

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



Diseño de máquina plantadora de pino y eucalipto con capacidad de 594 plantas/hr. para forestar bosques de la serranía peruana

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Santiago Junior Puyen Villegas

ASESOR

Lucio Antonio Llontop Mendoza

<https://orcid.org/0000-0002-2561-0126>

Chiclayo, 2023

**Diseño de máquina plantadora de pino y eucalipto con capacidad de
594 plantas/hr. para forestar bosques de la serranía peruana**

PRESENTADA POR
Santiago Junior Puyen Villegas

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Alejandro Segundo Vera Lázaro
PRESIDENTE

Elmer Rolando Polo Briceño
SECRETARIO

Lucio Antonio Llontop Mendoza
VOCAL

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis padres: Eduardo Alberto Puyen Tejada y Ortelia Villegas Seminario, a mis hermanos: Cesar Puyen Villegas, Sergio Puyen Villegas y Vanessa Gonzales Villegas, quienes siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte económica, emocional y moral para poder lograr mi meta de ser profesional.

INFORME DE TESIS FINAL_SANTIAGO PUYEN 10-07-24.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	1%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	cimogsys.espoch.edu.ec Fuente de Internet	2%
4	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	nanopdf.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
7	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
9	CÉSAR GUTIÉRREZ VACA. "Estudio y diseño del módulo de transplante de una	<1%

Índice

Resumen	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
II. PROBLEMÁTICA	15
2.1. Planteamiento del problema	15
III. JUSTIFICACIÓN.....	16
IV. OBJETIVOS.....	17
V. HIPÓTESIS	18
VI. MARCO TEÓRICO	19
6.1. Antecedentes:	19
6.1.2. En el Mundo:	19
6.1.3. En el Perú:	20
6.2. Bases teórico-científicas.....	21
6.2.3.1. Descripción	28
6.2.3.2. Clima.....	28
6.2.3.3. Suelo	28
6.2.3.4. Tiempo de crecimiento en vivero	28
6.2.3.5. Plantaciones en el Perú	29
6.2.4. Pinus Radiata	29
6.2.4.1. Descripción	29
6.2.4.2. Plantaciones en el Perú	29
6.2.4.3. Clima.....	29
6.2.4.4. Suelo	30
6.2.4.5. Tiempo crecimiento en vivero	30
6.2.5. Eucalyptus Globulus.....	30
6.2.5.1. Descripción	30
6.2.5.2. Plantaciones en el Perú	31
6.2.5.3. Clima:.....	31
6.2.5.4. Suelo:	31
6.2.5.5. Tiempo de crecimiento en vivero:	31
6.2.6. Producción de plántulas en vivero.....	31
6.2.6.1. En bolsas de polietileno:	31
6.2.6.2. En tubetes insertados en bandejas:.....	32
6.2.6.3. En bandejas de poliestireno:	32
6.2.7. Establecimiento de la plantación:	33

6.2.7.1.	Planificación:	33
6.2.7.2.	Preparación del terreno:	33
6.2.7.3.	Método de plantación tradicional en el Perú.....	34
VII.	MARCO METODOLÓGICO	37
7.1.	Enfoque:	37
7.2.	Tipo de estudio:	37
7.3.	Nivel:.....	37
7.4.	Diseño de investigación	37
7.5.	Población y muestra de estudio	37
7.6.	Criterio de selección.....	37
7.7.	Operación de Variables	38
7.8.	Matriz de consistencia:.....	39
7.9.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
7.10.	Procedimiento de recolección de datos	41
7.11.	Procesamiento y análisis de datos	41
7.11.1.	Diagnostico Forestal de la Sierra del Perú.....	41
7.11.2.	Resultados de diagnóstico:	57
7.11.3.	Especies Forestal:	58
7.11.4.	Altura de las plántulas:	59
7.11.5.	Resultados de mediciones.....	63
7.11.6.	Métodos de plantación.....	63
7.11.7.	Distancia de plantación:.....	64
7.11.8.	Recipientes de producción:.....	65
VIII.	DISEÑO.....	68
8.1.	Metodología de Diseño	68
8.3.	Caja negra.....	70
8.4.	Secuencia de trabajo.....	70
8.5.	Fijación de Procesos técnicos.....	70
8.6.	Funciones del Dispositivo	71
8.7.	Representación de la estructura de funciones:	71
8.8.	Selección de estructura de funciones:	71
8.9.	Matriz morfológica.....	75
8.10.	Conceptos de solución	77
8.11.	Criterio de evaluación de conceptos de solución:	81
8.12.	Evaluación de conceptos de solución	82
IX.	CÁLCULOS:.....	85

