UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN MANEJO Y APROVECHAMIENTO FORESTAL

Tesis previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo y Aprovechamiento Forestal.

TEMA

TROCEADO DE MADERA TROPICAL MEDIANTE HARVESTER Y SU IMPACTO EN EL NIVEL DE RENDIMIENTO Y COSTO, AÑO 2015. PROPUESTA DE MODELO DE COSECHA.

AUTOR

Ing. Agrop. FERNANDO FABIÁN AGUILAR ROMERO

DIRECTOR

Ing. ELÍAS CUASQUER FUEL M.Sc

QUEVEDO – ECUADOR

2015

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN MANEJO Y APROVECHAMIENTO FORESTAL

Tesis previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo y Aprovechamiento Forestal.

TEMA

TROCEADO DE MADERA TROPICAL MEDIANTE HARVESTER Y SU IMPACTO EN EL NIVEL DE RENDIMIENTO Y COSTO, AÑO 2015. PROPUESTA DE MODELO DE COSECHA.

AUTOR

Ing. Agrop. FERNANDO FABIÁN AGUILAR ROMERO

DIRECTOR

Ing. ELÍAS CUASQUER FUEL M.Sc

QUEVEDO – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

Ing. Elías Cuasquer Fuel M.Sc, en calidad de Director de Tesis, previa la obtención el grado Académico de Magister en Manejo y Aprovechamiento Forestal.

CERTIFICA:

Que el Ing. Fernando Fabián Aguilar Romero autor de la tesis titulada: Troceado de madera tropical mediante Harvester y su impacto en el nivel de Rendimiento y Costo año 2015. Propuesta de Modelo de Cosecha, ha sido revisada en todos sus componentes por lo que se autoriza su presentación ante el tribunal respectivo.

07 de Diciembre del 2015

……..
Ing. Elías Cuasquer Fuel M.Sc.

AUTORIA

La Investigación, Resultados, Discusiones, Conclusiones y Recomendaciones presentadas en esta tesis de Magister en Manejo y Aprovechamiento Forestal, son de exclusiva responsabilidad del Autor.

……..
Ing. Fernando Fabián Aguilar Romero

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres y Hermanos Diego, Johana por su apoyo absoluto durante mi formación profesional, y transmitirme siempre valores éticos y ejemplos de honestidad y sabiduría por sobre todas las cosas.

A Verónica, mi esposa por brindarme siempre el apoyo incondicional y la fuerza emocional durante el desarrollo de la investigación, además por darme el regalo más grande de mi vida, el haberme convertido en padre de mis dos hijos Thiago y Matías.

FERNANDO

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios ser supremo y todopoderoso, por brindarme la fuerza necesaria y salud al ser posible el cumplimiento de esta meta.

A la Unidad de posgrado de la Universidad Técnica estatal de Quevedo, docentes de los diferentes módulos y personal administrativo por su dedicación y entereza durante el desarrollo de la maestría de Manejo y Aprovechamiento Forestal.

Un extensivo agradecimiento al Ing. Elías Cuasquer Fuel M.Sc. por el trabajo tutorial realizado durante el proceso de la investigación.

Un agradecimiento especial a mis compañeros de maestría por compartir sus experiencias profesionales durante el desarrollo de los módulos y sus buenos deseos de superación y constancia para el autor.

Al grupo de trabajadores por su colaboración durante la fase de campo.

PRÓLOGO

Los resultados de esta investigación indican que el troceado de madera tropical mediante harvester y su impacto en el nivel de rendimiento y costo, puede generar oportunidades para la industria maderera en nuestro País. El Aprovechamiento de madera con la utilización de maquinaria con tecnología de punta que optimice dicho proceso, tiene el potencial substancial de aumentar rendimientos, reducir costos y tiempos de aprovechamiento, además ayudar a la industria maderera ecuatoriana a ser más competitivos y estar a la altura de grandes industrias a nivel mundial.

La importancia del papel que juega la industria maderera ha sido reconocida mediante decisiones relacionadas con el cambio de la matriz productiva y el impulso de plantaciones forestales que generen materia prima maderable. El Estudio Troceado de madera tropical mediante harvester y su impacto en el nivel de rendimiento y costo, realizado por el investigador Fernando Aguilar, es un excelente aporte que con seguridad será de interés y utilidad para las personas que deseen avanzar en el aprovechamiento forestal, sin importar el país de actuación.

Los profesionales y responsables políticos que trabajan o están relacionados con el aprovechamiento forestal estamos continuamente investigando y aprendiendo unos de otros a través de la experiencia y transferencia de tecnología. Es importante, por lo tanto, seguir conectando socios y colaboradores alrededor de todo el mundo, en una comunidad cada vez mayor, que les permita difundir las mejores prácticas, así como fomentar la cooperación y el intercambio de nuevas ideas y soluciones, para hacer de la actividad forestal una actividad social, ambiental y económicamente sustentable.

Estalin González Mera

Ing. Forestal

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo evalúa el impacto del troceado de madera tropical, mediante Harvester en el nivel de rendimiento y costo en cinco especies forestales. En función al problema de investigación y para el registro de especies, medición y estimación de la variable Independiente (troceado de madera tropical) se utilizaron los indicadores por unidad de muestreo: (DAP, diámetro mayor y menor) y altura (total y comercial), volumen fustal (Vf), volumen comercial (Vc) total de los individuos y la especie. La medición de la variable dependiente (rendimiento $m^3\ h^{-1}$ y costo (m^3) del proceso de troceado de madera tropical,) se requirió de las 5 especies *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), *Parkia multijuga* (Cutanga), *Jacaranda copaia* (Jacaranda), *Cordia alliodora* (Laurel) y *Terminalia ivorensis* (Terminalia). Donde las dos especies *Jacaranda copaia*, y *Terminalia ivorensis* fueron las de mejor rendimiento en $m^3\ h^{-1}$ y costo. Del Inventario Forestal las especies con mayor Vc ha^{-1} de las parcelas de 2.65 m son *Cedrelinga cateniformis*, y *Terminalia ivorensis*, con $201m^3\ ha^{-1}$ y $252m^3\ ha^{-1}$, de las parcelas de 5.35 m son *Cedrelinga cateniformis*, y *Terminalia ivorensis*, con $212m^3\ ha^{-1}$ y $302m^3\ ha^{-1}$, el tiempo del proceso del troceado de madera tropical de las trozas de 2.65 m se obtuvo dos especies *Jacaranda copaia*, y *Terminalia ivorensis* con menores tiempos de troceado 41 minutos y 43 minutos de las trozas de 5.35 m. Se obtuvo dos especies *Cordia alliodora*, y *Parkia multijuga*, con menores tiempos de troceado 29 minutos y 32 minutos. Del costo $m^3\ h^{-1}$ del troceado fue para las trozas de 2.65 m se obtuvo dos especies *Jacaranda copaia*, y *Terminalia ivorensis* con 0.94 centavos de dólar y 0.73 centavos de dólar y del estudio de tiempos de las trozas de 5.35 m se obtuvo dos especies *Jacaranda copaia*, y *Terminalia ivorensis* con 0.71 centavos de dólar y 0.54 centavos de dólar. En función de los resultados obtenidos se elaboró un modelo de cosecha de madera tropical que son de gran importancia para el Aprovechamiento Forestal.

ABSTRACT

The present study to assess the impact of tropical wooden chopping through Harvester level of performance and cost according to the research question for registration of species, measurement and estimation of the independent variables (Tropical wood chopped) indicators per unit of sampling were used: Diameter (DAP, larger diameter and smaller diameter) and height (total height and commercial height) stem volume (Vf), total trade volume (Vc) of individuals and species. The measurement of the dependent variable (performance (m^3 h^{-1}) and cost (m^3) cutting of tropical timber) is required of all 5 species *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), *Parkia multijuga* (Cutanga), *Jacaranda copaia* (Jacaranda), *Cordia alliodora* (Laurel) and *Terminalia ivorensis* (Terminalia). The two species *Jacaranda copaia* and *Terminalia ivorensis* were the best performing m^3 h^{-1} and cost. Forest Inventory more species Vc/ha of 2.65 m plots are *Cedrelinga cateniformis* and *Terminalia ivorensis*, with 201m^3 h^{-1} and 252m^3 h^{-1}, the plots are 5.35 m *Cedrelinga cateniformis* and *Terminalia ivorensis* with 212m^3 h^{-1} and 302m^3 h^{-1}, the study of time logs of 2.65 m two species *Jacaranda copaia* was obtained, and *Terminalia ivorensis* with shorter chopped 41 minutes and 43 minutes due to self pruning silvicultural management tree and study time logs 5.35 m two species *Cordia alliodora* was obtained, and *Parkia multijuga*, with shorter chopped 29 minutes and 32 minutes due to silvicultural management knotless clear bole. With regard to performance m^3 h^{-1} was cutting costs for logs of 2.65 m two species *Jacaranda copaia* was obtained, and *Terminalia ivorensis* with 0.94 cents and 0.73 cents and time study 5.35 m logs of two species *Jacaranda copaia* and *Terminalia ivorensis* with 0.71 cents and 0.54 cents was obtained. Depending on the results a proposal that is oriented on a model of tropical wood harvesting are of great importance for forest harvesting was developed.

CONTENIDO GENERAL

PÁGINA

CERTIFICACIÓN iv
AUTORIA v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
PRÓLOGO viii
RESUMEN EJECUTIVO ix
ABSTRACT x
CONTENIDO GENERAL xi
ÍNDICE DE FIGURAS xvi
ÍNDICE DE TABLAS xvii
NDICE DE ANEXOS xviii
INTRODUCCIÓN xix
CAPÍTULO I 1
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN 1
1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA 2
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA 4
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 6
1.3.1. Problema general 6
1.3.2. Problemas derivados 6
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA 6
1.5. OBJETIVOS 7
1.5.1. Objetivo general 7
1.5.2. Objetivos específicos 7
1.6. JUSTIFICACIÓN 7
1.6.1. Justificación práctica 7
1.7. CAMBIOS ESPERADOS 8
CAPÍTULO II 9
MARCO TEÓRICO 9

2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL 10
2.1.1. Harvester 10
2.1.2. Estudio de tiempos 10
2.1.3. Determinación del rendimiento 11
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 13
2.2.1. Descripción del Subsistema de Desrame-Trozado de Pinus Radiata 13
2.2.2. Descripción del Harvester 13
2.2.3. Estudios de tiempos 14
2.2.4. Métodos y tiempos de trabajo 16
2.2.5. Tipos de cronometraje 16
2.2.6. Control por producción 16
2.2.7. El Control por partes diarios o turnos Shift-Levelstudies 16
2.2.8. Estudio de rendimientos 17
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL 18
2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN 19
2.4.1. Hipótesis general 19
2.4.2. Hipótesis específicas 19
2.4.3. Variables dependiente e independiente 20
CAPÍTULO III 21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 21
3.1. MÉTODOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN 22
3.1.1. Ubicación del área de estudio 22
3.1.1.2. *Determinación del tamaño de la muestra* 22
3.1.1.3. Diseño de las unidades de muestreo 23
3.1.1.4. Analizar datos dasométricos de cinco especies forestales 24
3.1.2. Determinación de tiempos con esquemas de trozas cortas 2.65 m y largas de 5.35 m 25
3.1.3. Costo del m^3 h^{-1} madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m y 5.35 m con Harvester. 26

3.1.4. Propuesta de Modelo de cosecha 27
3.2. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....27
3.3. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÒRICO 28
3.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA 28
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....28
3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 29
3.7. CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN 29
CAPÍTULO IV 30
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....30
4.1. ENUNCIADO DE LAS HIPÓTESIS.....31
4.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A CADA HIPÓTESIS.....31
4.2.1. Variable Independiente: Troceado de madera tropical. 31
4.2.1.1. Datos dasométricos de las especies. 31
4.2.2. Variable dependiente: Rendimiento $m^3\ h^{-1}$ y costo (m^3) del proceso de troceado madera tropical 33
4.2.2.1. Tiempos del proceso de troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m con Harvester 33
4.2.2.2. Tiempos del proceso del troceado de madera tropical con longitudes en trozas largas de 5.35 m con harvester 34
4.2.2.3. Estudio de multimomento en el proceso de troceado de madera tropical 35
4.2.2.4. Costo del troceado de madera con Harvester 36
4.2.2.5. Determinar el rendimiento $m^3\ h^{-1}$ y costo (m^3) del troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m con Harvester.....36
4.2.2.6. Determinar el rendimiento $m^3\ h^{-1}$ y costo (m^3) del troceado de madera tropical con longitudes en trozas largas de 5.35 m con harvester 37
4.3. DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA HIPÓTESIS. 38

4.3.1. Variables Independientes Troceado de madera tropical. 38
4.4. COMPROBACIÓN/DISPROBACIÓN DE HIPÒTESIS 39
CAPÍTULO V 43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 43
5.1. CONCLUSIONES 44
5.2. RECOMENDACIONES 46
CAPÍTULO VI 47
PROPUESTA ALTERNATIVA. 47
6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA 48
6.2. JUSTIFICACIÓN 48
6.3. FUNDAMENTACIÓN 49
6.4. OBJETIVOS 49
6.4.1. Objetivo General 49
6.4.2. Objetivos Específicos 50
6.5. IMPORTANCIA 50
6.6. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA 50
6.7. FACTIBILIDAD 50
6.7.1. Factibilidad Social 50
6.7.2. Factibilidad Legal 51
6.8. PLAN DE TRABAJO 51
6.9. ACTIVIDADES 53
6.9.1. Área de siembra e identificación de la especie forestal a utilizar. 53
6.9.2. Establecimiento y producción de plántulas a nivel de vivero 53
6.9.3. Tipo de maquinaria forestal para el Aprovechamiento forestal. ... 53
6.9.4. Sistemas de siembra y preparación del suelo 54
6.9.5. Mantenimiento y manejo 54
6.10. RECURSOS 54
6.11. IMPACTO 55
6.12. EVALUACIÓN 55

BIBLIOGRAFIA.....57
ANEXOS.....60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio de Plantaciones Tropicales en la Provincia de Pichincha, elaborado por Aguilar F. (2015) 3

Figura 2. Diseño de la unidad de muestreo Fuente: Aguilar, F. (2015).....24

Figura 3. Árbol de problemas.....27

Figura 4. Diámetro y altura de las 5 especies de trozas cortas a 2.65 m.....31

Figura 5. Diámetro y altura de las 5 especies de trozas largas a 5.35 m.....32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación y Superficie del Área de Estudio.....22

Tabla 2. Ubicación, número de unidades de muestreo y coordenadas referenciales del área de estudio. 23

Tabla 3. Número de individuos ha^{-1} y Vc ha^{-1} de las 5 especies con trozas cortas de 2.65 m 32

Tabla 4. Número de individuos ha^{-1} y Vc ha^{-1} de las 5 especies con trozas largas de 5.35 m 33

Tabla 5. Determinar el tiempos del proceso de troceado de madera tropical con harvester, con trozas cortas de 2.65 m. 34

