



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**“PROTOTIPO DE AUTOMATIZACIÓN PARA PROCESO DE DESCORTEZADO Y
SELECCIÓN DE ROLLIZOS DE MADERA MEDIANTE DETECTORES DE MEDICIÓN”**

AUTORES

MARCELO PERALTA GONZÁLEZ

NELSON ROJAS MORENO

*TRABAJO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN AUTOMATIZACIÓN
Guiado por los Profesores Juan Antipil Ibáñez y Jaime Rohten Carrasco.*

2018

Agradecimientos

Quiero agradecer primero que todo a Dios que me ilumina mi camino y me ha dado la oportunidad de estar escribiendo estas palabras. Agradecer infinitamente a mis padres, quienes han sido la roca que ha soportado mis aspiraciones, por su dedicación y su amor incondicional, la entereza de mi papá Enrique Peralta y de forma especial a la calidez de mi mamá Isabel González, quién tras años de esfuerzo por verme llegar a este momento, hace solo unos meses Dios decidió otra cosa. Pero tengo la fe que desde un lugar maravilloso continúa conmigo, y así como hoy, por el resto de mi vida estará en mi corazón. Mis hermanas Mary, Pamela, Carol y Rodrigo mi hermano. A mi pareja Karina y su familia quienes me han apoyado y acompañado todos estos años. A cada uno de mis compañeros y ahora amigos, principalmente a Nelson, Juano, Richard, Jonathan, cada uno de ellos un peldaño que me han ayudado a escalar en el proceso.

Finalmente a nuestros profesores guía Juan Antipil y Jaime Rohten, por su apoyo y paciencia para dar cumplimiento a nuestro trabajo de título. Además a los profesores Vladimir Esparza, Luis Vera quienes no solo me entregaron una formación académica sino también humana.

Marcelo Peralta González.

Primero que todo, agradecer a Dios por acompañarme en todos estos años, por darme las herramientas necesarias para llegar a estas instancias de mi vida y por ser mis sostén en momentos de adversidad. De igual manera, agradecer a mis padres por el apoyo emocional y económico durante todo mi proceso educacional, también agradecer a mis compañeros de Universidad, que sin duda esta etapa no la hubiese podido completar sin la ayuda de ellos, en especial a mi compañero y amigo Marcelo Peralta, entregándome sus conocimientos, por abrirme las puertas de su hogar y tratarme como uno más de ellos.

Finalmente, agradecer a cada uno de los docentes que fueron parte de nuestra formación académica, en especial a los profesores Juan Antipil y Jaime Rohten por el apoyo en esta etapa final y asimismo a la Srta. Sandra Chávez, por estar siempre para dar una palabra de aliento.

Nelson Rojas Moreno.

Resumen

El trabajo va enfocado a aserraderos cuya producción de rollizos es inferior a 10 mil[m³] anuales, aquellos de limitado presupuesto para la automatización de sus procesos, en específico al área de descortezado y clasificación, dónde los troncos son depositados a una línea que inicia el proceso llevando a estos, uno a uno, a una maquina descortezadora, luego en una segunda cinta transportadora son depositados, con ayuda de actuadores hidráulicos, en distintos buzones según su diámetro, para diferentes usos; laminas para contrachapado, pallets, madera para construcción estructural, optimizando así el uso de la materia prima.

El problema se origina cuando a la línea de descortezado ingresan rollizos con un diámetro fuera de rango para la maquina generando trabamientos y perdidas innecesarias de tiempo en la producción, además de ser necesario un segundo operador para una clasificación arbitraria de los trozos tras ser descortezados, provocando esto último baja optimización en el uso del recurso maderero y segundo, pero no menos importante, una dependencia en la pericia del operario

El proyecto plantea realizar un prototipo, basado en un software, elementos de medición y actuadores, que permita seleccionar y retirar los rollizos defectuosos antes de que ingresen a la descortezadora Así también, clasificar los rollizos permitidos de acuerdo a su diámetro. Objetivo llevado a cabo no ajeno a inconvenientes técnicos, atribuidos a las características propias de los elementos de medición, desafíos finalmente superados.