9.1.	Determinación de la capacidad de plantado	85
9.2.	Selección del tractor:	85
9.3.	Diseño de brazo hoyador hidráulico:	88
9.3.1.	Cálculo de fuerza requerida para realizar hoyo:	88
9.3.2.	Cálculo y selección de Cilindro Hidráulico	89
9.4.	Cálculo de estructura del brazo hoyador hidráulico	93
9.5.	Cálculo de esfuerzos y dimensiones de pines	97
9.6.	Selección de Surcador:	103
9.7.	Dimensionamiento del enganche de la máquina	104
9.8.	Selección de rueda asentadora:	105
9.9.	Diseño de Eje Principal	106
9.10.	Selección de Neumáticos	123
9.11.	Diseño de Sistema electro-hidráulico	124
9.12.	Cálculo de soldadura	125
X.	PLANOS Y COSTOS DE LA MÁQUINA	128
10.1.	Lista de Planos:	128
10.2.	Estimación de Costos de la máquina:	129
XI.	CONCLUSIONES	132
XII.	RECOMENDACIONES	133
	Bibliografía	134

Lista de Figuras

Figura N° 1: Partes principales de una máquina plantadora	22
Figura N° 2: Máquina plantadora en funcionamiento	22
Figura N° 3: Máquina plantadora con tanque para aplicación de herbicidas	22
Figura N° 4: Máquina plantadora Whitfield	23
Figura N° 5: Sistema de plantación	23
Figura N° 6: Sistema Oleo-Hidráulico típico	24
Figura N° 7: Cilindro Hidráulico de simple efecto con retorno por resorte	26
Figura N° 8: Cilindro Hidráulico de simple efecto con retorno por gravedad	26
Figura N° 9: Funcionamiento de cilindro de doble efecto unilateral	26
Figura N° 10: Plantaciones de Pinus Patula	28
Figura N° 11: Plántulas de Pinus Radiata	28
Figura N° 12: Plantaciones de Pinus Radiata	29
Figura N° 13: Plántulas de Pinus Radiata	30
Figura N° 14: Árbol de Eucalyptus Globulus	30
Figura N° 15: Plántulas de Eucalyptus Globulus	31
Figura N° 16: Bolsas forestal de polietileno	32
Figura N° 17: Tubete	32
Figura N° 18: Bandeja de poliestireno	32
Figura N° 19: Preparación de terreno manual	33
Figura N° 20: Preparación Mecanizada del Terreno	34
Figura N° 21: Hoyo para plántula	34
Figura N° 22: Separación de la bolsa de la Plántula	34
Figura N° 23: Establecimiento en hoyo	35
Figura N° 24: Separación del tubete	35
Figura N° 25: Perforación de suelo para tubete	35
Figura N° 26: Establecimiento de Plántula en hoyo producida en tubete	36
Figura N° 27: Hectáreas deforestadas en el departamento de Ayacucho 2002 – 2021	41
Figura N° 28: Hectáreas deforestadas en el departamento de Cajamarca 2002 – 2021	42
Figura N° 29: Hectáreas deforestadas en el departamento de Huancavelica 2002 – 2021	42
Figura N° 30: Hectáreas deforestadas en el departamento de Cusco 2002 – 2021	43
Figura N° 31: Hectáreas deforestadas en el departamento de Huánuco 2002 – 2021	43
Figura N° 32: Hectáreas deforestadas en el departamento de Junín 2002 – 2021	44
Figura N° 33: Hectáreas deforestadas en el departamento de La Libertad 2002 – 2021	44
Figura N° 34: Hectáreas deforestadas en el departamento de Pasco 2002 – 2021	45
Figura N° 35: Hectáreas deforestadas en el departamento de Puno 2002 – 2021	45
Figura N° 36: Hectáreas a reforestar en el departamento de Ayacucho 2010 - 2018	46
Figura N° 37: Hectáreas a reforestar en el departamento de Ancash 2010 - 2018	47
Figura N° 38: Hectáreas a reforestar en el departamento de Cajamarca 2010 - 2018	47
Figura N° 39: Hectáreas a reforestar en el departamento de Cusco 2010 - 2018	48
Figura N° 40: Hectáreas a reforestar en el departamento de Huancavelica 2010 - 2018	48
Figura N° 41: Hectáreas a reforestar en el departamento de Huánuco 2010 – 2018	49
Figura N° 42: Hectáreas a reforestar en el departamento de Junín 2010 - 2018	49
Figura N° 43: Hectáreas a reforestar en el departamento de La Libertad 2010 - 2018	50
Figura N° 44: Hectáreas a reforestar en el departamento de Pasco 2010 - 2018	50
Figura N° 45: Hectáreas a reforestar en el departamento de Puno 2010 - 2018	51
Figura N° 46: Hectáreas reforestadas en el departamento de Ancash 1996 - 2020	52