Tabla 6. Determinar el tiempos del proceso de troceado de madera tropical con harvester, con trozas largas de 5.35 m. 35

Tabla 7. Estudio de multimomento.....35

Tabla 8. Costo del Troceado de Madera Tropical del Harvester.....36

Tabla 9. Determinar el costo m^3 h^{-1} del troceado de madera tropical con longitudes en trozas cortas de 2.65 m con harvester.....37

Tabla 10. Determinar el costo m^3 h^{-1} del troceado de madera tropical con longitudes en trozas largas de 5.35 m con harvester.....38

Tabla 11. Matriz de diferencias significativas según el tiempo del proceso del troceado de madera tropical con longitudes en trozas cortas de 2.65 m de las 5 especies forestales. 39

Tabla 12. Matriz de diferencias significativas según el tiempo del proceso del troceado de madera tropical con longitudes en trozas cortas de 5.35 m de las 5 especies forestales. 40

Tabla 13. Matriz de diferencias significativas según el Costo m^3 h^{-1} de troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m con Harvester.....40

Tabla 14. Matriz de diferencias significativas según el Costo m^3 h^{-1} de troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 5.35 m con Harvester.....41

Tabla 15. Plan de trabajo determinado para la propuesta. 52

Tabla 16. Recursos y costos requeridos para la ejecución de la propuesta. 56

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos del inventario forestal por especie con trozas cortas de 2.65 m y trozas largas de 5.35 m. 61

Anexo 2. Estudio de tiempos del troceado de madera tropical mediante harvester con trozas cortas de 2.65 m 62

Anexo 3. Estudio de multimomento registro cada 15 minutos el troceado de madera tropical mediante harvester. 63

Anexo 4. Costo del troceado de madera tropical del harvester.....64

Anexo 5. Resumen del inventario forestal de las 5 especies con trozas cortas de 2.65 m. 64

Anexo 6. Resumen del inventario forestal de las 5 especies con trozas largas de 5.35 m. 65

Anexo 7. Estudio de tiempos del troceado de madera de las 5 especies con trozas cortas de 2.65 m. 65

Anexo 8. Estudio de tiempos del troceado de madera de las 5 especies con trozas largas de 5.35 m. 66

Anexo 9. Rendimiento en m^3 h^{-1} y su costo del (m^3) del troceado de madera de las 5 especies con trozas cortas de 2.65 m. 66

Anexo 10. Rendimiento en m^3 h^{-1} y su costo del (m^3) del troceado de madera de las 5 especies con trozas largas de 5.35 m. 67

Anexo 11. Determinación del tiempo efectivo, tiempo en demoras y tiempo planificado. 67

Anexo 12. Presupuesto de la propuesta 68

Anexo 13. Fotografía del proceso de troceado de madera tropical mediante el harvester foto N° 1 69

Anexo 14. Fotografía de tiempos del troceado de madera tropical mediante el harvester foto N° 2 69

A**nexo 15.** Informe emitido por el sistema, de la herramienta anti plagio URKUND.....70

INTRODUCCIÓN

“En materia de maquinaria para explotación forestal, el primer problema que se suscita al hablar de procesadores y cosechadoras es el de su propia denominación, un ejemplo claro de ello se da entre procesadores y cosechadoras. Así, siguiendo la terminología más aceptada por los países europeos, en inglés processor, es la máquina que desrama y troza el árbol después del volteo, pudiendo realizar alguna otra función como puede ser el clasificado o el apilado. La máquina que, además de estas funciones, realiza el volteo, se denomina cosechadora, en inglés Harvester” (Tolosana et al, 2000 y Vignote et al 1993, p 1 citado por Cecilia Arroyo 2005).

Este equipo de procesadores, dada su modernidad y eficiencia representa una alta inversión, por ello, es indispensable efectuar estudios que apunten a evaluar los rendimientos y tiempos no productivos con la finalidad de adicionar información con el fin de lograr un mejor rendimiento que apoye decisiones de inversión y de manejo en este tipo de maquinaria como del sistema y minimizar los costos de producción.

Los modelos para predecir la productividad pasan de los simples lineales a logarítmicos. Cabe destacar que, en la mayoría de los casos consultados, no se encuentran detalles estadísticos de los modelos probados u obtenidos. (Plamondon 1998, Richardson y Makkonen 1994).

En el **Primer Capítulo** se encontrará el Marco Contextual de la Investigación, donde se hace referencia a la ubicación geográfica, se describe la situación actual de la problemática en estudio, se plantea el problema general y sus derivados, así como también la delimitación. Seguido por los objetivos, general y específicos, para luego plantear la hipótesis del trabajo investigativo junto con

su justificación. Se realiza un análisis macro, meso y micro del problema y sus derivaciones.

El Segundo Capítulo comprende el Marco Teórico, en el cual se presenta teorías y conceptos de los estudios de tiempo y rendimiento en $m^3\ h^{-1}$ y el Harvester, también incluye la fundamentación legal. **En el Tercer Capítulo** detalla la metodología: Tipo y Diseño de la misma, además población, muestra, variables. **El cuarto capítulo** comprende la exposición, análisis e interpretación de los resultados en relación con la hipótesis de la investigación, siendo aceptada o rechazada con el respectivo análisis estadístico, **el capítulo quinto** se establecen las conclusiones y recomendaciones en función de los objetivos específicos planteados en la investigación, **el sexto capítulo** describe la estructura de la propuesta alternativa titulada “Modelo de cosecha de madera tropical” como una medida de solución a la problemática establecida en la investigación.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Los sistemas de explotación, unos más complicados que otros desde el punto de vista tecnológico, económico, condiciones de las plantaciones, etc., pero ninguno es superior a otro, Son utilizados en dependencia de las condiciones topográficas, edáficas, climáticas y en la mayoría de los casos se toma en cuenta los costos.

Según la FAO (1979). El análisis de los costos en el abastecimiento forestal es uno de los factores importantes a evaluar para la selección de un sistema adecuado de aprovechamiento forestal. Por esta razón es preciso identificar los puntos críticos para realizar un análisis de rendimientos y costos.

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

El área de estudio se encuentra localizada en la Parroquia Puerto Quito distribuidas en el límite entre los Cantones Puerto Quito y Pedro Vicente Maldonado pertenecientes a la Provincia de Pichincha, cuya ubicación geográfica se encuentra localizada entre las coordenadas con datum referencial WGS84: 707093 - 0029991 y 719804 - 0010530.

El acceso al sitio se encuentra habilitado para el tránsito vehicular a través de vías de primer, segundo y tercer orden, se puede acceder a los sitios de estudio para el abastecimiento de las unidades de muestreo ya establecidas.

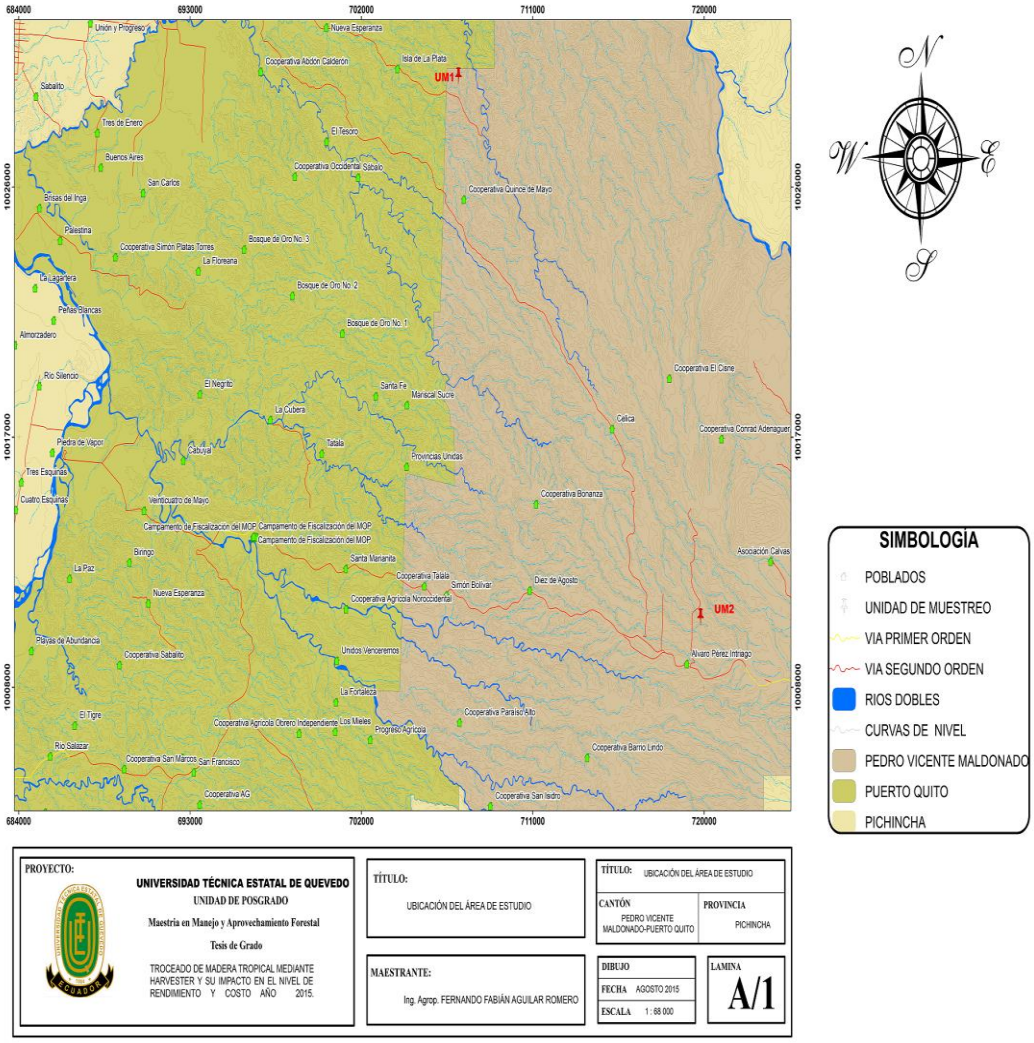


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio de Plantaciones Tropicales en la Provincia de Pichincha, elaborado por Aguilar F. (2015)

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

“Cabe destacar que los rendimientos sólo representan una referencia del potencial productivo del harvester, ya que los antecedentes existentes se originan desde una variada gama de modelos y situaciones con sus respectivas condiciones de trabajo (topografía, bosque, capacitación, entre otros). Además, aquí se presentan principalmente los resultados de sólo algunos estudios que existen, especialmente en aquellos países de mayor experiencia en el uso de esta tecnología. La productividad del harvester. Así lo demuestran diversos estudios donde, además, se incluyen en el análisis variables como: DAP (diámetro altura del pecho) y altura del árbol, características del fuste (forma, número y tamaño ramas), densidad de árboles por superficie o espaciamiento, experiencia del operador, razón entre fustes no comerciales y comerciales, condición topográfica, entre otras” (Boswell 1998, Eeronheimo y Mäkinen 1995, Hunt 1995, Meek 1993, Richardson 1989, p 139. citado por Mario Menesses y Sergio Gusman 2000).

“La elaboración de modelos de evolución de rodales regulares de especies de crecimiento rápido, en lo referente a curvas de calidad de estación, ecuaciones de crecimiento en área basimétrica, de mortalidad o de predicción de volúmenes, ha tenido un gran desarrollo reciente, si bien se trata en la mayor parte de los casos de modelos empíricos de base estadística. El desarrollo de modelos se ha ido ampliando a otros muchos aspectos, como la regeneración, la competencia entre árboles individuales o perfiles de copa, todo lo cual supone contar con potentes herramientas de gestión. Si bien se han construido algunos modelos de proceso, que permitan un mejor conocimiento de las relaciones entre condiciones climáticas, edáficas y la evolución de rodales intervenidos (Blanco et al, 2005; Gracia *et al*, 2005), existen aún notables carencias, en particular en la parametrización a masas españolas del modelo 3PG, que es el que mejores opciones de aplicación a la gestión práctica de masas forestales ha mostrado en varias zonas del mundo” (Landsberg y Waring, 1997, p 7 citado por Rodríguez Soalleiro 2001).

Los modelos para predecir la productividad pasan de los simples lineales a logarítmicos. Cabe destacar que, en la mayoría de los casos consultados, no se encuentran detalles estadísticos de los modelos probados u obtenidos. (Plamondon 1998, Richardson y Makkonen 1994).

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema general

La pregunta a responder con la presente investigación es ¿Cuál es el rendimiento y costo m^3 h^{-1} del troceado de madera tropical, mediante Harvester?

1.3.2. Problemas derivados

¿Cuál es el tiempo del troceado de madera tropical por m^3 en diferentes longitudes del troceado?

¿Cuál es el costo del troceado de madera tropical por m^3?

1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación se realizó en el área de la Provincia de Pichincha, dentro de dos predios, localizados en los Cantones de Puerto Quito y Pedro Vicente Maldonado con un total de dos unidades de muestreo.

CAMPO : CIENCIAS FORESTALES
ÁREA : APROVECHAMIENTO FORESTAL
ASPECTO : RENDIMIENTO Y COSTOS
SECTOR : PROVINCIA DE PICHINCHA
TIEMPO : ENERO – DICIEMBRE 2015

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el impacto del troceado de madera tropical, mediante Harvester en el nivel de rendimiento y costo en cinco especies forestales.

1.5.2. Objetivos específicos

Analizar datos dasométricos de cinco especies forestales

Establecer tiempos en el proceso troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m y 5.35 m con Harvester por $m^3\ h^{-1}$

Determinar el costo del $m^3\ h^{-1}$ del troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m y 5.35 m con Harvester

Elaborar un plan de modelo de cosecha de madera tropical para empresas de dos cantones de la Provincia de Pichincha.

1.6. JUSTIFICACIÓN

1.6.1. Justificación práctica

Debido a que no existe información básica en plantaciones forestales tropicales referente al troceado de madera con el harvester, la presente investigación busca generar un aporte significativo en función al rendimiento y costo en $m^3\ h^{-1}$ de tiempo del proceso del troceado de madera tropical con harvester en la provincia de Pichincha.

El costo, puede generar oportunidades para la industria maderera en nuestro País. El Aprovechamiento de madera con la utilización de maquinaria con

tecnología de punta que optimice dicho proceso, tiene el potencial substancial de aumentar rendimientos, reducir costos y tiempos de aprovechamiento, además ayudar a la industria maderera ecuatoriana a ser más competitivos y estar a la altura de grandes industrias a nivel mundial.

1.7. CAMBIOS ESPERADOS

Los resultados de la investigación contribuyeron directamente con los siguientes cambios:

Determinados los tiempos en el proceso de troceado de madera tropical con Harvester por m^3.