Índice

CAPÍTULO 1.....	10
Antecedentes generales.....	10
1.1 Introducción.....	10
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 General.....	12
1.2.2 Específico.....	12
CAPÍTULO 2.....	13
Marco Teórico.....	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.1.1 Ocupación por Rubro.....	14
2.1.2 Consumo de Rollizos por Rubro.....	15
2.1.4 Almacenamiento, Cubicación Y Manejo de Rollizos.....	17
2.1.5 Factores que Condicionan las Características del Almacenamiento.....	18
2.1.6 Características de la Madera en el Sector de Acopio.....	18
2.2 Almacenamiento de Rollizos.....	19
2.2.1 Canchas de Acopio.....	19
2.2.2 Localización.....	20
2.2.3 Tamaño y Distribución.....	20
2.3 Recomendaciones de Carácter General para Determinar en Forma Aproximada la superficie de las Canchas de Rollizos.....	21
2.4 Deterioro y Modo de Evitarlo.....	22
2.4.1 Rajado en los Extremos.....	23
2.4.2 Manchas y Pudrición.....	24
2.4.3 Observaciones generales sobre el riesgo de plagas relacionado con la corteza.....	25
2.4.4 Establecer Tolerancias de Corteza para la Madera Descortezada.....	27
2.5 Calculo del Consumo de Agua de los Aspersores.....	28
2.6 Inventario de Rollizos.....	29
2.6.1 Cubicación de Rollizos.....	30
2.6.2 Regla de Cubicación de Rollizos JAS (Japanese Agricultural Standars).....	31
2.7 Descortezado.....	31

2.7.1	Justificación del Proceso de descortezado	31
2.7.2	Consideraciones Generales para Optimizar la Operación de la Descortezadora	32
2.7.3	Técnicas de Descortezado	34
2.7.4	Descortezadoras de Anillo Mecánico.....	35
2.7.4	Descortezador de caída o tambor	36
2.7.5	Descortezado King.....	37
2.7.6	Descortezador Hidráulico	38
2.7.7	Otros Sistemas de Descortezado.....	39
2.8	Productividad en el Proceso de Descortezado	39
2.9	Lo más Actual en Tecnología de Aserrado en Chile.....	40
2.10	Conclusión Marco Teórico	42
CAPITULO 3.....		43
	Problemática.....	43
3.1	Descripción del Problema	43
3.1.1	Mezcla Diamétrica en los Rollizos	44
3.2	Conclusión de la Problemática	45
CAPITULO 4.....		47
	Propuesta.....	47
4.1	Selección de Rollizos	47
4.2	Clasificación de Rollizos.....	49
4.3	Estimación del Volumen	50
4.4	Interfaz HMI (Human Machine Interface)	50
4.5	Imágenes del Prototipo.....	60
4.6	Materiales para la Automatización del Proceso de Descortezado	63
4.7	Lenguajes de Programación Utilizados.....	69
4.8	Evaluación Económica del Prototipo.....	70
CAPITULO 5.....		71
	Inconvenientes en la Implementación del Prototipo.....	71
CAPÍTULO 6.....		73
	Conclusión	73
	Bibliografía	74

Índice de Figuras

Figura 1. Industrias Dedicadas al Rubro de la Madera, Recuperado de INFOR Chile	14
Figura 2. Ocupación por Rubro, Recuperado de INFOR chile	15
Figura 3. Consumo de rollizos por Rubro, Recuperado de INFOR chile	16
Figura 4. Distribución de la producción y número de unidades productivas por rubro, Recuperada de INFOR Chile.....	16
Figura 5. Cancha de Acopio de Rollizos	20
Figura 6. Rollizo de Madera Agrietado	22
Figura 7. Rollizo Afectado por el Hongo de la Mancha Azul.....	24
Figura 8. Descortezadora de Anillo Mecánico.....	35
Figura 9. Descortezadora de Caída o Tambor.....	36
Figura 10. Descortezadora King.....	37
Figura 11. Descortezadora Hidráulica	38
Figura 12. Mezcla Diamétrica en las Rumas de Acopio de Rollizos	45
Figura 13. Selección de Rollizos.....	48
Figura 14. Clasificación de Rollizos Según Diámetro.....	49
Figura 15. Lazo de Control Abierto	51
Figura 16. Pantalla HMI sin Conexión.....	52
Figura 17. Reporte de Rollizos sin Notificar	53
Figura 18. Pantalla HMI en Funcionamiento.....	54
Figura 19. Reporte de Rollizos en Funcionamiento	55
Figura 20. Reporte Histórico Detallado de Rollizos.....	56
Figura 21. Previo a la Impresión del Reporte Histórico	57