Figura N° 47: Hectáreas reforestadas en el departamento de Ayacucho 1996 - 2020	52
Figura N° 48: Hectáreas reforestadas en el departamento de Cajamarca 1996 - 2020	53
Figura N° 49: Hectáreas reforestadas en el departamento de Cusco 1996 - 2020	53
Figura N° 50: Hectáreas reforestadas en el departamento de Huancavelica 1996 - 2020	54
Figura N° 51: Hectáreas reforestadas en el departamento de Huánuco 1996 - 2020	54
Figura N° 52: Hectáreas reforestadas en el departamento de Junín 1996 - 2020	55
Figura N° 53: Hectáreas reforestadas en el departamento de La Libertad 1996 - 2020	55
Figura N° 54: Hectáreas reforestadas en el departamento de Pasco 1996 - 2020	56
Figura N° 55: Hectáreas reforestadas en el departamento de Puno 1996 - 2020	56
Figura N° 56: Pasos en el proceso de diseño	68
Figura N° 57: Estructura de Funciones 01	72
Figura N° 58: Estructura de Funciones 02	73
Figura N° 59: Estructura de Funciones 03	74
Figura N° 60: Concepto de solución 1	77
Figura N° 61: Concepto de solución 2	78
Figura N° 62: Concepto de solución 3	79
Figura N° 63: Concepto de solución 4	80
Figura N° 64: Gráfica de toma de decisión técnico-económica	84
Figura N° 65: Tractor BELÚS-512	87
Figura N° 66: Características técnicas de Tractor BELÚS-512	87
Figura N° 67: Brazo hoyador hidráulico	88
Figura N° 68: Brazo hoyador hidráulico retraído	88
Figura N° 69: Diagrama de fuerzas en punto C del pistón hidráulico	89
Figura N° 70: Pistón Hidráulico	92
Figura N° 71: dimensiones de pistón hidráulico	92
Figura N° 72: Propiedades mecánicas del Acero ASTM- A36 Estructural	94
Figura N° 73: Brazo hoyador hidráulico cuando el pistón está retraído	94
Figura N° 74: Fuerzas actuantes sobre brazo 1	94
Figura N° 75: Diagrama de Cargas de Brazo 1	95
Figura N° 76: Diagrama de fuerza cortante de Brazo 1	95
Figura N° 77: Diagrama de momento flector de Brazo 1	95
Figura N° 78: Dimensiones de la sección de perfiles metálicos huecos cuadrados comerciales	96
Figura N° 79: Diagrama fuerza de empuje de pistón hidráulico 701/2	98
Figura N° 80: Diagrama de carga de Pin C	98
Figura N° 81: Diagrama de Fuerza cortante de Pin C	98
Figura N° 82: Diagrama de Momento flecto de Pin C	99
Figura N° 83: Diagrama de criterios de falla por fatiga	99
Figura N° 84: Aplicación de carga estática en pasador	100
Figura N° 85: Detalles de malla generada	101
Figura N° 86: Esfuerzos de Von Mises	101
Figura N° 87: Factor de Seguridad	102
Figura N° 88: Porcentaje de daño	102
Figura N° 89: Vida Total 1 000 000 ciclos	102
Figura N° 90: Punta Cavadora	103
Figura N° 91: Timón recto fijo	103
Figura N° 92: Enganche según ASAE	104
Figura N° 93: Dimensiones del enganche por categoría según ASAE	104
Figura N° 94: Esquema de enganche de tractor	105

