	15	15,8	0,158	0,165
880	17	21	0,21	0,330
881	12	10	0,1	0,053
882	14	12	0,12	0,089
883	15	15	0,15	0,148
884	14	12	0,12	0,089
885	10	9	0,09	0,036
886	14	11,8	0,118	0,086
887	12	10,3	0,103	0,056
888	14	13,5	0,135	0,112
889	14	14	0,14	0,121
890	17	20	0,2	0,299
891	17	22,3	0,223	0,372

892	15	15	0,15	0,148
893	15	15,3	0,153	0,154
894	14	13	0,13	0,104
895	14	13	0,13	0,104
896	12	10	0,1	0,053
897	14	11,8	0,118	0,086
898	14	11,4	0,114	0,080
899	10	8,3	0,083	0,030
900	12	10,5	0,105	0,058
901	14	14,3	0,143	0,126
902	14	13	0,13	0,104
903	12	10	0,1	0,053
904	15	15,5	0,155	0,159
905	12	10,5	0,105	0,058
906	14	14	0,14	0,121
907	14	11,8	0,118	0,086
908	14	13,5	0,135	0,112
909	10	9	0,09	0,036
910	14	12	0,12	0,089
911	14	14,3	0,143	0,126
912	15	18,7	0,187	0,231
913	14	11,3	0,113	0,079
914	15	18	0,18	0,214
915	12	10	0,1	0,053
916	15	18	0,18	0,214
917	10	8	0,08	0,028
918	10	7	0,07	0,022
919	14	11,5	0,115	0,081
920	12	10	0,1	0,0528
921	14	11,5	0,115	0,0814
922	12	10	0,1	0,0528
923	17	20	0,2	0,2600
924	14	14	0,14	0,1207
925	10	8,5	0,085	0,0318
926	14	11,3	0,113	0,0786
927	14	12,5	0,125	0,0962
928	15	15	0,15	0,1484
929	10	8	0,08	0,0281
930	15	16,5	0,165	0,1796
931	14	11	0,11	0,0745
932	14	12,5	0,125	0,0962
933	14	11,5	0,115	0,0814
934	14	11	0,11	0,0745
935	14	14,5	0,145	0,1295

936	15	17,2	0,172	0,1952
937	14	12,3	0,123	0,0932
938	14	13,5	0,135	0,1122
939	14	12	0,12	0,0887
940	15	15,4	0,154	0,1565
941	14	13,5	0,135	0,1122
942	14	14	0,14	0,1207
943	14	13	0,13	0,1041
944	14	14	0,14	0,1207
945	12	10	0,1	0,0528
946	14	13,5	0,135	0,1122
947	14	11,3	0,113	0,0786
948	14	13,5	0,135	0,1122
949	12	10,3	0,103	0,0560
950	12	9,5	0,095	0,0476
951	14	11,5	0,115	0,0814
952	10	9	0,09	0,0356
953	12	9,2	0,092	0,0447
954	10	8,2	0,082	0,0296
955	14	12	0,12	0,0887
956	14	14	0,14	0,1207
957	15	15,5	0,155	0,1585
958	12	10	0,1	0,0528
959	15	15	0,15	0,1484
960	14	13,3	0,133	0,1089
961	10	8	0,08	0,0281
962	12	9,1	0,091	0,0437
963	10	8	0,08	0,0281
964	12	9,1	0,091	0,0437
965	15	17	0,17	0,1907
966	14	14,3	0,143	0,1259
967	12	10	0,1	0,0528
968	15	15	0,15	0,1484
969	14	13	0,13	0,1041
970	14	13,3	0,133	0,1089
971	12	9,7	0,097	0,0497
972	12	10,3	0,103	0,0560
973	14	11,8	0,118	0,0857
974	15	16	0,16	0,1689
975	14	11	0,11	0,0745
976	14	12	0,12	0,0887
977	14	13	0,13	0,1041
978	14	11,2	0,112	0,0772
979	14	13,5	0,135	0,1122

980	14	11,5	0,115	0,0814
981	14	14,5	0,145	0,1295
982	14	11,8	0,118	0,0857
983	14	13,5	0,135	0,1122
984	12	10,3	0,103	0,0560
985	14	12	0,12	0,0887
986	15	17	0,17	0,1907
987	14	14,3	0,143	0,1259
988	14	12	0,12	0,0887
989	14	12	0,12	0,0887
990	10	8	0,08	0,0281
991	17	19	0,19	0,2699
992	14	13,5	0,135	0,1122
993	14	12,5	0,125	0,0962
994	12	10	0,1	0,0528
995	15	15	0,15	0,1484
996	14	12,3	0,123	0,0932
997	15	17,5	0,175	0,2020
998	14	13,5	0,135	0,1122
999	14	12	0,12	0,0887
1000	15	15	0,15	0,1484
1001	10	9	0,09	0,0356
1002	14	12	0,12	0,0887
1003	14	14	0,14	0,1207
1004	12	10,5	0,105	0,0582
1005	14	12	0,12	0,0887
1006	10	8,5	0,085	0,0318
1007	17	19,5	0,195	0,2843
1008	14	11,5	0,115	0,0814
1009	14	11,5	0,115	0,0814
1010	14	14	0,14	0,1207
1011	10	9	0,09	0,0356
1012	14	12	0,12	0,0887
1013	15	16,3	0,163	0,1753
1014	14	13,3	0,133	0,1089
1015	14	11	0,11	0,0745
1016	15	15,3	0,153	0,1544
1017	14	11,5	0,115	0,0814
1018	15	16,3	0,163	0,1753
1019	14	13,4	0,134	0,1106
1020	12	10	0,1	0,0528
1021	14	14	0,14	0,1207
1022	12	10	0,1	0,0528
1023	14	14	0,14	0,1207