Figura 22. Imagen del sitio WEB, Obtenida desde un Teléfono Celular.....	58
Figura 23. Diagrama de Flujo a Nivel de Software para el Proceso de Selección y Clasificación de Rollizos	59
Figura 24. Primera Etapa, Selección de Rollizos	60
Figura 25. Vista Elevada de la Etapa de Selección	61
Figura 26. Segunda Etapa, Clasificación de Rollizos	61
Figura 27. Vista Elevada de la Etapa de Clasificación	62
Figura 28. Automatización del Proceso de Selección y Clasificación de Rollizos	62
Figura 29. Sensor de Distancia VL53L0X.....	63
Figura 30. Laser KY-008.....	64
Figura 31. Diodo Receptor de Luz	64
Figura 32. Servo Motor	65
Figura 33. Arduino Mega 2560.....	66
Figura 34. Motor para Arduino	67
Figura 35. Ordenador.....	68
Figura 36. Sensor Ultrasónico HC-SR04.....	71
Figura 37. Dispersión de Datos Debido a Baja Precisión	72

Índice de Tablas

Tabla 1. Algunos Tipos de Descortezador de Anillo Mecánico.....	34
Tabla 2. Presupuesto de la Construcción de la Maqueta	70
Tabla 3. Presupuesto de los Dispositivos Electrónicos para el Prototipo	70

CAPÍTULO 1

Antecedentes generales

1.1 Introducción

La industria forestal corresponde a una de las principales actividades económica de nuestro país. El sector forestal de plantaciones es una industria trascendental y dinámica, el cual se ha construido sobre la base de las ventajas comparativas que posee nuestro país para el desarrollo forestal, como el suelo y las condiciones climáticas favorables que implican un rápido crecimiento de los árboles y altos rendimientos, posicionando actualmente a Chile en uno de los mayores exportadores de celulosa en el mundo. En este contexto, el aserrado de madera posee un rol fundamental en nuestra región, generando una alta empleabilidad y produciendo una gran variedad de productos madereros, los que prácticamente en su totalidad son exportados a lo largo del mundo.

El proceso comienza en el bosque, en donde cada empresa cuenta con un área destinada especialmente para su manejo y conservación. Cuando los árboles, principalmente pino y eucalipto, se encuentran en edad madura, son cortados en forma de rollizos y trasladado mediante camiones a la planta. Estos rollizos llegan a las canchas de acopio, desde aquí son trasladados al área de descortezado, dónde, una vez removida su corteza, son trozados y clasificados de acuerdo a su clase, largo y diámetro. Esto se realiza mediante un operador que es capaz de diferenciar los trozos que ingresa por una cinta transportadora, mediante la cual los rollizos son apilados en los distintos buzones de clasificación. A partir de ahí, son trasladados con ayuda de cargadores frontales al área de aserradero, dónde, mediante un proceso secuencial, se obtienen tablas dimensionadas y empaquetadas que cumplen con determinados estándares

para su comercialización. Es precisamente el área de ingreso de trozos donde se presenta el problema en estudio. La presencia de rollizos fuera del rango de trabajo en la maquina descortezadora impactan directamente al rendimiento y al factor de operación, originando pérdidas económicas. Es por esto, que se propone que en la línea de ingreso de trozos, un sistema de detección y rechazo para estos rollizos, como también la selección de estos mismos en base a sus diámetros, luego de haber pasado por el descortezado.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

- Automatizar el proceso de descortezado mediante el uso de detectores de medición para optimizar y fortalecer el proceso de corte y selección del rollizo de madera.

1.2.2 Específico

- Mejorar eficiencia del proceso de selección mediante el cálculo de diámetros a través de detectores de medición y procesamiento de la información.
- Estimación de volumen del rollizo de madera ingresado a la descortezadora para posterior manejo de estadísticas en el cálculo de eficiencia del proceso.

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

La industria forestal en Chile produce una amplia gama de productos de madera, principalmente de los bosques cultivados de pino y eucalipto, a pesar de que los bosques naturales poseen un gran potencial aún por desarrollar.