Determinado el costo por $m^3\ h^{-1}$ de tiempo del troceado de madera tropical con Harvester.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

Con el propósito de unificar significados de algunos términos utilizados en la presente investigación, a continuación se definen estos términos:

2.1.1. Harvester

“El harvester es una máquina que, funcionalmente, se caracteriza por su capacidad de voltear, desramar y trozar el árbol. Este equipo está constituido, estructuralmente, de dos unidades de chasis que se unen por un sistema de articulación central, lo que le permite una gran maniobrabilidad (mínimo radio de giro) en espacio reducido y accidentado. Además, está construido e implementado de tal manera de dar la máxima estabilidad durante la operación (nivelación automática, por ejemplo) y el mejor confort al operador (cabina ergonométrica), respectivamente” (KWF y AFZ Der Wald 1996, Vignote *et al*. 1993, p. 183 citado por Mario Menesses y Sergio Gusman 2000).

“El harvester, según modelo, puede presentar un sistema de rodado de cuatro a ocho ruedas neumáticas o bien un sistema de orugas. En ambos casos, el diseño considera el concepto de alta flotación para aminorar el efecto al suelo (Eeronheimo y Mäkinen 1995, Parra 1997). Como procedimiento básico y convencional, el harvester fue diseñado para convertir el árbol a trozos de hasta ocho metros de longitud, para luego ser asistido por un tractor autocargable (forwarder) y realizar el desembosque de la madera dicho proceso lo puede ejecutar movilizándose de árbol a árbol o bien desde una vía de saca preestablecida” (Eeronheimo y Mäkinen 1995, p. 139 citado por Mario Menesses y Sergio Gusman 2000).

2.1.2. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y los ritmos del trabajo correspondientes a los elementos

de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución establecida (Cardiel1982).

Según los tiempos medidos pueden clasificarse como: tiempo planificado, es decir, tiempo total del ciclo de trabajo incluyendo demoras; tiempo productivo, suma de los tiempos parciales de los elementos productivos del ciclo de trabajo de los subsistemas, excluyendo las demoras; y tiempo de demoras, entendiéndose como tal los tiempos ocasionales, ya sea indirectamente productivos o tiempos muertos. A la vez, los tiempos de demoras, se pueden clasificar en operacionales, mecánicos y personales (Carey. 1997).

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

2.1.3. Determinación del rendimiento

Los rendimientos son esenciales para el proceso determinante de los costos y se calculan en base al tiempo que requiere cada una de las fases, en el total de la operación, ya sea en la tala o en el transporte menor (madereo) (Anaya, 1998).

La construcción de los modelos de rendimiento requiere del conocimiento de la producción durante el tiempo de trabajo. El registro de esta producción suele ser simultaneo al estudio de tiempo, y se suele llevar a cabo por conteo del número de unidades producidas (árboles, trozas, cargas de tractor, etc.) acompañado de un muestreo sobre dichas unidades en que, mediante técnicas convencionales de cubicación, se estime su valor en las unidades requeridas en cada caso. La forma de obtención de los modelos de rendimiento, en tal caso, pueden ser dos: derivándolos a partir del correspondiente modelo de tiempos, en que se utiliza como valor de la producción por ciclo el valor medio registrado durante la toma de tiempos, o preferentemente; por ajuste directo, a

partir de los datos registrados de rendimiento en cada ciclo de trabajo, confrontados con los correspondientes parámetros que puedan funcionar como variables explicativas (Tolosana *et al*, 2000).

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Descripción del Subsistema de Desrame-Trozado de Pinus Radiata

“Previo a la descripción del subsistema de desrame-trozado es preciso señalar que existen distintos métodos de aprovechamiento del árbol, entendiéndose como tal, a la forma en la cual la madera es llevada a las canchas, orilla de camino o bien directamente a las plantas de aprovechamiento. El método va a depender de la cantidad de procesos que se realicen en los árboles a partir del momento en que son cortados. Dentro de estos métodos se pueden mencionar: el método de madera corta, de fuste entero y de árbol completo (Neuenschwander, 2001). De acuerdo con estudios realizados por Apud (1989), se estima que el rendimiento del desrame con hacha varía entre 2,9 y 3,2 $m^3\,h^{-1}$ y que el rendimiento del trozado con motosierra es de 11 a 12 $m^3\,h^{-1}$. Además se debe considerar que para realizar el subsistema con este tipo de cuadrillas se debe trabajar con dos obreros. A diferencia de lo que ocurre al utilizar un procesador, el cual sólo necesita de un operador por turno, alcanzando, según estudios canadienses y brasileños, un rendimiento en el desrame y trozado de árboles de P. radiata que varía entre 35,7 y 59,4 $m^3\,h^{-1}$, dependiendo principalmente de las características de la plantación” (Araki, 1991; Moshenko, 1992; ANAIS, 2002, p 3, citado por Cecilia Arroyo 2005).

2.2.2. Descripción del Harvester

El procesador, en el cual se basa este estudio, técnicamente es una cosechadora, ya que el cabezal WARATAH HTH 620 puede realizar las operaciones de desrame y trozado, pero la máquina base, CAT 322 C L que sostiene este cabezal no cuenta con la estabilidad necesaria para ingresar al bosque y voltear los árboles, por lo que este equipo será considerado sólo como un procesador en cancha u orilla de camino, independiente de las funciones que pueda realizar.

Los procesadores con una unidad de proceso poseen un cabezal adosado al extremo de la pluma de una grúa que efectúa las operaciones de desrame y trozado en una sola manipulación de los árboles. El cabezal procesador es adicionado hidráulicamente, y sus componentes esenciales son una sierra de cadena, rodillos mecánicos de avance y desrame y un dispositivo que efectúa la medición del diámetro y del largo, al cual se le denomina codificador (Neuenschwander, 2001).

La función de movilizar el tronco por el cabezal es realizada por dos rodillos de alimentación, los que a la vez cumplen la labor del desrame. Estos rodillos giran en sentido opuesto trabajando a una velocidad de alimentación de 4,5 metros por segundo, en tanto que la abertura máxima de los rodillos alcanza aproximadamente 500 milímetros (Bajo, 2003).

La función de medición del largo y trozado es controlada por un microcomputador que permite que el operador pueda trabajar con una largo previamente definido o bien seleccionar distintos largos de trozos para la optimización del aprovechamiento de los árboles del rodal (Neuenschwander, 2001).

La evaluación de los largos es efectuada por fotocélulas que efectúan las mediciones a partir del extremo mayor del árbol que está siendo procesado, por lo que normalmente se emplea la sierra de cadena como punto cero de la medición. La información es transmitida por medio de un codificador al computador el cual, empleando un programa preestablecido, puede entregar las instrucciones para el trozado (Bajo, 2003).

2.2.3. Estudios de tiempos

El propósito de los estudios de tiempos en el aprovechamiento forestal, es mejorar los sistemas y métodos de trabajo, ensayar o comparar medios o

técnicas de trabajo y valorar económicamente el propio trabajo en función de la evolución de la productividad, para fijación de salarios e incentivos.

Según Carey (1992), los tiempos medidos pueden clasificarse como: tiempo planificado, es decir, tiempo total del ciclo de trabajo incluyendo demoras; tiempo productivo, suma de los tiempos parciales de los elementos productivos del ciclo de trabajo de los subsistemas, excluyendo las demoras; y tiempo de demoras, entendiéndose como tal los tiempos ocasionales, ya sea indirectamente productivos o tiempos muertos. A la vez, los tiempos de demoras, se pueden clasificar en operacionales, mecánicos y personales.

2.2.3.1. Tiempo planificado (HrPl)

Corresponde al tiempo total el ciclo de trabajo, el cual incluye los tiempos productivos (de trabajo) más el tiempo de las demoras. Por lo tanto, corresponde a la suma de los tiempos productivos y las demoras, y se expresa en minutos u horas planificadas.

2.2.3.2. Tiempo productivo (HrPr)

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.

2.2.3.3. Tiempo de demoras

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 (Carey 1992).

2.2.4. Métodos y tiempos de trabajo

2.2.4.1. Método de tiempo total

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

2.2.4.2. Método por Muestreo Aleatorio

“Está basado en principios estadísticos según el cual se hacen observaciones instantáneas al azar o de forma sistemática”. (Luna y Sánchez, 2008 p, 15. Citado por Darío Quinchuela 2015).

2.2.5. Tipos de cronometraje

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

2.2.6. Control por producción

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

2.2.7. El Control por partes diarios o turnos Shift-Levelstudies

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.

2.2.8. Estudio de rendimientos

“El estudio de rendimientos es la relación de los tiempos totales (productivos y no productivos) con los volúmenes extraídos, expresado en metros cúbicos por hora (m3/hora). En este tipo de estudios también es importante considerar las condiciones de trabajo, ya que esto lo hará comparable con estudios posteriores que se realicen en similares circunstancias (Eronheimo y Mäkinen, 1995). De acuerdo a lo señalado por Vignote *et al*. (1993), Los principales factores que afectan el rendimiento de los procesadores forestales son: factores geomorfológicos, geográficos, climáticos, de masa y humanos” (p, 5. Citado por Cecilia Arroyo 2005).

2.2.8.1. Factores geomorfológicos

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

2.2.8.2. Factores geográficos

La latitud y altitud influyen de forma directa en el rendimiento de los equipos forestales, la primera como consecuencia de su influencia en las horas de luz natural, y la segunda por la pérdida de potencia que experimenta la máquina base.

2.2.8.3. Factores climáticos

Los fenómenos meteorológicos, influyen directamente, aunque no de forma muy notable, en las labores de los equipos, debido a la acción que ejerce sobre el rendimiento del trabajador. Indirectamente tienen una importancia mayor, pues influyen en factores tales como la adherencia.

2.2.8.4. Factores de masa

La especie, la edad, la forma y tamaño de los árboles, la rugosidad, las características y cantidad de corteza, y de ramas y las características de la madera influyen de forma muy notable en el rendimiento de los procesadores.

2.2.8.5. Factores humanos

La profesionalidad y la motivación influyen de forma directa en el rendimiento de la máquina. Los procesadores son equipos que necesitan un cierto período de aprendizaje para su correcta utilización, el que variará según lo complejo que sea el equipo.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Norma 139 “Procedimientos Administrativos para autorizar el Aprovechamiento y corta de madera”.

Art. 1.- “el presente Acuerdo Ministerial tiene por objeto establecer los procedimientos administrativos para autorizar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables de los bosques naturales húmedo, andino y seco; de los bosques cultivados: Plantaciones Forestales, árboles plantados, árboles de la regeneración natural de cultivos, las formaciones pioneras, de los árboles en sistemas agroforestales, y, los productos forestales diferentes de la madera.

Están sujetos a la presente norma: los funcionarios y servidores públicos encargados del control y administración forestal y quieres presten servicios de administración y supervisión forestal por delegación expresa por parte del Ministerio del Ambiente en el marco de la implementación del Sistema Nacional de Control Forestal, así como los beneficiarios, propietarios del bosque, ejecutor, delegado, intermediario o comerciante, transportista y destinatarios

finales del aprovechamiento del bosque" (p, 2-3 citado por el Ministerio del ambiente Norma 139).

Para efectos de ubicación del bosque seco y sus tipos se deberá considerar el mapa de clases de bosques determinados por el ministerio del ambiente, dirección de planificación, Centro de información Ambiental, del 3 de febrero del 2004, el cual considera 10 clases de bosques secos tropicales, subtropicales e interandinos incluyendo; Bosque Deciduo de tierras bajas de la Costa, Bosque Deciduo Piemontano de la Costa, Bosque Semi-deciduo de Tierras Bajas de la Costa, Bosque Semi-deciduo Montano Bajo de los Andes Occidentales, Bosque Semi-deciduo Piemontano de la Costa, Matorral Seco de Tierras Bajas de la Costa, Matorral Seco Montano Bajo, Matorral Seco Montano de los Andes del Norte y Centro, Matorral Seco Montano de los Andes Sur, Páramo Seco (Sierra 1999).

2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Con el propósito de dar respuesta al problema y a los objetivos de investigación planteados en el presente estudio, se formulan las siguientes hipótesis:

2.4.1. Hipótesis general

El uso del harvester influye en el troceado de madera tropical, en el nivel de rendimiento y costo en cinco especies forestales.

2.4.2. Hipótesis específicas

Existen diferencias significativas en los tiempos del proceso de troceado de madera tropical, con longitudes de trozas de 2.65 m y 5.35 m

Existen diferencias significativas en el costo $m^3\ h^{-1}$ del troceado de madera tropical, con longitudes de trozas de 2.65 m y 5.35 m

2.4.3. Variables dependiente e independiente

En la presente investigación el troceado de madera tropical es considerado como la variable independiente el rendimiento $m^3\ h^{-1}$ y costo (m^3) del proceso de troceado de madera tropical, como la variable dependiente.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra localizada en la Parroquia Puerto Quito distribuidas en el límite entre los Cantones Puerto Quito y Pedro Vicente Maldonado pertenecientes a la Provincia de Pichincha, cuya ubicación geográfica se encuentra localizada entre las coordenadas UTM referencial WGS84, localizándose un total de dos áreas de estudio descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Ubicación y Superficie del Área de Estudio.

Cantón	Sector	Superficie(Ha)
Puerto Quito	Unidos II	150.2
Pedro V. Maldonado	Km. 113	22.5

Fuente: Aguilar, F. (2015)

Se realizó la georeferenciación de las dos áreas de la investigación con la utilización de un receptor GPS navegador con el fin de delimitarlos geográficamente dentro de la zona de estudio. Previo a la obtención de la posición espacial se procedió al establecimiento de las unidades de muestreo en cada uno de los sectores seleccionados en función de su superficie como se muestra en la Tabla 2.

3.1.1.2. *Determinación del tamaño de la muestra*

Posterior a la delimitación del sitio de estudio y a la ubicación de los sectores en donde se establecieron las Unidades de Muestreo, se utilizó la técnica del 24 muestreo al azar para el establecimiento de las dos Unidades de Muestreo identificados previo al recorrido y observación de campo y georeferenciación del área de estudio. Se determinó la intensidad a muestrear de 5 parcelas de

40 por 25 m para el troceado a 2.65 m y 5 parcelas de 40 por 25 m para el troceado a 5.35 m considerando además el costo y accesibilidad del establecimiento en la determinación de la cantidad de unidades por sitio.

Tabla 2. Ubicación, número de unidades de muestreo y coordenadas referenciales del área de estudio.

Sector	N° de unidades de Muestreo	Coordenadas UTM	
Unidos II	UM1	715328	10029781
Km. 113	UM2	719457	10011302

Fuente: Aguilar, F. (2015)

3.1.1.3. Diseño de las unidades de muestreo

La forma y dimensiones de las unidades de muestreo se establecieron 5 parcelas de 40 por 25 m para el troceado de madera a 2.65 m y 5.35 m correspondientes a las dos unidades establecidas en el área de estudio como se describen en la Figura 2.