1024	12	10,5	0,105	0,0582
1025	14	12,3	0,123	0,0932
1026	14	13,5	0,135	0,1122
1027	17	19	0,19	0,2699
1028	15	17,5	0,175	0,2020
1029	14	14,5	0,145	0,1295
1030	14	14	0,14	0,1207
1031	14	13	0,13	0,1041
1032	17	19	0,19	0,2699
1033	15	16	0,16	0,1689
1034	12	10	0,1	0,0528
1035	10	9	0,09	0,0356
1036	10	7,5	0,075	0,0247
1037	15	17	0,17	0,1907
1038	14	14	0,14	0,1207
1039	14	13,3	0,133	0,1089
1040	14	11	0,11	0,0745
1041	15	15	0,15	0,1484
1042	12	9,3	0,093	0,0456
1043	14	13,5	0,135	0,1122
1044	14	14,5	0,145	0,1295
1045	14	12	0,12	0,0887
1046	14	13,5	0,135	0,1122
1047	10	8,5	0,085	0,0318
1048	10	9	0,09	0,0356
1049	12	10,5	0,105	0,0582
1050	14	12,4	0,124	0,0947
1051	12	9,4	0,094	0,0466
1052	14	12,5	0,125	0,0962
1053	10	8,3	0,083	0,0303
1054	14	14,5	0,145	0,1295
1055	14	11,3	0,113	0,0786
1056	12	10	0,1	0,0528
1057	12	10,3	0,103	0,0560
1058	14	11,2	0,112	0,0772
1059	15	17,3	0,173	0,1975
1060	14	14	0,14	0,1207
1061	12	9,4	0,094	0,0466
1062	14	12	0,12	0,0887
1063	12	10,5	0,105	0,0582
1064	12	9,4	0,094	0,0466
1065	15	16	0,16	0,1689
1066	12	10	0,1	0,0528
1067	15	16	0,16	0,1689

1068	15	16,5	0,165	0,1796
1069	12	10,2	0,102	0,0549
1070	10	8,5	0,085	0,0318
1071	14	11,5	0,115	0,0814
1072	15	16	0,16	0,1689
1073	14	14	0,14	0,1207
1074	15	15,8	0,158	0,1647
1075	14	11,4	0,114	0,0800
1076	15	15,4	0,154	0,1565
1077	14	11,2	0,112	0,0772
1078	15	18,3	0,183	0,2209
1079	15	15,4	0,154	0,1565
1080	14	14,3	0,143	0,1259
1081	14	11,8	0,118	0,0857
1082	14	12	0,12	0,0887
1083	15	16	0,16	0,1689
1084	15	16,4	0,164	0,1774
1085	15	16,4	0,164	0,1774
1086	12	10,5	0,105	0,0582
1087	17	19,4	0,194	0,2500
1088	14	14,5	0,145	0,1295
1089	14	14	0,14	0,1207
1090	14	13	0,13	0,1041
1091	15	16,5	0,165	0,1796
1092	15	15,9	0,159	0,1668

ANEXO D. ACTIVIDADES DE LOS DOS MÉTODOS DE COSECHA

TRASLADO



CORTE



APILADO





DESRAME





TROCEADO



ANEXO E. APLICACIÓN “MULTI TIMER”



ANEXO F. FORMATO PARA TIEMPOS CRONOMETRADOS DE LA MÁQUINA

HACIENDA "LA ESPERANZA"	
OPERADOR:	
MAQUINARIA:	
ESPECIE:	

HORARIO	PROCESO	TIEMPO	CANTIDAD (árbo)

ANEXO G. FORMATO FINAL DE TIEMPOS CRONOMETRADOS PARA EL PRIMER Y SEGUNDO MÉTODO

DÍA	TIPO DE CICLO	N° de árbol	ALTURA (m)	DAP (cm)	DAP (m)	VOLUMEN (m³)	TRASLADO (min)	CORTE (min)	APILADO (min)	DESRAÍE (min)	TROCEADO (min)	TIEMPO TOTAL (min)	RENDIMIENTO (m³/min)

ANEXO H. FORMATO FINAL DE COSTO OPERACIONAL


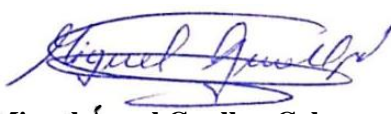
FECHA	TIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
			TOTAL	
			TOTAL MENSUAL	

Volumen		Ingresos		Gasto Operacional		Costo/Beneficio	
(m³/día)		(USD/día)		(USD/día)		mes	
(m³/3días)		(USD/3días)		(USD/3días)			
(m³/mes)		(USD/mes)		(USD/mes)			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 04/ 06 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Joselyn Cristina Bravo Siguenza
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Ingeniería Forestal
Título a optar: Ingeniera Forestal
  Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda Director del Trabajo de Titulación  Ing. Miguel Ángel Gualpa Calva Asesor del Trabajo de Titulación