La industria maderera está constituida por diversas empresas (grandes, medianas y pequeñas) como celulosas, de aserrío, tableros, remanufacturas y construcción en madera. Estas han desarrollado capacidades para competir exitosamente en los exigentes mercados internacionales, gracias a una fuerte inversión en capital y tecnología.

La participación regional presenta una fuerte ocupación en la actividad de la industria forestal primaria, la siguiente imagen (Figura 1) demuestra que la Región del Biobío mantiene su liderazgo:



Figura 1. Industrias Dedicadas al Rubro de la Madera, Recuperado de INFOR Chile

2.1.1 Ocupación por Rubro

El rubro forestal se ha convertido en una de las principales actividades económicas del país, aportando al PIB (Producto Interno Bruto) un aproximado del 3,0%. Es dado a la estabilización y crecimiento del rubro que los puestos de trabajo asociados al sector se han mantenido durante los últimos años, eso ya que en empleos directos alcanza los 120 mil trabajadores y eso sumado a la generación de puestos de trabajo en forma indirecta logra la cifra, aproximada, de 300 mil personas. El estudio de Progea (Programa de economía y gestión ambiental de la fundación para la transferencia tecnológica, creada por la Universidad de Chile) solicitado por Corma, hace mención también, a que casi el 35% del empleo forestal es generado por silvicultura y extracción

de madera, siguiéndole la industria forestal primaria. La siguiente imagen (Figura 2) muestra la ocupación de trabajadores dedicados al rubro de la madera



Figura 2. Ocupación por Rubro, Recuperado de INFOR Chile

2.1.2 Consumo de Rollizos por Rubro

La actividad forestal en el país no es algo nuevo, pero si es un rubro que con el pasar de los años ha tomado más fuerza, eso en cuanto a sus niveles de exportación, generación de empleos, aporte a la economía nacional y regional, además de otras características.

Cabe destacar que a través de lo largo y angosto del territorio nacional, existen actualmente, alrededor de 15,7 millones de hectáreas de bosques, de las cuales el 85% corresponden a plantaciones de nativo y un 15% a bosques forestales. Además, el sector forestal contribuye, con aproximadamente, el 3,0% del PIB nacional y sólo durante el 2013 sus exportaciones se valorizaron en US\$ 5.714 millones.

La industria forestal chilena consume cerca de 44 millones de metros cúbicos de madera cada año, de los cuales el 99% proviene de las plantaciones forestales, generando una actividad económica que aporta cerca de 300.000 empleos y casi un 7% de las exportaciones del país. Las siguientes imágenes (Figura 3 y Figura 4 respectivamente) muestran la cantidad de rollizos consumidos por rubro y el volumen de producción según la productividad del aserradero.

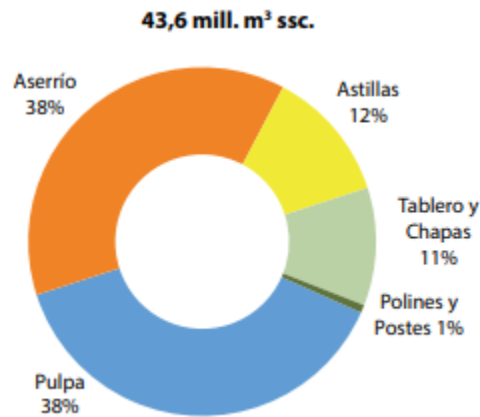


Figura 3. Consumo de rollizos por Rubro, Recuperado de INFOR Chile

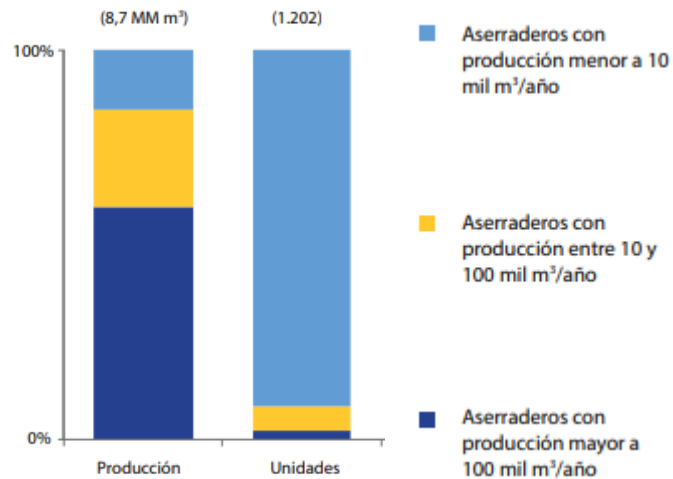


Figura 4. Distribución de la producción y número de unidades productivas por rubro, Recuperada de INFOR Chile

2.1.4 Almacenamiento, Cubicación Y Manejo de Rollizos

El objetivo principal del almacenamiento de rollizos es mantener un nivel de inventario suficiente para que el aserradero opere ininterrumpidamente, funcionando a plena capacidad.