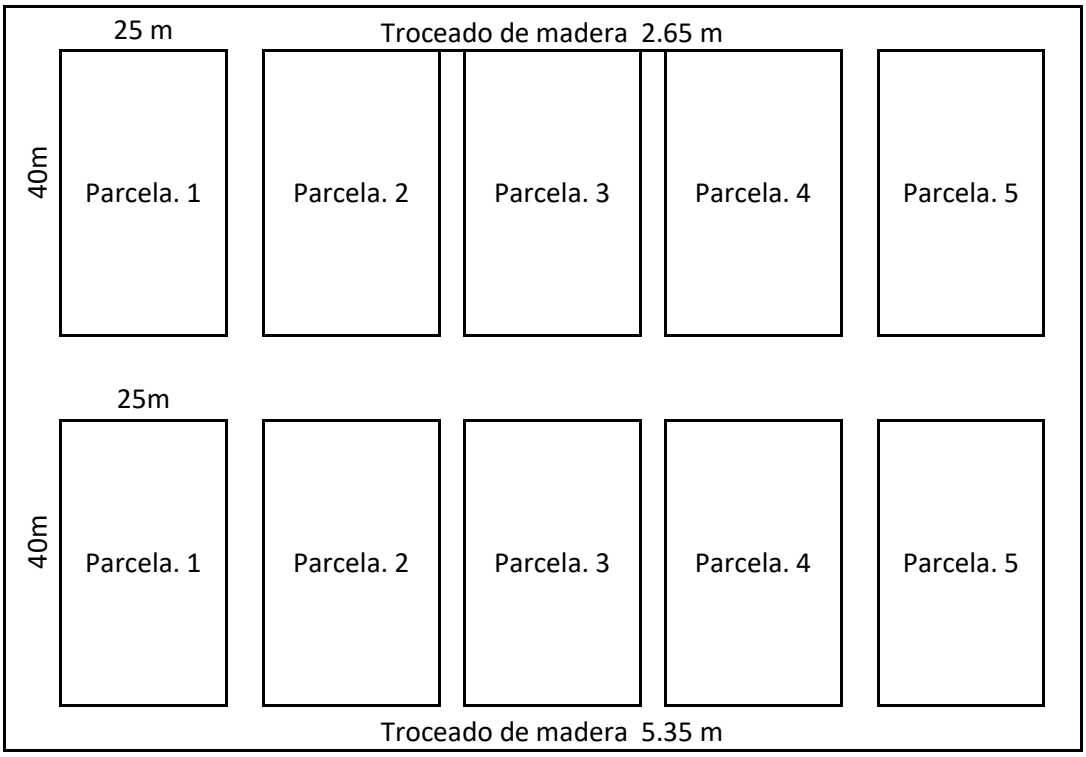


Figura 2. Diseño de la unidad de muestreo Fuente: Aguilar, F. (2015)

3.1.1.4. Analizar datos dasométricos de cinco especies forestales

Para el inventario comercial de plantaciones forestales tropicales se determinó las siguientes especies: *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), *Parkia multijuga* (Cutanga), *Jacaranda copaia* (Jacaranda), *Cordia alliodora* (Laurel) y *Terminalia ivorensis* (Terminalia), el registro de la información se lo realizo en hojas de campo considerando las características dasométricas, volumen Fustal (Vf) y volumen comercial (Vc), nombre científico, nombre común de todos los individuos (árboles), codificando cada uno de ellos con un número correspondiente utilizando pintura spray de color rojo y al número de trozas por árbol en cada una de las cinco parcelas establecidas previo al diseño aplicado del troceado de madera a 2.65 m y 5.35 m establecidas previo al diseño aplicado (ver anexo 1).

La fórmula utilizada para calcular el volumen fustal Smallian.

$$v = l\frac{\pi}{4}\frac{(d_1^{\,2} + d_2^{\,2})}{2}$$

Dónde:

V = Volumen
π = *Pi*
d_1^2 = *Diámetro mayor al cuadrado*
d_2^2 = *Diámetro menor al cuadrado*
L = Largo de la Troza

La fórmula utilizada para calcular el volumen comercial.

$$v=\pi*Ø^2*L/4$$

Dónde:
V = Volumen
π = *Pi*
$Ø^2$ = *Diámetro al cuadrado (DAP)*
L = Largo de la Troza

3.1.2. Determinación de tiempos con esquemas de trozas cortas 2.65 m y largas de 5.35 m

Para la determinación de tiempos, es necesario primero identificar cada uno de los elementos que componen el ciclo de trabajo del procesador (tiempo productivo), además de incluir los elementos que conforman los tiempos no productivos o demora establecida previa al diseño aplicado (ver anexo 2). Se consideró como tiempo productivo, a la parte total del tiempo medido del subsistema de producción, que está directamente implicado en la obtención de la tarea específica del trabajo, es decir, en el desrame y trozado, de esta manera se identificaron los siguientes elementos:

1.- Tomar árbol: desde que el cabezal del Harvester suelta las ramas del árbol que estaba procesando y toma un nuevo árbol

2.- Manipulación del árbol: desde que el cabezal toma el árbol, hasta que realiza el primer corte en la base de éste. La manipulación, incluye todas las maniobras realizadas para soltar el árbol que está atrapado en la ruma y que a la vez puede o no incluir desrame.

3.- Procesar árbol: desde que el cabezal realiza el primer corte en la base del árbol (donde comienza la lectura del sensor), hasta que suelta las ramas del árbol que estaba procesando. Esta actividad incluye el trozado de la madera de acuerdo a un esquema de corte preestablecido.

3.1.3. Costo del $m^3 h^{-1}$ madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m y 5.35 m con Harvester.

El rendimiento se calculó basado en horas productivas y horas planificadas del Harvester establecida previa al diseño aplicado (ver anexo 5), y el costo del harvester establecida previa al diseño aplicado (ver anexo 4).
Fórmula utilizada para las horas productivas

$$R\ (m^3 / hr.prod) = \frac{Vol}{Hr.\ prod}$$

Dónde:
R (m^3 / hr.prod): Rendimiento en m^3 por hora productiva.

Fórmula utilizada para las horas planificadas

$$R\ (m^3 / hr.pl) = \frac{Vol}{Hr.pl}$$

Dónde:
R (m^3 / hr.pl): Rendimiento en m^3 por hora planificada.

3.1.4. Propuesta de Modelo de cosecha

La propuesta referida a la elaboración del plan de modelo de cosecha de madera tropical, se estructuró en función de los resultados obtenidos de la investigación, los cuales definen las especies que poseen distintas características en función de su uso, interés productivo, comercial y económico. La propuesta se estructuro en base a los lineamientos establecidos en la Unidad de Posgrado de la UTEQ.

3.2. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

La construcción del objeto de investigación se fundamentó en la elaboración del árbol de problemas descrito en la Figura 3.

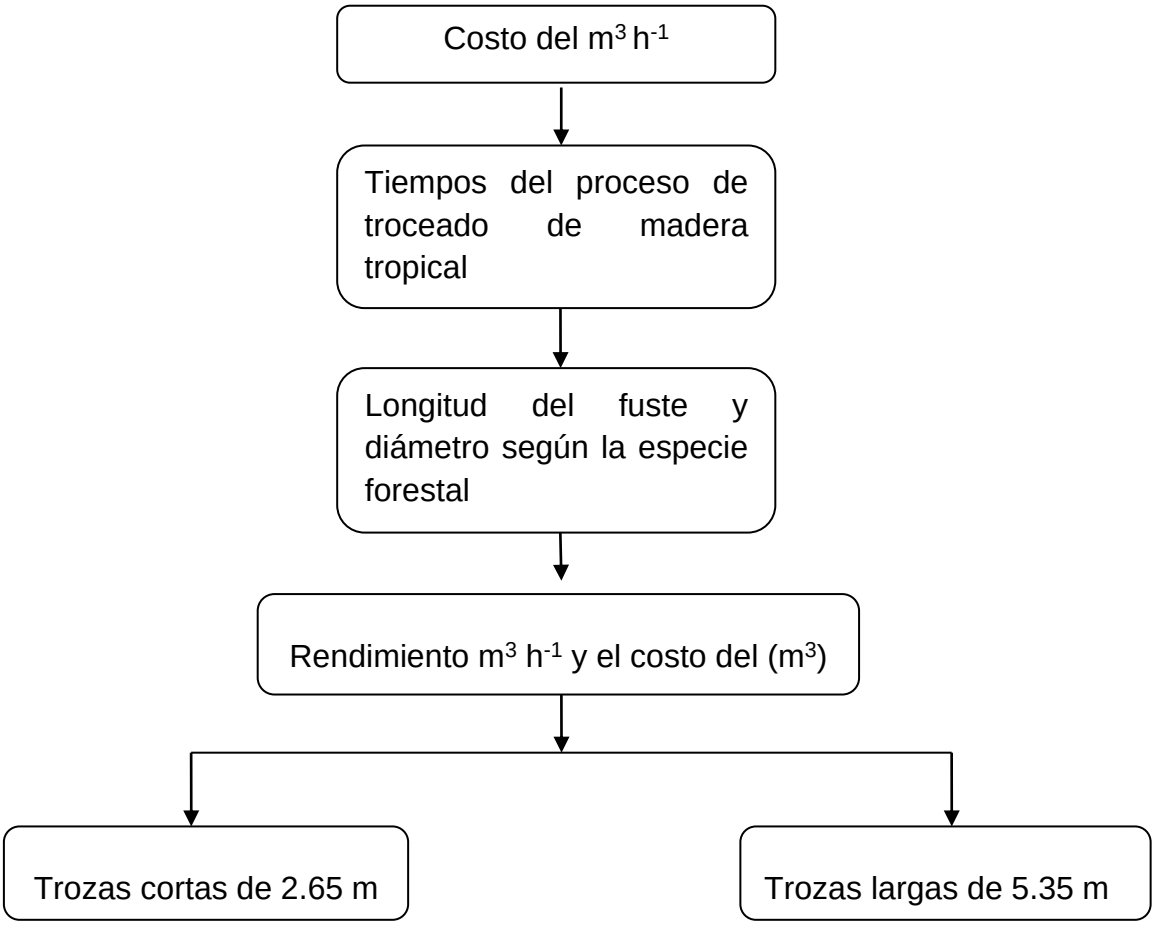


Figura 3. Árbol de problemas

3.3. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÒRICO

Para la elaboración del marco teórico se consideró como base los objetivos generales y específicos de la investigación se recurrió a las fuentes bibliográficas de bibliotecas a través de la complicación de literatura descrita en libros físicos, virtuales y artículos científicos disponibles en línea.

El esquema de marco teórico se fundamentó según la disposición de la estructura de tesis establecida por el instituto de posgrado de la UTEQ, el cual considera tres parámetros principales la Fundamentación Conceptual, teórica y legal.

3.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA

La información utilizada en la investigación se obtuvo de las dos unidades de muestreo correspondiente a las 5 especies: *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), *Parkia multijuga* (Cutanga), *Jacaranda copaia* (Jacaranda), *Cordia alliodora* (Laurel) y *Terminalia ivorensis* (Terminalia) identificados en la zona de estudio recopiladas sistemáticamente de la siguiente manera: Identificación de las 5 parcelas para el inventario y el troceado de madera a 2.65 m y las 5 parcelas para el inventario y el troceado de madera a 5.35 m previamente identificados.

Marcación, identificación y registro de las variables cualitativas y cuantitativas de los árboles en cada una de las unidades de Muestreo.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

La información adquirida en la fase de campo corresponde a procesos de medición y estimación de variables cualitativas e identificación de las variables cuantitativas de los individuos (árboles) dentro de las unidades de muestreo.

3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos cuantitativos y cualitativos fueron ingresados y procesados con el uso de la hoja de cálculo Microsoft Excel 2010 con el fin de obtener los parámetros del análisis del tiempo del troceado de madera y del rendimiento m^3 h^{-1} y su costo del m^3 del troceado de madera tropical.

La determinación de las diferencias significativas entre las unidades de muestreo se utilizó el nivel de significancia del 5% de la prueba de T y el análisis de correlación de la misma longitud de las especies para su interpretación.

3.7. CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

El informe de investigación se fundamentó en base a la estructura establecida por el Instituto de posgrado de la UTEQ para el programa de maestría formado por seis capítulos, finalmente se procedió a elaborar las conclusiones y Recomendaciones en función de los objetivos específicos de la investigación y finalmente la Propuesta Alternativa que se fundamenta en contribuir con soluciones al problema de investigación y los respectivos anexos.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

4.1. ENUNCIADO DE LAS HIPÓTESIS

El uso del harvester influye en el troceado de madera tropical, en el nivel de rendimiento y costo en cinco especies forestales.

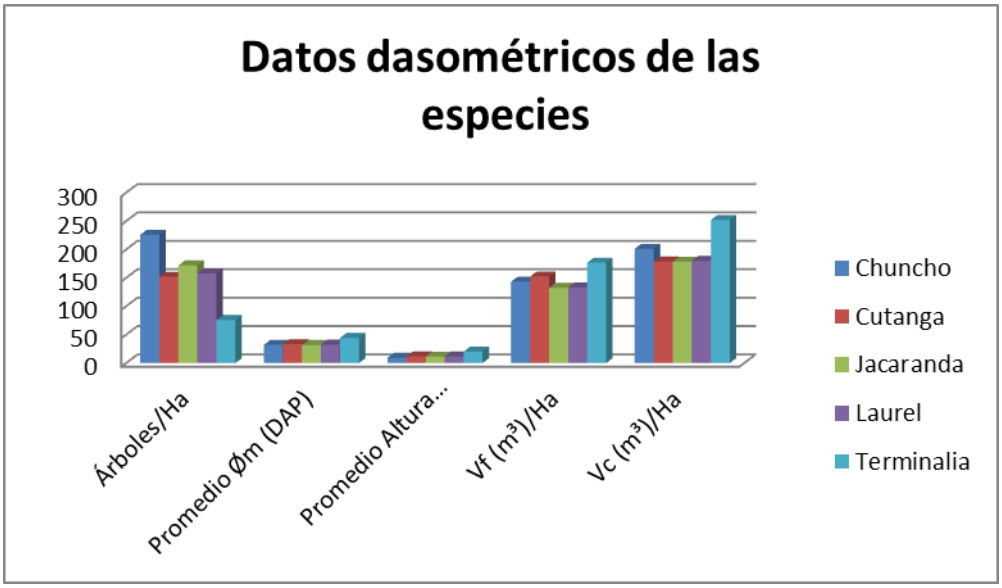
4.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A CADA HIPÓTESIS

4.2.1. Variable Independiente: Troceado de madera tropical.

4.2.1.1. Datos dasométricos de las especies.

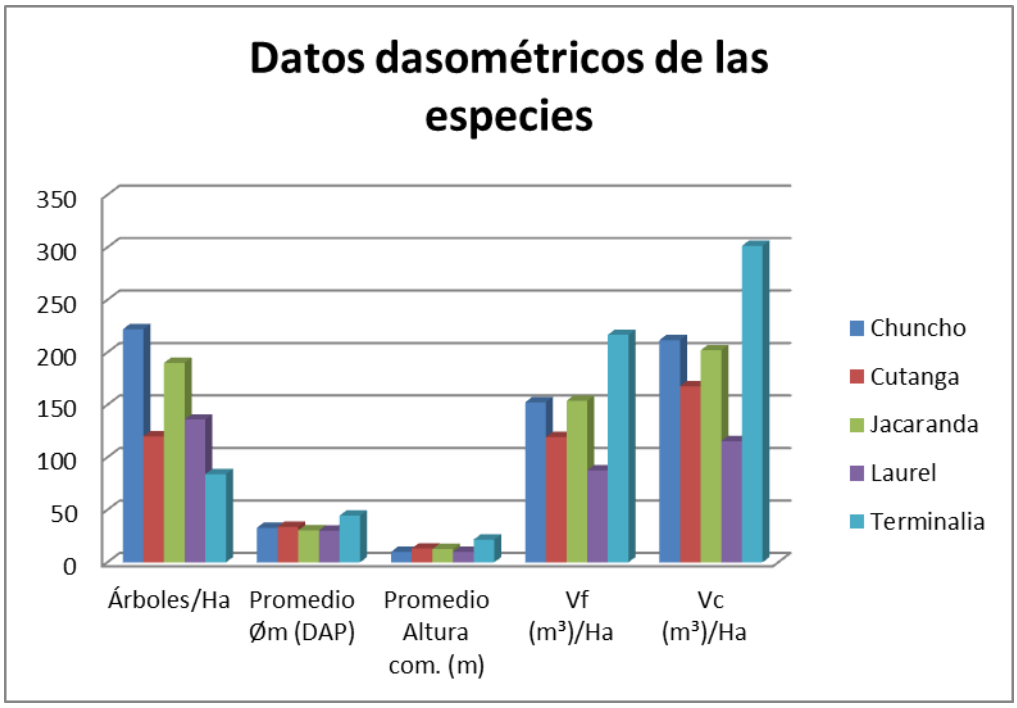
Se realizó en el Inventario Forestal del estudio del troceado de madera tropical mediante Harvester de las 5 especies: *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), *Parkia multijuga* (Cutanga), *Jacaranda copaia* (Jacaranda), *Cordia alliodora* (Laurel) y *Terminalia ivorensis* (Terminalia). La longitud fue de 5 parcelas de 40 por 25 m para las trozas cortas de 2.65 m y 5 parcelas de 40 por 25 m para las trozas largas de 5.35 m evaluando los diferentes datos dasométricos por especie y proyectando a la hectárea (Figura 4; Figura 5).