Figura N° 95: Enganche la ISO 730-1:1994	105
Figura N° 96: Dimensiones de enganche por categoría según la ISO 730-1:1994	105
Figura N° 97: Rueda Asentadora	106
Figura N° 98: Diagrama de fuerzas en rueda	106
Figura N° 91: Coeficiente de rodadura según estado y naturaleza del suelo	107
Figura N° 100: Propiedades mecánicas del acero AISI 4340	107
Figura N° 101: Factor Ka	108
Figura N° 94: Factor Kb	108
Figura N° 103: Factor Kd	109
Figura N° 104: Factor Ke	109
Figura N° 105: Factor q	110
Figura N° 106: Factor kts	110
Figura N° 107: Bosque de eje principal	111
Figura N° 108: Diagrama de Fuerzas sobre el eje principal	111
Figura N° 109: Diagrama de Fuerzas sobre el eje principal plano YZ	111
Figura N° 110: Diagrama de fuerza cortante y momento flector de eje principal	112
Figura N° 111: Conexión entre eje principal y cubo	113
Figura N° 112: Diámetros de estrías según la capacidad torsional	114
Figura N° 113: Paso diametral para estrías externas	114
Figura N° 106: Pasos diametrales estándar	115
Figura N° 107: Cubo de fijación estriado	116
Figura N° 108: Variables de Cubo de fijación	116
Figura N° 117: Dimensiones de Cubo de fijación estriado	116
Figura N° 118: Tuerca Almenada	117
Figura N° 119: Dimensiones de tuerca almenada en mm	117
Figura N° 120: Duración recomendada para rodamientos	118
Figura N° 121: Fuerzas aplicadas al modelo del eje principal	119
Figura N° 122: Configuración de malla	120
Figura N° 123: Trazado de malla	120
Figura N° 124: Tensiones de Von Mises en eje principal	121
Figura N° 125: Factor de Seguridad en el eje principal	121
Figura N° 126: Aplicación de cargas en análisis de fatiga	122
Figura N° 127: Porcentaje de daño por fatiga con 1 000 000 ciclos	122
Figura N° 128: Vida total del eje 1 000 000 ciclos por cargas aplicadas	123
Figura N° 129: Rueda agrícola Mitas TS-07	123
Figura N° 130: Especificaciones de rueda agrícola Mitas TS-07	124
Figura N° 131: Diagrama hidráulico del sistema	124
Figura N° 132: Circuito eléctrico de mando del sistema hidráulico	125
Figura N° 133: Zona crítica para soldadura en enganche	125
Figura N° 134: Factores geométricos para análisis de soldadura	126
Figura N° 135: Esfuerzos cortantes y fuerzas sobre soldadura	127
Figura N° 136: Soldadura de chaflán	127