Además, se deben proteger las trozas a fin de evitar el ataque de hongos e insectos y la formación de defectos asociados a la contracción de la madera. En forma conjunta al almacenamiento, es posible seleccionar y clasificar las trozas de acuerdo a su clase diamétrica.

Generalmente los aserraderos portátiles pequeños aserran la madera inmediatamente después de recibirla. La única área de almacenamiento que se requiere es una rampa de tamaño suficiente para satisfacer el abastecimiento diario.

Los aserraderos fijos pequeños pueden requerir el almacenamiento de trozas para varios días, debido a lo cual, se hace necesario disponer de un considerable sector de acopio.

En los aserraderos de tipo mediano o grandes. Comúnmente es necesario almacenar rollizos durante períodos que fluctúan de uno a varios meses, dependiendo fundamentalmente de las dificultades de abastecimiento y de las condiciones climáticas que favorecen el deterioro de la madera.

2.1.5 Factores que Condicionan las Características del Almacenamiento

Los factores fundamentales que determinan el tipo, tamaño y distribución del almacenamiento de trozas son los siguientes:

- Tipo de explotación de los bosques: Según los distintos tipos de explotación de los bosques, los sectores de acopio deben estar acondicionados para la recepción, almacenamiento y manejo de madera corta y madera larga
- Transporte de la madera: El tipo de transporte empleado para hacer llegar la madera al aserradero fija los medios de recepción que han de disponerse en el mismo y el tipo de almacenamiento. La elección del transporte depende fundamentalmente de la configuración y características geográficas y climáticas de la zona y del tipo de madera a transportar.

2.1.6 Características de la Madera en el Sector de Acopio

Las características principales que afectan en el planeamiento del sector de acopio son:

- La densidad de la madera y el tamaño de los rollizos se deben tener en cuenta para el cálculo de la capacidad de levante y de transporte de las grúas o elementos mecánicos.
- Los defectos en la forma de los troncos provocan desordenes en el almacenamiento, pueden aceptarse deformaciones relativamente pequeñas, pero las piezas muy mal conformadas se deben eliminar en el bosque o en la recepción de la trozas

- Las condiciones climáticas inciden en el deterioro de la madera, ya sea por secado violento y rajado de los extremos de las trozas o por la pudrición y manchas causadas por hongos.

2.2 Almacenamiento de Rollizos

2.2.1 Canchas de Acopio

En los aserraderos pequeños móviles, la única Área de almacenamiento que normalmente se requiere, es una rampa para contener el abastecimiento diario. Los aserraderos fijos pequeños pueden almacenar el abastecimiento de trozas de varios días, pero aún en estos casos el sector de acopio es pequeño.

Los aserraderos de mayor tamaño poseen canchas lo suficientemente grandes como para almacenar cantidades apreciables de materia prima, como se muestra en la Figura 5, y asegurar una operación normal, aún en el caso que se produzcan anomalías en el abastecimiento de trozas.



Figura 5. Cancha de Acopio de Rollizos

2.2.2 Localización

El patio de trozas se debe localizar cerca del aserradero pero a una distancia prudente de éste y otras fuentes potenciales de incendios, tales como matorrales y bosques

2.2.3 Tamaño y Distribución

El tamaño de la cancha se determina en base a los requerimientos máximos de materia prima. El patio de trozas debe ser mayor en la medida que se dificulte o interrumpa el abastecimiento de rollizos. Tanto el tamaño de la cancha de trozas como su disposición, dependen de las características de la materia prima y de la clasificación que se efectúa de ella según su diámetro, longitud, especie, calidad y tiempo de almacenado. También se deben considerar factores tales como la rectitud del rollizo, puesto que fustes torcidos y encorvados ocupan mayor espacio.