Figura 4. Diámetro y altura de las 5 especies de trozas cortas a 2.65 m



Elaborado por: Autor (2015)

Figura 5. Diámetro y altura de las 5 especies de trozas largas a 5.35 m



.

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

Las 5 parcelas por especie de 40 por 25 m de las trozas cortas de 2.65 m con mayor número de árboles ha^{-1} y Vc ha^{-1} fue el, *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), con 226 árboles y 201m^3 ha^{-1} y *Terminalia ivorensis* (Terminalia), con mayor diámetro, altura comercial y Vc ha^{-1} de las especie pero con menor número de árboles ha^{-1}, con 76 árboles y 252m^3 ha^{-1}. Descritos en la Tabla 3.

Tabla 3. Número de individuos ha^{-1} y Vc ha^{-1} de las 5 especies con trozas cortas de 2.65 m

Especie	N° de Parcela	Promedio de Árboles	Árboles/ Ha	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Promedio Vf (m^3)	Vf (m^3)/Ha	Promedio Vc (m^3)	Vc (m^3)/Ha
Chuncho	5	23	226	32	9	14	143	20	201
Cutanga	5	15	152	33	12	15	153	18	179
Jacaranda	5	17	172	32	11	13	132	18	179
Laurel	5	16	158	32	12	13	133	18	180
Terminalia	5	8	76	44	20	18	177	25	252

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

Las 5 parcelas por especie de 40 por 25 m de trozas largas de 5.35 m con mayor número de árboles ha^{-1} y Vc ha^{-1} fue el, *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), con 222 árboles y 212m^3 ha^{-1} y *Terminalia ivorensis* (Terminalia), con mayor diámetro, altura comercial y Vc ha^{-1} de las especie pero con menor número de árboles ha^{-1}, con 84 árboles y 302m^3 ha^{-1}. Descritos en la Tabla 4.

Tabla 4. Número de individuos ha^{-1} y Vc ha^{-1} de las 5 especies con trozas largas de 5.35 m

Especie	N° de Parcela	Promedio de Árboles	Árboles/ Ha	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Promedio Vf (m^3)	Vf (m^3)/Ha	Promedio Vc (m^3)	Vc (m^3)/Ha
Chuncho	5	22	222	33	10	15	152	21	212
Cutanga	5	12	120	34	13	12	119	17	168
Jacaranda	5	19	190	30	13	15	154	20	202
Laurel	5	14	136	30	10	9	88	12	116
Terminalia	5	8	84	44	22	22	217	30	302

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

4.2.2. Variable dependiente: Rendimiento m^3 h^{-1} y costo (m^3) del proceso de troceado madera tropical

4.2.2.1. Tiempos del proceso de troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m con Harvester

El tiempo de las 5 especies del proceso de troceado de madera tropical con trozas cortas de 2.65 m se observó que las dos especies *Jacaranda copaia* (Jacaranda), y *Terminalia ivorensis* (Terminalia) presentaron los menores tiempos de troceado con 41 minutos y 43 minutos en las 5 parcelas de 40 por 25 m esto se debe al manejo Silvicultural que tienen estas dos especies de fuste limpio sin nudos y su auto poda natural en comparación a las 2 especies *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), *Cordia alliodora* (Laurel) que tienen sus

fustes con nudos y con torceduras por su difícil manejo Silvicultural y su tiempo de troceo es el más alto con 86 minutos descritos en la Tabla 5.

Tabla 5. Determinar el tiempos del proceso de troceado de madera tropical con harvester, con trozas cortas de 2.65 m.

Especie	N° de Parcela	N° de Árboles	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Tiempo troceado/minutos	Tiempo troceado/Horas
Chuncho	5	113	32	9	86	1.43
Cutanga	5	76	33	12	49	0.81
Jacaranda	5	86	32	11	41	0.68
Laurel	5	79	32	12	46	0.77
Terminalia	5	38	44	20	43	0.71

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

4.2.2.2. Tiempos del proceso del troceado de madera tropical con longitudes en trozas largas de 5.35 m con harvester

El tiempo de las 5 especies del proceso de troceado de madera tropical con trozas largas de 5.35 m se observó que las dos especies *Cordia alliodora* (Laurel) y *Parkia multijuga* (Cutanga), presentaron los menores tiempos de troceado con 29 minutos y 32 minutos en las 5 parcelas de 40 por 25 m esto se debe al número de árboles de turno final del manejo Silvicultural quedando con 136 árboles ha^{-1} y 120 árboles ha^{-1} en comparación a la especies *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho) que tiene su fuste con nudos y con torceduras por su difícil manejo Silvicultural y su tiempo de troceo es el más alto con 60 minutos descritos en la Tabla 6.

Tabla 6. Determinar el tiempos del proceso de troceado de madera tropical con harvester, con trozas largas de 5.35 m.

Especie	N° de Parcela	N° de Árboles	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Tiempo troceado/minutos	Tiempo troceado/Horas
Chuncho	5	111	33	10	60	1.00
Cutanga	5	60	34	13	32	0.53
Jacaranda	5	95	30	13	36	0.60
Laurel	5	68	30	10	29	0.48
Terminalia	5	42	44	22	38	0.64

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

4.2.2.3. Estudio de multimomento en el proceso de troceado de madera tropical

El estudio de multimomento en el proceso de madera tropical se lo realizo con el propósito de determinar las horas efectivas de trabajo (horas productivas) y horas de demoras identificadas por factores de trabajo del harvester en el troceado de madera tropical y las horas planificadas del mismo descrito en la Tabla 7.

Tabla 7. Estudio de multimomento

Estudio de multimomento	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Suma	Promedio/
hora de inicio del trabajo 7:00 am	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Total/Hora	Hora
Troceado de madera tiempo efectivo	6	6	6	6	6	6	36	**6.00**
Tiempo de tanqueo de diesel	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.5	0.25
Tiempo de mantenimiento y daños	1.75	2	2.5	2.5	2.5	3	14.25	2.38
Tiempo de cambio de cadena	0.5	0.25	1	0.25	0.25	1	3.25	0.54
Tiempo de alimentación	0.5	1	0.25	1	1	1	4.75	0.79
Tiempo de necesidades personales	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1	4.75	0.79
Tiempo de coordinación de trabajo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.5	0.25
hora final del trabajo 6:00 pm	**Tiempo en demoras en el día de trabajo del Harvester.**							**5.00**
Horas planificadas								**11.00**

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

4.2.2.4. Costo del troceado de madera con Harvester

Para determinar el costo del troceado de madera tropical del harvester se lo deprecio para 10 años incluida la máquina de vida útil y poder llegar a determinar el costo/hora y el costo/minuto descritos en la Tabla 8.

Tabla 8. Costo del Troceado de Madera Tropical del Harvester

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	Costo/ año	Costo/ mes	Costo/ día	Costo/ Hora	Costo/ minuto
Harvester H250B	Maquina	500000	50000	4166.67	138.89	17.36	0.29
Mantenimiento Mecanico mensual (Noviembre)	Mantenimiento	8691		8691	367.59	45.95	0.77
Diesel Industrial (galones) incluido el transporte al sitio	Galón 60	2			120	15.00	0.25
Operador más alimentación y beneficios de ley	1	1500		1500	68.18	8.52	0.14
Ayudante de campo más alimentación y beneficios de ley	1	670		670	30.45	3.81	0.06
Total				15027.67	725.12	90.64	1.51

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

4.2.2.5. Determinar el rendimiento m^3 h^{-1} y costo (m^3) del troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m con Harvester

Para determinar el costo del m^3 h^{-1} de tiempo de las 5 especies del troceado de madera tropical con trozas cortas de 2.65 m se observó que las dos especies *Jacaranda copaia* (Jacaranda), y *Terminalia ivorensis* (Terminalia) presentaron los mejores rendimientos del estudio de tiempos de troceado con 97m^3 h^{-1} y 124m^3 h^{-1} y un costo del (m^3) es de 0.94 y 0.73 dólares en las 5 parcelas de 1000 m rectangulares esto se debe al manejo Silvicultural que tienen estas dos especies de fuste limpio sin nudos y su auto poda natural en comparación a la especie *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), que tiene su fuste con nudos y con torceduras por su difícil manejo Silvicultural de la especie

y su rendimiento es el más bajo con 50m^3 h^{-1} y un costo del (m^3) 1.82 dólares descritos en la Tabla 9.

Tabla 9. Determinar el costo m^3 h^{-1} del troceado de madera tropical con longitudes en trozas cortas de 2.65 m con harvester

Especie	N° de Parcela	Árboles /Ha	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Vf (m^3) /Ha	Vf m^3/Hora	Vf m^3/Hora producidas	Vf m^3/Hora planificadas	Rendimiento (m3/hora producida)	Rendimiento (m3/hora planificada)	Costo($)/Hora depreciado del Harvester	Costo($) ($m^3$)/hora producida	Costo($) ($m^3$)/hora planificada
Chuncho	5	226	32	9	143	50	300	550	50	27	91	1.82	3.34
Cutanga	5	152	33	12	153	94	564	1034	94	51	91	0.97	1.77
Jacaranda	5	172	32	11	132	97	582	1067	97	53	91	0.94	1.72
Laurel	5	158	32	12	133	87	521	956	87	47	91	1.05	1.92
Terminalia	5	76	44	20	177	124	746	1367	124	68	91	0.73	1.34

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

4.2.2.6. Determinar el rendimiento m^3 h^{-1} y costo (m^3) del troceado de madera tropical con longitudes en trozas largas de 5.35 m con harvester

Para determinar el costo m^3 h^{-1} de las 5 especies del troceado de madera tropical con trozas largas de 5.35 m se observó que las dos especies *Jacaranda copaia* (Jacaranda), y *Terminalia ivorensis* (Terminalia) presentaron los mejores rendimientos del estudio de tiempos de troceado con 128m^3 h^{-1} y 170m^3 h^{-1} y un costo del (m^3) es de 0.71 y 0.54 dólares en las 5 parcelas de 1000 m rectangulares esto se debe al manejo Silvicultural que tienen estas dos especies de fuste limpio sin nudos y su auto poda natural en comparación a la especie *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), que tiene su fuste con nudos y con torceduras por su difícil manejo Silvicultural de la especie y su rendimiento es el más bajo con 76m^3 h^{-1} y un costo del (m^3) 1.19 dólares descritos en la Tabla 10.

Tabla 10. Determinar el costo m^3 h^{-1} del troceado de madera tropical con longitudes en trozas largas de 5.35 m con harvester.

Especie	N° de Parcela	Árboles /Ha	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Vf (m^3) /Ha	Vf m^3/Hora	Vf m^3/Hora producidas	Vf m^3/Hora planificadas	Rendimiento (m3/hora producida)	Rendimiento (m3/hora planificada)	Costo($)/Hora depreciado del Harvester	Costo($) ($m^3$)/hora producida	Costo($) ($m^3$)/hora planificada
Chuncho	5	222	33	10	152	76	457	839	76	42	91	1.19	2.19
Cutanga	5	120	34	13	119	113	680	1247	113	62	91	0.80	1.47
Jacaranda	5	190	30	13	154	128	769	1410	128	70	91	0.71	1.30
Laurel	5	136	30	10	88	91	544	997	91	49	91	1.00	1.84
Terminalia	5	84	44	22	217	170	1019	1869	170	93	91	0.54	0.98

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

4.3. DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA HIPÓTESIS.

4.3.1. Variables Independientes Troceado de madera tropical.

- *Datos dasométricos de las especies.*

Los parámetros utilizados para la medición y estimación de las variables independientes fueron: 5 especies forestales tropicales las cuales son *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), *Parkia multijuga* (Cutanga), *Jacaranda copaia* (Jacaranda), *Cordia alliodora* (Laurel) y *Terminalia ivorensis* (Terminalia). Número de individuos por unidad de Muestreo, Diámetro promedio (DAP), altura promedio, Vf, Vc. Realizando 5 parcelas de 40 por 25 m para las trozas cortas de 2.65 m y 5 parcelas de 40 por 25 m para las trozas largas de 5.35 m

Las 5 parcelas por especie de 40 por 25 m de trozas cortas de 2.65 m con mayor número de árboles ha^{-1} y Vc ha^{-1} fue el, *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), con 226 árboles y 201m^3 ha^{-1} y *Terminalia ivorensis* (Terminalia),

con mayor diámetro, altura comercial y Vc ha^{-1} de las especie pero con menor número de árboles ha^{-1}, con 76 árboles y 252m^3 ha^{-1}. Para las 5 parcelas por especie de 40 por 25 m de trozas largas de 5.35 m con mayor número de árboles ha^{-1} y Vc ha^{-1} fue el, *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), con 222 árboles y 212m^3 ha^{-1} y *Terminalia ivorensis* (Terminalia), con mayor diámetro, altura comercial y Vc ha^{-1} de las especie pero con menor número de árboles ha^{-1}, con 84 árboles y 302m^3 ha^{-1}.