Lista de Tablas

Tabla N° 1: Características de dos tipos de máquinas plantadoras	21
Tabla N° 2: Operalización de variables que se encuentran en el proceso de plantado de pino y eucalipto	¡Error! Marcador no definido.
Tabla N° 3: Matriz de Consistencia.....	39
Tabla N° 4: Número de hectáreas deforestadas por departamento de la sierra en el año 2021	46
Tabla N° 5: Hectáreas por reforestar en departamentos de la sierra en el año 2018.....	51
Tabla N° 6: Hectáreas Reforestadas por departamento año 2020.....	56
Tabla N° 7: Especies Forestales con actual viabilidad comercial por región.	58
Tabla N° 8: Mediciones de altura de plántulas de Pinus Radiata.....	59
Tabla N° 9: Mediciones de Plántulas de Pinus Patula Cama 1 – Cama 4.....	59
Tabla N° 10: Mediciones de Plántulas de Pinus Patula Cama 5 – Cama 8.....	60
Tabla N° 11: Mediciones de Plántulas de Pinus Patula Cama 9 – Cama 12.....	60
Tabla N° 12: Mediciones de Plántulas de Eucalyptus Globulos Cama 1 – Cama 4 en el Vivero de Antabamba.....	61
Tabla N° 13: Mediciones de Plántulas de Eucalyptus Globulos Cama 5 – Cama 8 en el Vivero de Antabamba.....	62
Tabla 14: Resultado de mediciones.....	63
Tabla N° 15: Métodos para el establecimiento de especies forestales	64
Tabla N° 16: Distanciamiento de plantación de acuerdo al objetivo	65
Tabla N° 17: Dimensiones estándar de bolsas forestales distribuidas por Maruplast.....	65
Tabla N° 18: Dimensiones estándar de Tubete redondo distribuidas por Maruplast.....	66
Tabla N° 19: Dimensiones estándar de Tubete cuadrado distribuidas por Maruplast.	66
Tabla 20: Dimensiones estándar de Bandejas forestales distribuidas por Maruplast	67
Tabla N° 21: Lista de Requerimientos	68
Tabla N° 22: Matriz Morfológica	75
Tabla N° 23: Evaluación técnica de conceptos de solución	82
Tabla 24: Evaluación económica de conceptos de solución	83
Tabla 25: Resultados de evaluación técnico - económica.....	83
Tabla 26: Resistencia del suelo según su tipo	86
Tabla 27: Propiedades mecánicas del acero AISI 4140	97

Resumen

Durante los últimos años la tala de árboles y los incendios forestales han ido depredando a una gran velocidad nuestros bosques de la serranía peruana, en el periodo 2002-2019 se registró una deforestación total de 1,97 millones de hectáreas, siendo en la región sierra 628 313 hectáreas de bosque, actualmente el promedio anual de la deforestación en los bosques de nuestro país es de 150 000 hectáreas por año. En el 2014, la deforestación alcanzó un pico 177 571 hectáreas de bosques, con tendencia a seguir creciendo, se estima que en el año 2030 la deforestación puede superar las 350 000 hectáreas por año. Debido a este gran problema las entidades y municipios correspondientes de las zonas afectadas se ven en la necesidad de proponer, planificar y ejecutar proyectos de forestación o reforestación para luchar contra este gran problema ambiental, al ejecutar estos proyectos lo realizan con técnicas de plantado tradicional, las áreas afectadas son extensas y requiere gran cantidad de tiempo y personal, lo que lo convierte en un trabajo arduo, por lo que, de hallarse una solución práctica, podría contribuir en la lucha contra este problema medioambiental de la región.