2.3 Recomendaciones de Carácter General para Determinar en Forma Aproximada la superficie de las Canchas de Rollizos

Una de las expresiones que permite calcular dicha superficie basada en el volumen de madera que se almacena, es la siguiente:

$$S = \frac{Q}{H * K_1 * K_2 * K_3} (m^2)$$

Dónde:

S = Superficie de la cancha de rollizos (m^2)

Q = Volumen de madera que se desea almacenar durante un tiempo determinado (m^3)

H = Altura que alcanzará la ruma de rollizos (m)

K_1 = Coeficiente de utilización de la superficie de la cancha

K_2 = Coeficiente de densidad de la ruma

K_3 = Coeficiente de utilización de la altura

La altura de la ruma depende de la maquinaria de la cual se dispone:

- Si es un almacenamiento manual, la ruma será de 2.5(m)
- Montacargas y horquillas, 3.5(m)
- Grúas puente y pluma, 8(m)

Para los coeficientes K_1 , K_2 , y K_3 existen rangos de valores recomendados:

K_1	K_2	K_3
0.56 a 0.70	0.40 a 0.60	0.50 a 0.80

2.4 Deterioro y Modo de Evitarlo

Los rollizos almacenados se deterioran principalmente como resultado del excesivo secado y por el ataque de insectos y microorganismos que causan pudrición y/o manchas. En climas secos y calurosos se acelera el agrietamiento y endurecimiento de la madera, dificultando además el descortezado y posterior aserrado, En la siguiente imagen (Figura 6) se muestra un rollizo agrietado producto del calor



Figura 6. Rollizo de Madera Agrietado

Una consideración de suma importancia en lo que respecta al tiempo de permanencia de la madera en el patio, es que los rollizos deben acumularse de tal manera que los más antiguos se procesen primero, a fin de evitar su excesivo deterioro en el fondo de las rumas. Para ello, se almacenan las trozas por un costado de la ruma y se extraen por el otro.

2.4.1 Rajado en los Extremos

Con el secado de los rollizos, se generan tensiones que producen fallas en forma de rajaduras y grietas. Entre estas tensiones se tiene, por una parte que los rollizos pierden agua con mayor rapidez por sus extremos o longitudinalmente que por los lados, y por otra parte, que la contracción de la madera varía significativamente en los distintos planos de esta misma.

El agrietamiento de los extremos de los rollizos, generalmente se elimina o se reduce cuando éstos se almacenan en agua. También se puede retardar el secado de las trozas cubriendo sus extremos con materiales que impidan el flujo de agua, tales como ciertas pinturas y aceites especiales.

Otro método para reducir el rajado de la madera, consiste en mantener las trozas húmedas por medio de rociadores o aspersores, distribuidos en forma conveniente en los sectores de acopio.

2.4.2 Manchas y Pudrición

Aparte de la pudrición, uno de los deterioros más serios que sufre el pino radiata es la mancha azul (Figura 7). Estos defectos generalmente se controlan empleando un sistema de aspersión para humedecer la madera y apilándola convenientemente.

Por otra parte, se debe tener presente que existe una gran variedad de insectos que ocasionan daños a las trozas almacenadas. Además, éstos facilitan el ataque de los hongos que ocasionan la mancha y la pudrición. El ataque de insectos generalmente se presenta durante el final de la primavera y los meses de verano. El rociar los rollizos con agua es de gran ayuda para prevenir su acción.



Figura 7. Rollizo Afectado por el Hongo de la Mancha Azul

2.4.3 Observaciones generales sobre el riesgo de plagas relacionado con la corteza

Eliminar la corteza podrá reducir el riesgo fitosanitario que presentan ciertos insectos, al limitar las posibilidades de que las larvas se alimenten de la región del cámbium. En cambio, el proceso de descortezado podrá dejar suficiente corteza para que las larvas de otros insectos, como los escarabajos de la corteza, completen su ciclo vital. El área que circunda la base de las ramas, por ejemplo, es especialmente atractiva para algunos escarabajos de la corteza, por lo cual la eliminación de la corteza no siempre es una medida fitosanitaria eficaz. Además, eliminar la corteza podrá tener sólo un efecto parcial sobre ciertos organismos fúngicos. Eliminar la corteza y todo cancro asociado podrá reducir los riesgos que presentan ciertos patógenos y organismos en descomposición. Eliminar la corteza podrá hacer que las capas exteriores de la madera, ricas en nutrientes, se sequen más rápido, y podrá alterar las condiciones micro-climáticas en la interface de la superficie entre la corteza y la madera, causando condiciones fungistáticas y disminuyendo la posibilidad de esporulación. Al establecer los requisitos de importación para productos de madera, las partes contratantes deberían recordar que ciertos procesos de producción (por ejemplo, la producción de revestimientos de madera) podrán eliminar los riesgos de plagas asociadas con la madera.