4.4. COMPROBACIÓN/DISPROBACIÓN DE HIPÒTESIS

En la Tabla 11 y Tabla 12 se presentan los valores de probabilidad p entre las unidades de muestreo, donde no se registraron diferencias significativas en los tiempos del proceso de troceado de madera tropical mediante harvester de las 5 especies de muestreo presentando los valores de probabilidad inferiores al 0,05.

Tabla 11. Matriz de diferencias significativas según el tiempo del proceso del troceado de madera tropical con longitudes en trozas cortas de 2.65 m de las 5 especies forestales.

Especie	Chuncho	Cutanga	Jacaranda	Laurel	Terminalia
Chuncho	1	-0.945	0.766	0.685	-0.791
Cutanga	-0.945	1	-0.765	-0.688	0.567
Jacaranda	0.685	-0.765	1	0.622	-0.482
Laurel	0.766	-0.688	0.622	1	-0.801
Terminalia	-0.791	0.567	-0.482	-0.801	1

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

Tabla 12. Matriz de diferencias significativas según el tiempo del proceso del troceado de madera tropical con longitudes en trozas cortas de 5.35 m de las 5 especies forestales.

Especie	Chuncho	Cutanga	Jacaranda	Laurel	Terminalia
Chuncho	1	-0.862	-0.207	-0.639	-0.457
Cutanga	-0.862	1	-0.287	0.619	0.115
Jacaranda	-0.207	-0.287	1	0.256	0.418
Laurel	-0.639	0.619	0.256	1	-0.085
Terminalia	-0.457	0.115	0.418	-0.085	1

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

En la Tabla 13 y Tabla 14 se presentan los valores de probabilidad p entre las unidades de muestreo, donde no se registraron diferencias significativas en el costo $m^3\ h^{-1}$ del troceado de madera tropical con longitudes en trozas de 2.65 m y 5.35 m con harvester de las 5 especies de muestreo presentando los valores de probabilidad inferiores al 0,05.

Tabla 13. Matriz de diferencias significativas según el Costo $m^3\ h^{-1}$ de troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 2.65 m con Harvester.

Especie	Chuncho	Cutanga	Jacaranda	Laurel	Terminalia
Chuncho	1	0.726	-0.521	-0.731	-0.604
Cutanga	0.726	1	-0.988	-0.625	-0.261
Jacaranda	-0.731	-0.988	1	0.693	0.312
Laurel	-0.521	-0.625	0.693	1	0.781
Terminalia	-0.604	-0.261	0.312	0.781	1

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

Tabla 14. Matriz de diferencias significativas según el Costo m^3 h^{-1} de troceado de madera tropical con longitudes de trozas de 5.35 m con Harvester.

Especie	Chuncho	Cutanga	Jacaranda	Laurel	Terminalia
Chuncho	1	-0.356	-0.503	-0.151	0.123
Cutanga	-0.356	1	0.588	0.819	0.589
Jacaranda	-0.503	0.588	1	0.832	0.241
Laurel	-0.151	0.819	0.832	1	0.432
Terminalia	0.123	0.589	0.241	0.432	1

Elaborado por: Aguilar, F. (2015)

A través de la distribución de la prueba de T por pares de unidades de muestreo y del análisis de correlación entre especies de las mismas longitudes del troceado de madera tropical a 2.65 m y 5.35 m se realizó la verificación de la variable dependiente de la hipótesis:

H0: p > 0,05 No existen diferencias significativas en el tiempo del proceso del troceado de madera tropical, con longitudes de trozas de 2.65m y 5.35m con harvester.

H1: p < 0,05 Existen diferencias significativas en el tiempo del proceso del troceado de madera tropical, con longitudes de trozas de 2.65 m y 5.35 m con harvester.

Siendo el valor de probabilidad p < 0,05 dentro de todas las unidades de muestreo se acepta *H0* y se rechaza *H1* al 95% de probabilidad, se afirma que no existen diferencias significativas en las 5 especies en el tiempo del proceso del troceado de madera tropical, con longitudes de trozas en 2.65 m y 5.35 m con harvester.

A través del análisis de la prueba de T y del análisis de correlación entre especies de la misma longitud del troceado de madera tropical de 2.65m y 5.35 m se realizó la verificación de la variable dependiente de la hipótesis:

H0: No existen diferencias significativas en el costo m^3 h^{-1} del troceado de madera tropical, con longitudes de trozas de 2.65 m y 5.35 m

H1: Existen diferencias significativas en el costo m^3 h^{-1} del troceado de madera tropical, con longitudes de trozas de 2.65 m y 5.35 m

.

Siendo el valor de probabilidad $p < 0,05$ dentro de todas las unidades de muestreo se acepta *H0* y se rechaza *H1* al 95% de probabilidad, se afirma que no existen diferencias significativas en las 5 especies del costo m^3 h^{-1} del troceado de madera tropical con longitudes de trozas en 2.65 m y 5.35 m.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En las trozas cortas de 2.65 m se determinó mayor número de árboles ha^{-1} y Vc ha^{-1} la especie, *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), con 226 árboles y 201m^3ha^{-1} y *Terminalia ivorensis* (Terminalia), con mayor diámetro, altura comercial y Vc/Ha de las especie pero con menor número de árboles ha^{-1}, con 76 árboles y 252m^3 ha^{-1}, las trozas largas de 5.35 m se analizó el mayor número de árboles ha^{-1} y Vc ha^{-1} al, *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), con 222 árboles y 212m^3 ha^{-1} y *Terminalia ivorensis* (Terminalia), con mayor diámetro, altura comercial y Vc ha^{-1} de las especie pero con menor número de árboles ha^{-1}, con 84 árboles y 302m^3 ha^{-1}.

- En el proceso de troceado de madera tropical se determinaron seis horas (6 h^{-1}) de trabajo productivas y cinco horas (5 h^{-1}) de demoras identificadas por factores de trabajo del harvester en el troceado de madera tropical y las horas planificadas del día son de 11 horas.

- El costo del troceado de madera tropical del harvester se le determino en función de la depreciación para 10 años incluida la vida útil con lo que se determinaron costo (1 h^{-1}) de 91 dólares.

- En cortas de 2.65 m se observó dos especies *Jacaranda copaia* (Jacaranda), y *Terminalia ivorensis* (Terminalia) presentaron los menores tiempos de troceado con 41 minutos y 43 minutos esto se debe al manejo Silvicultural que tienen estas dos especies de fuste limpio sin nudos y su auto poda natural en comparación a la especie *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), que tienen sus fustes con nudos y con torceduras por su difícil manejo Silvicultural y su tiempo de troceo es el más alto con 86 minutos.

- Las trozas largas de 5.35 m se observó que las dos especies *Cordia alliodora* (Laurel) y *Parkia multijuga* (Cutanga), presentaron los menores tiempos de troceado con 29 minutos y 32 minutos esto se debe al número de árboles de turno final del manejo Silvicultural quedando con 136 árboles ha^{-1} y 120 árboles ha^{-1} en comparación a la especies *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho) que tiene su fuste con nudos y con torceduras por su difícil manejo Silvicultural y su tiempo de troceo es el más alto con 60 minutos.

- En longitudes de trozas cortas de 2.65 m se observó que las especies *Jacaranda copaia* (Jacaranda), y *Terminalia ivorensis* (Terminalia) presentaron los mejores rendimiento con $97m^3\ h^{-1}$ y $124m^3\ h^{-1}$ y un costo del (m^3) es de 0.94 y 0.73 dólares, en comparación a la especie *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), que tiene su fuste con nudos y con torceduras por su difícil manejo Silvicultural de la especie y su rendimiento es el más bajo con $50m^3\ h^{-1}$ y un costo del (m^3) 1.82 dólares.

- Las trozas largas de 5.35 m se observó que las especies *Jacaranda copaia* (Jacaranda), y *Terminalia ivorensis* (Terminalia) presentaron los mejores rendimientos del troceado con $128m^3\ h^{-1}$ y $170m^3\ h^{-1}$ y un costo del (m^3) es de 0.71 y 0.54 dólares esto se debe al manejo Silvicultural que tienen estas dos especies de fuste limpio sin nudos y su auto poda natural en comparación a la especie *Cedrelinga cateniformis* (Chuncho), que tiene su fuste con nudos y con torceduras por su difícil manejo Silvicultural de la especie y su rendimiento es el más bajo con $76m^3\ h^{-1}$ y un costo del (m^3) 1.19 dólares.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere la siembra de Plantaciones Forestales comerciales con especies exóticas, como la Jacaranda, Terminalia y la Melina, por motivos que su manejo Silvicultural es fácil y sus rendimientos de turno final pueden llegar a los 350m^3 ha^{-1}.

- Las Empresas Forestales deben modernizarse con maquinaria Forestal para realizar el Aprovechamiento de sus plantaciones y lograr mayores rendimientos de m^3 h^{-1} del troceado de madera a menor costo.

- En vista que el número de especies e individuos difiere para el turno final entre las zonas analizadas se sugiere homogenizar el manejo Silvicultural para obtener mejores tiempos del troceado de madera.

- Incentivar la siembra a los propietarios y agricultores, mediante el Incentivo Forestal por parte del Gobiernos Nacional con el fin de contribuir al sector maderero su permanencia y recuperación en el ámbito nacional e internacional con las exportaciones.

- Realizar estudios en otras especies de interés comercial el troceado de madera, mediante el harvester para comparar con este estudio los rendimientos y costos del m^3 h^{-1}.

CAPÍTULO VI
PROPUESTA ALTERNATIVA.

6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

Modelo de cosecha de madera tropical para empresas de dos Cantones de la Provincia de Pichincha.

6.2. JUSTIFICACIÓN

El Aprovechamiento en Plantaciones Forestales de madera tropical referente al troceado de madera con Harvester, rendimiento en $m^3\ h^{-1}$ y su costo del (m^3) es determinante para garantizar la sostenibilidad de la cosecha, por ello el motivo de este modelo de cosecha de madera tropical tiene la finalidad de proporcionar un indicador de rendimiento de $m^3\ h^{-1}$ y su costo del (m^3) en la provincia de Pichincha.

Las especies a plantarse *Jacaranda copaia* (Jacaranda), y *Terminalia ivorensis* (Terminalia) y *Gmelina arbórea* (Melina) su costo/beneficio es de 1:32.

Es así como se puede señalar que en ausencia de planes operativos de cosecha las operaciones son difíciles de coordinar, imposibles de controlar adecuadamente y no garantizan una utilización sostenible de los productos del bosque. Los problemas surgidos durante la ejecución de las operaciones se traducirán, por tanto, en una subutilización de los recursos productivos y excesivos costos (Conway, 1982). Todo lo anterior ha llevado a las empresas forestales a utilizar técnicas de programación matemática, algoritmos y modelos computacionales como herramientas de apoyo al proceso de toma de decisiones, con el fin de aumentar el rendimiento de las faenas y optimizar los sistemas productivos. Al respecto, las técnicas más usadas en planificación forestal corresponden a la Simulación y a la Programación Lineal (García, 1990). Mediante modelos de simulación es posible describir el comportamiento de un determinado sistema dadas ciertas condiciones iniciales. Por su parte, la programación lineal, así como otras técnicas de programación matemática,

están diseñadas para permitir la elección de alternativas óptimas a partir de un conjunto de posibles alternativas (Kent, 1989). En este sentido, los modelos de optimización permiten encontrar buenas soluciones a problemas de programación de actividades, tales como la selección de esquemas de manejo, la producción de madera rolliza y la asignación de transporte (Laroze *et al*., 1997).

6.3. FUNDAMENTACIÓN

La propuesta está basada en el acuerdo 139, publicado mediante Registro Oficial Suplemento No. 164 del 5 de abril del 2010, mediante el cual se establecen los "Procedimientos Administrativos para Autorizar el Aprovechamiento de Corta de Madera", que tiene como objeto establecer los procedimientos administrativos para autorizar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables de los bosques naturales húmedo, andino y seco; de los bosques cultivados: plantaciones forestales, árboles plantados, árboles de la regeneración; natural en cultivos; las formaciones pioneras; de los árboles en sistemas agroforestales y los productos forestales diferentes de la madera.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo General

Elaborar modelo de cosecha de madera tropical para empresas de dos Cantones de la Provincia de Pichincha.

6.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar las áreas de siembra de las plantaciones de madera tropical.
- Determinar las actividades para la ejecución del modelo de cosecha de madera tropical.

6.5. IMPORTANCIA

La ejecución del modelo planteado contribuirá directamente al rendimiento de $m^3\ h^{-1}$ y su costo del (m^3) en el troceado de madera existentes en el área de estudio, ya que le ayudara a bajar su costo y aumentar su producción del mismo. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), mediante su programa de Incentivos Forestales además del interés de propietarios y comuneros que buscan generar ingresos por actividades de la madera, y su Aprovechamiento Forestal en las parroquias La Celica, La Sexta.

6.6. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA

La ubicación sectorial y física del modelo tiene un alcance local, el área de estudio se encuentra localizada en la Parroquia Puerto Quito distribuidas en el límite entre los Cantones Puerto Quito y Pedro Vicente Maldonado pertenecientes a la Provincia de Pichincha. Donde se determinó las áreas que poseen mayor diversidad de especies tropicales.

6.7. FACTIBILIDAD

6.7.1. Factibilidad Social

Propietarios y comuneros adyacentes a las áreas donde se ejecutará la propuesta poseen la predisposición de brindar las facilidades para desarrollar los objetivos planteados dentro del modelo de cosecha de madera tropical, ya

que por iniciativa propia han iniciado con la siembra de plantaciones forestales comerciales por medio del Incentivo Forestal del (MAGAP).

6.7.2. Factibilidad Legal

Mediante (Decreto Ejecutivo N° 931) Registro Oficial No. 292. Art. 1 Las competencias en materia de regulación, promoción, fomento, comercialización y aprovechamiento de plantaciones forestales y su manejo sustentable con fines comerciales, establecidas en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, pasan a ser asumidas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca ejercerá las mencionadas competencias mediante la implementación de actividades de forestación, reforestación, forestaría comunitaria y agroforestería, con especies nativas y/o exóticas, de conformidad con lo establecido en el Plan Nacional de Forestación y Reforestación, expedido mediante Acuerdo Ministerial No. 113 de 15 de septiembre del 2006 y publicado en el Registro Oficial No. 371 de 5 de octubre del mismo año.

6.8. PLAN DE TRABAJO

La propuesta se fundamenta en función del plan de trabajo descrito en la tabla 15. Estructurado con objetivo, localización, actividades propuestas, Metas, responsable, costos (USD) asociados directamente a las actividades y actores participantes en su ejecución.

Tabla 15. Plan de trabajo determinado para la propuesta.