Por lo tanto, en el presente trabajo se diseñó una máquina plantadora de pino y eucalipto para la forestar bosques de la serranía peruana. Esta máquina se desplaza a una velocidad promedio de 1 m/s con ayuda de un tractor agrícola, cuenta con un mecanismo de labranza la tierra, un mecanismo que hoyador, lo que permite dejar la plántula manualmente en el hoyo y finalmente otro mecanismo que tapa la plántula y compacta la tierra removida, la máquina tiene una capacidad de plantación promedio de 1 188 plántulas/hora una capacidad de almacenamiento de 200 plántulas de pino y/o eucalipto en su tolva.

El proyecto inició con un estudio del área deforestada, área por reforestar y área forestada o reforestada en la sierra del Perú, seguidamente se recolectaron parámetros esenciales de las características de la plántula a plantar, así como también las formas de plantado tradicional y su configuración de plantación.

Posteriormente se elaboró la estructura de funciones, la matriz morfológica a partir de las cuales se diseñaron los conceptos de solución y se seleccionó el más óptimo para el diseño mediante una matriz de decisión. Una vez logrado este paso, se procedió a calcular, dimensionar y seleccionar las piezas y/o equipos que conforman la máquina para posteriormente modelarlo en SolidWorks y elaborar los planos de despiece y ensamble. finalmente se elaboró la lista de costos aproximados de los elementos diseñados y/o seleccionados.

El resultado del proyecto fue una máquina plantadora de pino la cual tendrá una capacidad de almacenamiento de 200 plántulas en su tolva, con una velocidad sobre terreno de 1 m/s traccionada por un tractor con toma de fuerza con una capacidad promedio de plantado de 1 188 plántulas/hora. El costo estimado de la maquina fue de S/. 24 081,75

Palabras claves: Diseño, Maquina plantadora, deforestación, pino, eucalipto SolidWorks.

ABSTRACT

In recent years, the indiscriminate felling of trees and forest fires have been predated our forests in the Peruvian highlands at great speed, in the period 2002-2019 a total deforestation of 1,97 million hectares was registered, with 628 in the sierra region 313 hectares of forest, currently the annual average of deforestation in the forests of our country is 150 000 hectares per year. In 2014, deforestation reached a peak of 177 571 hectares of forests, with a tendency to continue growing; it is estimated that in 2030 deforestation may exceed 350 000 hectares per year. Due to this great problem, the corresponding entities and municipalities in the affected areas find it necessary to propose, plan and execute afforestation or reforestation projects to combat this great environmental problem, when executing these projects they do it with traditional planting techniques, the affected areas are extensive and requires a great deal of time and personnel, which makes it arduous work, so if a practical solution is found, it could contribute to the fight against this environmental problem in the region.

Therefore, in the present work a pine and eucalyptus planting machine was designed for afforesting forests in the Peruvian highlands. This machine travels at an average speed of 1 m / s with the help of an agricultural tractor, it has a mechanism for tilling the soil, a mechanism that allows the seedling to be manually placed in the hole and finally another mechanism that covers the seedling and compacts the removed soil, the machine has an average planting capacity of 1 188 seedlings / hour and a storage capacity of 200 pine and / or eucalyptus seedlings in its hopper.

The project began with a study of the deforested area, the area to be reforested and the forested or reforested area in the Peruvian highlands, then essential parameters of the characteristics of the seedling to be planted were collected, as well as the traditional planting forms and their configuration of plantation.

Subsequently, the structure of functions was elaborated, the morphological matrix from which the solution concepts were designed and the most optimal for the design was selected by means of a decision matrix. Once this step was achieved, we proceeded to calculate, size and select the parts and / or equipment that make up the machine to later model it in SolidWorks and prepare the exploded and assembly drawings. finally the list of approximate costs of the elements designed and / or selected was drawn up.

The result of the project was a pine planting machine which will have a storage capacity of 200 seedlings in its hopper, with a ground speed of 1 m / s pulled by a tractor with a PTO with an average planting capacity of 1 188 seedlings / hour. The estimated cost of the machine was S / . 24 081,75

Keywords: Design, Planting machine, deforestation, pine, eucalyptus SolidWorks.