En lo que atañe a esta norma, por lo general no se considera que la corteza que rodea los nudos (esto es, las áreas de corteza de las ramas que han quedado revestidas durante el crecimiento anual) y las acebolladuras (áreas de corteza situadas entre los anillos de crecimiento anual) presenten un riesgo fitosanitario diferente del que pudiera haber sido determinado ya en relación con la madera que se encuentra a su alrededor. Algunas ONPF (Organización Nacional de

Protección Fitosanitaria) importadoras exigen que la madera esté descortezada o libre de corteza como una medida fitosanitaria.

Cuando se determine que la corteza de la madera presenta riesgos y se considere que las medidas fitosanitarias que exigen madera descortezada o libre de corteza son insuficientes para asegurar un manejo adecuado de todos los riesgos de plagas, dichas medidas podrán aplicarse combinándose con otras medidas. Además, en algunos casos la eliminación de la corteza de la madera podrá incrementar la eficacia de otras medidas y facilitar la inspección visual.

Aunque el descortezado reduzca muchos riesgos de plagas, en algunos casos la corteza residual que queda tras el descortezado podrá suponer un riesgo fitosanitario. En dichos casos podrán requerirse medidas fitosanitarias adicionales. Una de ellas podrá ser, con la debida justificación técnica, aplicar el requisito de que la madera esté libre de corteza.

Dichas medidas fitosanitarias no deberían exigirse cuando hay pruebas de que el riesgo de plagas se ha manejado de forma adecuada o de que no existe ningún riesgo. Ello podrá obedecer al origen (que podría ser un área libre de plagas), a las especies de plagas presentes en el área o al tipo específico de madera en cuestión. Las ONPF importadoras deberían determinar si la eliminación de la corteza de la madera se justifica técnicamente, antes de exigirla como medida fitosanitaria.

Con la debida justificación técnica, la eliminación de la corteza podrá considerarse como una medida fitosanitaria suficiente si resulta considerablemente eficaz contra las plagas que dependen de la corteza para algunas o todas las etapas de su ciclo vital.

La eliminación de la corteza podrá limitarse a ciertas épocas del año, sobre la base del período de aparición de las plagas en los países exportadores en cuestión y del proceso posterior que se

realice en el país importador. Otra posibilidad es que la eliminación de la corteza se combine con otras medidas, en caso de que no resulte suficiente para el control del riesgo fitosanitario.

2.4.4 Establecer Tolerancias de Corteza para la Madera Descortezada

Con la debida justificación técnica, las partes contratantes podrán exigir madera descortezada como una medida fitosanitaria. También podrán establecer tolerancias para los niveles residuales de corteza; además de los criterios expuestos en la NIMF (Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados, 2004) podrán tomar en cuenta lo siguiente:

- Especie o grupo de especies arbóreas, en relación con el ciclo vital de la plaga
- Espesor de la corteza
- Forma y tamaño de la corteza restante: por ejemplo, una pieza de corteza del tamaño y forma de una hoja de papel (por ejemplo, A4 o tamaño carta) presenta un riesgo mayor que una franja larga y angosta de la misma superficie
- Para las especies que dependen de la corteza, relación entre la probabilidad de infestación y la cantidad de corteza residual
- Tamaño y configuración de la galería del insecto
- Si el desarrollo de la plaga se produce dentro de la corteza o por debajo de ella
- Contenido de humedad y temperatura de la madera para sustentar el desarrollo de la plaga

- Condiciones climáticas y estacionales necesarias para sostener el desarrollo de la plaga durante las etapas de recolección, almacenamiento y transporte
- Infestación potencial de la corteza residual y de la madera después de la cosecha
- Tipo de producto (madera en rollo, madera aserrada, astillas de madera)
- Capacidad de la plaga de transferirse de una a otra especie de madera.