Proyecto	Objetivos	Localización	Actividades propuestas	Meta	Costos (USD)	Responsable
Modelo de cosecha de madera tropical	Elaborar propuesta de modelo de cosecha de madera tropical**.**	Parroquia Puerto Quito y Parroquia Pedro Vicente Maldonado	Determinación del área de siembra e identificación de la especie forestal a utilizar. 10400 USD Establecimiento y producción de plántulas a nivel de viveros. 14.143 USD Determinar el tipo de maquinaria forestal para el Aprovechamiento forestal. 1127.15 USD	Sistema de siembra y preparación del suelo. Vivero temporal con una capacidad de 10000 plántulas. Maquinaria seleccionada para el tipo de suelos del área de estudio.	23 670,15 USD	Autor de la propuesta Técnico contratado

Elaborado por Aguilar, F. (2015)

6.9. ACTIVIDADES

6.9.1. Área de siembra e identificación de la especie forestal a utilizar.

La selección del área donde se ejecutará el modelo de cosecha forestal se realizó en función de los parámetros edafo-climaticos, y de las especies de su nivel altitudinal para lo cual se seleccionaron tres especies Melina (Gmelina arbórea), Jacaranda (Jacaranda copaia) y Terminalia (Terminalia ivorensis) y las Parroquias de Puerto Quito y Pedro Vicente Maldonado que presentas las condiciones adecuadas para su crecimiento con un área total de 25, ha en la parroquia la Celica 0988.

6.9.2. Establecimiento y producción de plántulas a nivel de vivero

Se implementara un vivero forestal temporal dentro del área de estudio con una capacidad de 10000 plántulas, cumpliendo los requerimientos de acceso vehicular, disponibilidad de agua, acceso de personal, control de plagas y enfermedades entre otras.

6.9.3. Tipo de maquinaria forestal para el Aprovechamiento forestal.

Al planificar la cosecha no sólo debemos considerar la corta y el transporte desde el punto de vista económico, sino también los posibles impactos de dichas actividades, por lo que se debe buscar un punto de equilibrio entre las consideraciones económicas, ambientales y sociales, de modo de garantizar la gestión sostenible del recurso forestal. Para cada situación hay que buscar la mejor solución posible para conseguir una mayor producción del mismo, sin llegar a producir grandes impactos al sitio y la plantación.

Por tal motivo se determinó la compra de maquinaria forestal de oruga para la tumba y apilado de los árboles, arrastre de los árboles al patio de acopio, derrame, troceado y clasificación de las trozas y carguío de los transportes.

6.9.4. Sistemas de siembra y preparación del suelo

La siembra comprenderá un espaciamiento que fluctuara entre los 3 x 3 m hasta los 4 x 4 m. Posteriormente se procederá a la limpieza manual del área a plantar y balizado para finalmente realizar el hoyado y plantado de la especie hasta una altura de 30 cm de las plántulas.

Se procederá a realizar una corta de saneamiento o extracción de especies de uso agrícola existente en el área de estudio; Coffea arabica (café), Theobroma cacao (cacao), Eugenia stipitata (arazá), Psidium guajava (guayabo), además de especies que generen o posean problemas fitosanitarios y ataque de plagas.

6.9.5. Mantenimiento y manejo

El mantenimiento comprenderá labores de limpieza, corona, podas y raleos del árbol correspondiente a los primeros cinco años del establecimiento, con el fin de evitar la competencia por nutrientes y luz que inhiben el crecimiento y desarrollo adecuado de los árboles.

6.10. RECURSOS

Los recursos requeridos para la implementación del modelo de cosecha de madera tropical son:

- Recurso Humano

Se requerirá de personal capacitado a nivel de vivero, labores de limpieza balizado, hoyado, plantado además de un técnico capacitado en el área forestal para realizar el seguimiento de las actividades propuestas.

- Recurso material y financiero

Los materiales y los costos para la implementación de la propuesta se describen a en la Tabla 16.

6.11. IMPACTO

La implementación de la propuesta generara impactos económicos, sociales y ambientales positivos fundamentalmente en su mayor producción de m^3/Ha y su rendimiento en el troceado de madera en m3 h-1 y su costo del (m^3), debido a la selección de las especies que son de rápido crecimiento en la zona de estudio y su facilidad con el manejo silvicultural.

6.12. EVALUACIÓN

En función de informes de avance de cumplimiento de actividades y monitoreo del crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas por parte del técnico forestal asignando, se evaluara el desarrollo del Plan de Aprovechamiento Forestal.

Tabla 16. Recursos y costos requeridos para la ejecución de la propuesta.

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Valor Total
Establecimiento de vivero temporal				
Técnico Forestal	Sueldo	1	2000	2000
Material vegetativo (semillas o plántulas)	Unidad	20825	0.2	4165
Plástico para vivero	m2	60	3	180
Malla 75% de luminosidad	m2	60	5	300
Postes de Soporte	Unidad	24	7	168
Alambre galvanizado 4 mm	rollo	4	25	100
Fundas para plántulas	Ciento	100	2	200
Regadera	Unidad	2	15	30
Pala	Unidad	2	20	40
Establecimiento y Manejo de vivero	Jornal	100	30	3000
Sistema de Siembra y Preparación del terreno.				
Motosierra	Unidad	1	900	900
Machetes	Unidad	4	15	60
Extracción de árboles indeseables	Jornal	10	20	200
Chapia	Jornal	40	20	800
Balizado	Jornal	25	20	500
Hoyado	Jornal	50	20	1000
Siembra	Jornal	25	20	500
Mantenimiento y manejo (año 1,2,3,4 y 8)				
Chapia	Jornal	100	20	2000
Poda de alturas	Jornal	200	20	4000
Raleos	Jornal	100	20	2000
Control Fitosanitario	Jornal	20	20	400
Subtotal				22543
Imprevistos 5%				1127.15
Total				**23670.15**

BIBLIOGRAFIA

Anais. 2002. XII Seminario de atualização sobre sisttemas de colheita de madeira e transporte florestal. Curitiva-Paraná-Brasil, Septiembre 08-10 de 2002. 186p.

Araki, D. 1991. Evaluation of a Denis DP550 Log Processor. FERIC, Vancouver.Field Note Processing TN-178. 7p.

Araki, D. 1991. Evaluation of a Lin-Mit LM2200 Log Processor. FERIC, Vancouver. Field Note Processing TN-168. 7p.

Behrndt, W. 1990. Hochmechanisierte Nadeholzdurch-forstung. Merkblatt N° 23. Niedersächsischen Forstplan-nungsamt. Alemania, 18 p.

Boswell, B. 1998. Vancouver Island Mechanized ThinningTrials. Wood Harvesting, Technical Note TN-271. Forest Engineering Research Institute of Canada, 15 p.

Carey, P. 1992. Metodología y diseño de un sistema para el apoyo en la planificación de operaciones forestales. Bosque. 18(1): 83 – 88.

Carey, P. 1997. Metodología y diseño de un sistema para el apoyo en la planificación de operaciones forestales. Bosque (Chile) 18(1): 83-88

Chávez, A. 1997. Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío,Manual Práctico. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz - Bolivia.

Eeronheimo, O.; P. Mäkinen. 1995. Desarrollo de cosecha forestal en plantaciones de pino radiata en Chile. Serie informativa del Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia. Helsinki - Finlandia. 79p

Eeronheimo, O., P. Mäkinen. 1995. Desarrollo de cose-cha forestal en las plantaciones de pino radiata en Chile.Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia, SerieInformativa 542. Helsinki, 79 p.

FAO. 1979. Evaluación de los costos de extracción a partir de inventarios forestales en los trópicos. FAO. Roma, Italia. 2 v.

Gabriel, O. 1997. Forstliches von der Ligna, Hannover. AFZ,DerWald.AllgemeineForstund Zeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge. Alemania. 52 (13):pp. 685-688.

Hunt, J. 1995. Harvesting System: Cut-To-Length, Item # 4.Compendium of Commercial Thinning-Operations. Forest Engineering Research Institute of Canada, Western Division,2 p.

Luna, H. y Sánchez, J. 2008. Evaluación operacional y ambiental del abastecimientoforestal en el Ejido San Pablo, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de Ingeniería. Durango –México.

Neuenschwander, R. 2001. Maquinaria de explotación forestal. Facultad de CsForestales Universidad de Talca. 150p.

Mitchell, J. 1995. Harvesting System: Cut-To-Length, Item # 2. Compendium of Commercial Thinning - Operations.Forest Engineering Research Institute of Canada, Western Division, 2 p.

Moshenko, D. 1992. Evaluation of a Harricana Cantrack HM-1760 Log Processor.FERIC, Vancouver. Field Note Processing TN-178. 6p.

Parra, M. 1997. "Proposición de líneas de investigación sobre el problema del efecto del madereo en el suelo". Revista Académica de la Universidad Católica del Maule (Talca,Chile) 23: 11-23.

Parra, M., Carey, P. 2000. Consideraciones metodológicas para la evaluación de la cortadora – procesadora (harvester) en operaciones forestales. Bosque (Chile) 21(2): 137 – 146.

Richardson, R., J. Makkonen. 1994. The Performanceof Cut-To-Length Systems in Eastern Canada. Technical Report TR-109. Forest Engineering Research Institute ofCanada, 16 p.

Richardson, R. 1989. Evaluation of Five Processors and Harvesters. Technical Report TR-94. Forest Engineering Research Institute of Canada, 18 p.

Tolosana, E.; V. González; S. Vignote. 2000. El aprovechamiento maderero. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid – España. 563p

Vignote, S., J. Martos, M. Gonzalez. 1993. Los trac-tores forestales en la explotación forestal. Depto. Economía y Gestión de las Explotaciones e Industrias Forestales. Es-cuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. España,150 p.

Wagelaar, R. 1997. "Rundholzvermessung mit Harvestern,Erfahrungen und Erwartungen der Praxis. AFZ, Der Wald", AllgemeineForstZeitschriftfürWaldwirtschaftund Umweltvorsorge. Alemania. 52 (15): 809-812.

ANEXOS

Anexo 1. Datos del inventario forestal por especie con trozas cortas de 2.65 m y trozas largas de 5.35 m.

ESPECIE	Nº PARCELA 1000m2 (40x25)	Nº ARBOL	Altura Total (m)	Altura comercial (trozas)	Altura comercial (m)	Ø1 (tocon base del árbol)	TROZA 1			TROZA 2			TROZA 3			TROZA 4			TROZA 5			TROZA 6			TROZA 7			$V=\left[\frac{\pi(d_1^2+d_2^2)}{4}\right]\frac{L}{2}$	v=¶*Ø²*L/4	Vf/Vc	Vc(Vf/Vc)
							Øm (DAP)	Ø2	L	Ø1	Ø2	L	Ø1	Ø2	L	Ø1	Ø2	L	Ø1	Ø2	L	Ø1	Ø2	L	Ø1	Ø2	L	Vf	Vc		
Jacaranda	1	1	23	6	16	36	34.00	32	2.65	32	30	2.65	30	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	22	2.65			2.65	1.01	1.44	0.70	1.01
Jacaranda	1	2	23	6	16	44	44.00	42	2.65	42	38	2.65	38	37	2.65	37	34	2.65	34	32	2.65	32	32	2.65			2.65	1.71	2.42	0.71	1.71
Jacaranda	1	3	18	4	11	32	30.00	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	22	2.65			2.65			2.65			2.65	0.58	0.75	0.78	0.58
Jacaranda	1	4	20	5	13	28	26.00	24	2.65	24	22	2.65	22	21	2.65	21	19	2.65	19	17	2.65			2.65			2.65	0.50	0.70	0.71	0.50
Jacaranda	1	5	23	6	16	34	34.00	32	2.65	32	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	22	2.65	22	20	2.65			2.65	0.90	1.44	0.62	0.90
Jacaranda	1	6	20	5	13	34	32.00	31	2.65	31	30	2.65	30	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65			2.65			2.65	0.87	1.07	0.82	0.87
Jacaranda	1	7	20	5	13	24	22.00	20	2.65	20	20	2.65	20	19	2.65	19	19	2.65	18	16	2.65			2.65			2.65	0.40	0.50	0.79	0.40
Jacaranda	1	8	20	5	13	34	32.00	30	2.65	30	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	22	2.65			2.65			2.65	0.78	1.07	0.73	0.78
Jacaranda	1	9	23	6	16	36	32.00	30	2.65	30	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	22	2.65	22	20	2.65			2.65	0.89	1.28	0.69	0.89
Jacaranda	1	10	23	6	16	32	30.00	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	22	2.65	20	20	2.65	18	16	2.65			2.65	0.72	1.12	0.64	0.72
Jacaranda	1	11	23	6	16	34	32.00	30	2.65	30	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	20	2.65	20	18	2.65			2.65	0.85	1.28	0.66	0.85
Jacaranda	1	12	20	5	13	30	30.00	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	22	2.65	20	18	2.65			2.65			2.65	0.64	0.94	0.69	0.64
Jacaranda	1	13	18	4	11	26	25.00	24	2.65	24	24	2.65	24	22	2.65	22	20	2.65			2.65			2.65			2.65	0.45	0.52	0.87	0.45
Jacaranda	1	14	15	3	8	28	26.00	24	2.65	24	22	2.65	22	20	2.65			2.65			2.65			2.65			2.65	0.34	0.42	0.81	0.34
Jacaranda	1	15	23	6	16	34	32.00	30	2.65	30	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	22	2.65	22	20	2.65			2.65	0.87	1.28	0.68	0.87
Jacaranda	1	16	20	5	13	30	28.00	26	2.65	26	24	2.65	24	24	2.65	24	22	2.65	22	20	2.65			2.65			2.65	0.62	0.82	0.76	0.62
Jacaranda	1	17	12	2	5	22	22.00	20	2.65	20	18	2.65			2.65			2.65			2.65			2.65			2.65	0.17	0.20	0.83	0.17
Jacaranda	1	18	18	4	11	26	24.00	22	2.65	22	21	2.65	21	20	2.65	20	18	2.65			2.65			2.65			2.65	0.38	0.48	0.79	0.38
Jacaranda	1	19	23	6	16	32	32.00	30	2.65	30	28	2.65	28	26	2.65	26	24	2.65	24	22	2.65	22	20	2.65			2.65	0.86	1.28	0.67	0.86
Jacaranda	1	20	15	3	8	22	22.00	22	2.65	22	18	2.65	18	17	2.65			2.65			2.65			2.65			2.65	0.25	0.30	0.82	0.25
Total																												13.80	19.31	14.79	13.80
Promedio		20	20	5	13		29																					0.69	0.97	0.74	0.69

Anexo 2. Estudio de tiempos del troceado de madera tropical mediante harvester con trozas cortas de 2.65 m

Registrar el número del árbol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Suma tiempos en segundos	tiempos en minutos
Toma, manupuacion del árbol tiempo 1	5	2	4	4	4	6	3	2	3	2	5	3	10	4	2	2	3	5	8	4		
Tiempo del primer corte hasta el segundo corte troza 1	7	3	3	2	5	3	3	3	5	9	7	5	2	6	4	6	2	11	4	3		
Tiempo del primer corte hasta el segundo corte troza 2	3	3	2	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	5	4	5	5	3	2		
Tiempo del primer corte hasta el segundo corte troza 3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	5	3	6		6	3	4		
tiempo del primer corte hasta el segundo corte troza 4	2	3	2	2	2	2	3	2	8	3	3	9	9		3	3		5	3			
Tiempo del primer corte hasta el segundo corte troza 5	3	4		3	5	3	3	5	3	3	6	8			3	4			3			
Tiempo del primer corte hasta el segundo corte troza 6	3	3			9				10	4	3				3				4			
Total	26	22	15	17	33	20	19	18	35	27	31	31	27	18	23	25	10	32	28	13	470	7.83

Anexo 3. Estudio de multimomento registro cada 15 minutos el troceado de madera tropical mediante harvester.

hora de inicio del trabajo 7:00 am	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	∑
troceado	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			420
tiempo de tanqueo de diesel	15																														15
tiempo de mantenimiento y daños	15	15	15	15	15	15	15																								105
tiempo de cambio de cadena	15	15																													30
tiempo de alimentación	15	15																													30
tiempo de necesidades personales	15	15	15																												45
tiempo de coordinación de trabajo	15																														15
hora final del trabajo 6:00 pm																															

Anexo 4. Costo del troceado de madera tropical del harvester

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	Costo/ año	Costo/ mes	Costo/ día	Costo/ Hora	Costo/ minuto
Harvester H250B	Maquina	500000	50000	4166.67	138.89	17.36	0.29
Mantenimiento Mecanico mensual (Noviembre)	Mantenimiento	8691		8691	367.59	45.95	0.77
Diesel Industrial (galones) incluido el transporte al sitio	Galón 60	2			120	15.00	0.25
Operador más alimentación y beneficios de ley	1	1500		1500	68.18	8.52	0.14
Ayudante de campo más alimentación y beneficios de ley	1	670		670	30.45	3.81	0.06
Total				15027.67	725.12	90.64	1.51

Anexo 5. Resumen del inventario forestal de las 5 especies con trozas cortas de 2.65 m.

Especie	N° de Parcela	Promedio de Árboles	Árboles/ Ha	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Promedio Vf (m^3)	Vf (m^3)/ Ha	Promedio Vc (m^3)	Vc (m^3)/ Ha
Chuncho	5	23	226	32	9	14	143	20	201
Cutanga	5	15	152	33	12	15	153	18	179
Jacaranda	5	17	172	32	11	13	132	18	179
Laurel	5	16	158	32	12	13	133	18	180
Terminalia	5	8	76	44	20	18	177	25	252

Anexo 6. Resumen del inventario forestal de las 5 especies con trozas largas de 5.35 m.

Especie	N° de Parcela	Promedio de Árboles	Árboles/ Ha	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Promedio Vf (m^3)	Vf (m^3)/ Ha	Promedio Vc (m^3)	Vc (m^3)/ Ha
Chuncho	5	22	222	33	10	15	152	21	212
Cutanga	5	12	120	34	13	12	119	17	168
Jacaranda	5	19	190	30	13	15	154	20	202
Laurel	5	14	136	30	10	9	88	12	116
Terminalia	5	8	84	44	22	22	217	30	302

Anexo 7. Estudio de tiempos del troceado de madera de las 5 especies con trozas cortas de 2.65 m.

Especie	N° de Parcela	N° de Árboles	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Tiempo troceado/minutos	Tiempo troceado/Horas
Chuncho	5	113	32	9	86	1.43
Cutanga	5	76	33	12	49	0.81
Jacaranda	5	86	32	11	41	0.68
Laurel	5	79	32	12	46	0.77
Terminalia	5	38	44	20	43	0.71

Anexo 8. Estudio de tiempos del troceado de madera de las 5 especies con trozas largas de 5.35 m.

Especie	N° de Parcela	N° de Árboles	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Tiempo troceado/minutos	Tiempo troceado/Horas
Chuncho	5	111	33	10	60	1.00
Cutanga	5	60	34	13	32	0.53
Jacaranda	5	95	30	13	36	0.60
Laurel	5	68	30	10	29	0.48
Terminalia	5	42	44	22	38	0.64

Anexo 9. Rendimiento en $m^3\ h^{-1}$ y su costo del (m^3) del troceado de madera de las 5 especies con trozas cortas de 2.65 m.

Especie	N° de Parcela	Árboles /Ha	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Vf (m^3) /Ha	Vf m^3/Hora	Vf m^3/Hora producidas	Vf m^3/Hora planificadas	Rendimiento (m3/hora producida)	Rendimiento (m3/hora planificada)	Costo($)/Hora depreciado del Harvester	Costo($) ($m^3$)/hora producida	Costo($) ($m^3$)/hora planificada
Chuncho	5	226	32	9	143	50	300	550	50	27	91	1.82	3.34
Cutanga	5	152	33	12	153	94	564	1034	94	51	91	0.97	1.77
Jacaranda	5	172	32	11	132	97	582	1067	97	53	91	0.94	1.72
Laurel	5	158	32	12	133	87	521	956	87	47	91	1.05	1.92
Terminalia	5	76	44	20	177	124	746	1367	124	68	91	0.73	1.34

Anexo 10. Rendimiento en $m^3\ h^{-1}$ y su costo del (m^3) del troceado de madera de las 5 especies con trozas largas de 5.35 m**.**

Especie	N° de Parcela	Árboles /Ha	Promedio Øm (DAP)	Promedio Altura com. (m)	Vf (m^3) /Ha	Vf m^3/Hora	Vf m^3/Hora producidas	Vf m^3/Hora planificadas	Rendimiento (m3/hora producida)	Rendimiento (m3/hora planificada)	Costo($)/Hora depreciado del Harvester	Costo($) ($m^3$)/hora producida	Costo($) ($m^3$)/hora planificada
Chuncho	5	222	33	10	152	76	457	839	76	42	91	1.19	2.19
Cutanga	5	120	34	13	119	113	680	1247	113	62	91	0.80	1.47
Jacaranda	5	190	30	13	154	128	769	1410	128	70	91	0.71	1.30
Laurel	5	136	30	10	88	91	544	997	91	49	91	1.00	1.84
Terminalia	5	84	44	22	217	170	1019	1869	170	93	91	0.54	0.98

Anexo 11. Determinación del tiempo efectivo, tiempo en demoras y tiempo planificado.

Estudio de multimomento	**Día 1**	**Día 2**	**Día 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Día 6**	**Suma**	**Promedio/**
hora de inicio del trabajo 7:00 am	**Horas**	**Horas**	**Horas**	**Horas**	**Horas**	**Horas**	**Total/Hora**	**Hora**
Troceado de madera tiempo efectivo	6	6	6	6	6	6	36	**6.00**
Tiempo de tanqueo de diesel	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.5	0.25
Tiempo de mantenimiento y daños	1.75	2	2.5	2.5	2.5	3	14.25	2.38
Tiempo de cambio de cadena	0.5	0.25	1	0.25	0.25	1	3.25	0.54
Tiempo de alimentación	0.5	1	0.25	1	1	1	4.75	0.79
Tiempo de necesidades personales	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1	4.75	0.79
Tiempo de coordinación de trabajo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.5	0.25
hora final del trabajo 6:00 pm	**Tiempo en demoras en el día de trabajo del Harvester.**							**5.00**
Horas planificadas								**11.00**

Anexo 12. Presupuesto de la propuesta

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Valor Total
Establecimiento de vivero temporal				
Técnico Forestal	Sueldo	1	2000	2000
Material vegetativo (semillas o plántulas)	Unidad	20825	0.2	4165
Plástico para vivero	m2	60	3	180
Malla 75% de luminosidad	m2	60	5	300
Postes de Soporte	Unidad	24	7	168
Alambre galvanizado 4 mm	rollo	4	25	100
Fundas para plántulas	Ciento	100	2	200
Regadera	Unidad	2	15	30
Pala	Unidad	2	20	40
Establecimiento y Manejo de vivero	Jornal	100	30	3000
Sistema de Siembra y Preparación del terreno.				
Motosierra	Unidad	1	900	900
Machetes	Unidad	4	15	60
Extracción de árboles indeseables	Jornal	10	20	200
Chapia	Jornal	40	20	800
Balizado	Jornal	25	20	500
Hoyado	Jornal	50	20	1000
Siembra	Jornal	25	20	500
Mantenimiento y manejo (año 1,2,3,4 y 8)				
Chapia	Jornal	100	20	2000
Poda de alturas	Jornal	200	20	4000
Raleos	Jornal	100	20	2000
Control Fitosanitario	Jornal	20	20	400
Subtotal				22543
Imprevistos 5%				1127.15
Total				**23670.15**

Anexo 13. Fotografía del proceso de troceado de madera tropical mediante el harvester foto N° 1

Anexo 14. Fotografía de tiempos del troceado de madera tropical mediante el harvester Foto N°2.

Anexo 15. Informe emitido por el sistema, de la herramienta anti plagio URKUND

Quevedo, 8 de febrero del 2016

Señor
Dr. Carlos Zambrano
COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO Y APROVECHAMIENTO FORESTAL
Presente.-

De mi mayor consideración:

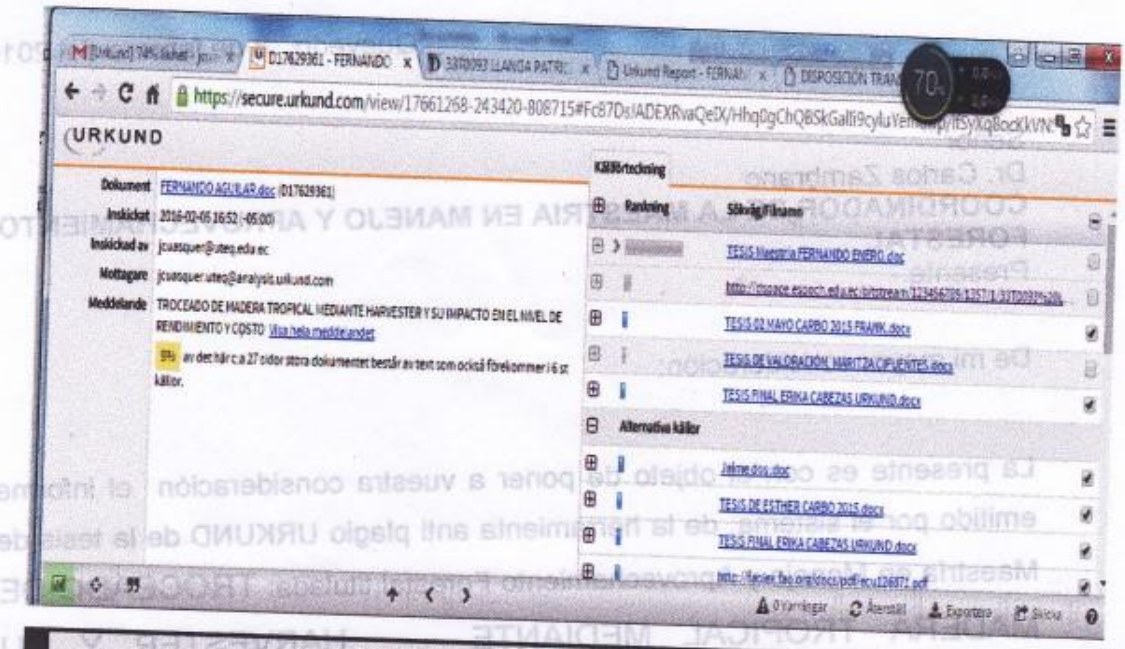
La presente es con el objeto de poner a vuestra consideración el informe emitido por el sistema, de la herramienta anti plagio URKUND de la tesis de Maestría en Manejo y Aprovechamiento Forestal titulada: TROCEADO DE MADERA TROPICAL MEDIANTE HARVESTER Y SU IMPACTO EN EL NIVEL DE RENDIMIENTO Y COSTO AÑO 2015. del Ing. Agrop. Fernando Fabián Aguilar Romero.

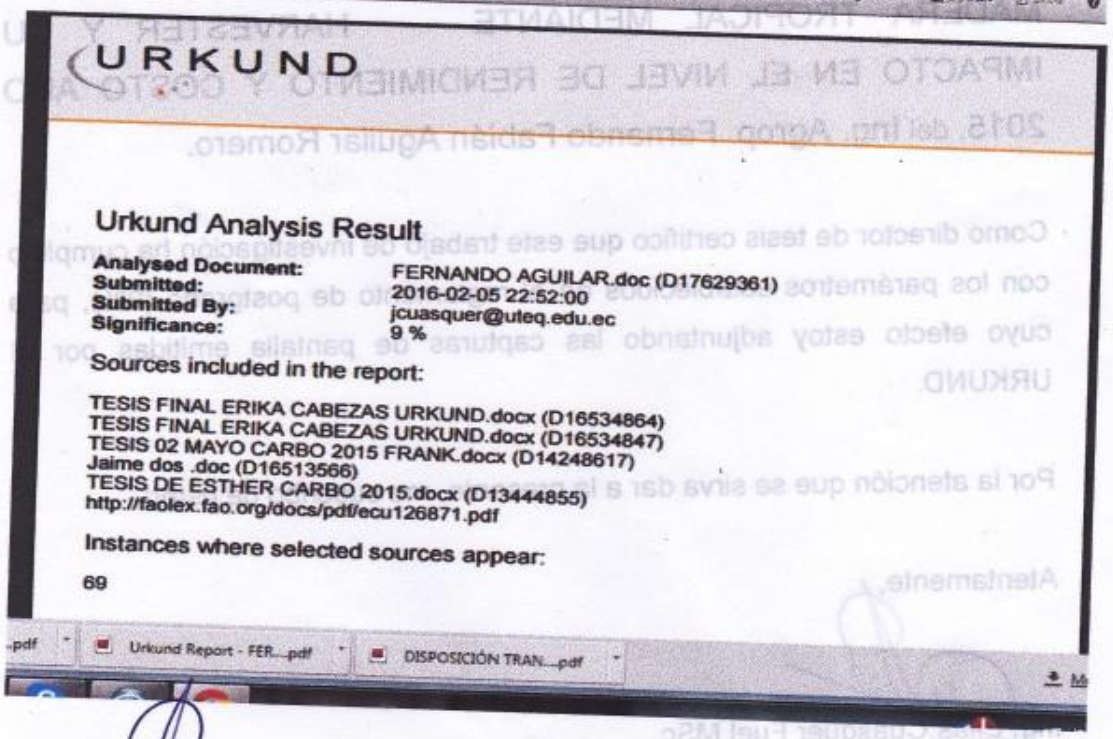
Como director de tesis certifico que este trabajo de investigación ha cumplido con los parámetros establecidos en el reglamento de postgrado (9%), para cuyo efecto estoy adjuntando las capturas de pantalla emitidas por el URKUND.

Por la atención que se sirva dar a la presente, me suscribo de usted,

Atentamente,

Ing. Elías Cuásquer Fuel MSc.
DIRECTOR DE TESIS





Ing. Elías Cuásquer Fuel MSc.
DIRECTOR DE TESIS