2.5 Calculo del Consumo de Agua de los Aspersores

El consumo de agua depende de la superficie de acopio y se determina de la siguiente forma:

$$Q_1 = \frac{S_1 * H_1 * n * K}{24} (m^3/h)$$

Q_1 = Consumo horario de agua (m^3/h)

S_1 = Superficie de aspersión (m^2)

H_1 = Norma de aspersión (m^3/m^2)

n = Número de aspersiones diarias

K = Coeficiente que considera la evaporación del agua

Los valores de los parámetros que intervienen son los siguientes

H_1	n	K
0.02 a 0.05	5 a 9	1.2 a 1.4

2.6 Inventario de Rollizos

El mantenimiento de un adecuado inventario de rollizos es un problema de suma importancia. Generalmente la cantidad de rollizos en el patio, representa una parte sustancial del capital de operación de la planta. El control de inventario se puede efectuar mediante un computador o un libro de inventario, Aunque este sistema de llevar un inventario de trozas se utiliza ampliamente, posee importantes defectos:

- Diferencias en la cubicación de entrada y salida, que se reflejan en errores en el inventario.
- Se requieren controles regulares para revisar y corregir discrepancias entre el inventario del libro y el real

Una alternativa para el sistema de inventario de libro que da buenos resultados, es un sistema de identificación de rollizos. Cuando un rollizo se ubica, se coloca un número de identificación.

En ella, ya sea con pintura, sello o una etiqueta de metal numerada. El volumen, calidad, especie y otras características de la troza se registran en el libro con el número de la troza.

Posteriormente, cuando el rollizo se utiliza, se registra el número y la entrada original de esta troza se elimina del libro de inventario. Este procedimiento evita ciertas discrepancias entre cubicaciones, puesto que la entrada y la salida se basan en la misma escala.

2.6.1 Cubicación de Rollizos

En lo que respecta al cálculo de rendimiento del proceso de aserrado, la cubicación de los rollizos es de suma importancia puesto que la referencia es la cantidad de madera que se procesa como trozas.

En el país se emplean diferentes métodos de cubicación de trozas. Las reglas más conocidas son la Japanese Agricultural Standards (JAS), la desarrollada por la Empresa Forestal Arauco (EFA) y la fórmula de Smalian. Comparando estas reglas, se observa que con la regla EFA se obtienen los volúmenes mayores para casi todas las longitudes y clases diamétrica, y con la fórmula de Smalian los menores.

Actualmente algunos aserraderos modernos utilizan un sistema electrónico (scanner) en la recepción de trozas, previo al descortezado. Este sistema electrónico mide el largo y diámetro de cada troza, entregando mediante un computador, la cantidad de trozas y la cubicación, en base a alguna regla preestablecida.

2.6.2 Regla de Cubicación de Rollizos JAS (Japanese Agricultural Standars)

- Cálculo de volumen para largos de rollizos menores a 6 (*m*)

$$V = D^2 * L * 10^{-4} (m^3)$$

- Cálculo de volumen para largos de rollizos mayores o iguales a 6 (*m*)

$$V = (D + L' - 4)^2 * L * 10^{-4} (m^3)$$

Donde:

V = Volumen del rollizo (*m*³)

D = Diámetro menor del rollizo, aproximado al par inferior (*cm*)

L' = Largo expresado en enteros, despreciando los decimales (*m*)

L = Largo aproximado a los 20 *cm* inmediatamente inferiores a la medida real (*m*).

2.7 Descortezado

2.7.1 Justificación del Proceso de descortezado

La finalidad obvia del descortezado, es separar la corteza de la madera. La corteza pasa a ser así un residuo, mientras que la madera, sigue algún proceso de transformación como el aserrío, pulpaje, etc. Las principales razones que justifican el proceso de descortezado de las trozas son:

- Mejorar la conservación de las herramientas de corte en el aserradero. Esto se debe al hecho que al descortezar antes de aserrar, se elimina todo el elemento extraño adherido a la corteza, como arena, piedras, etc.
- Desde el punto de vista económico, el descortezado puede ser muy conveniente de realizar en el bosque para favorecer el secado de las trozas con lo cual se disminuyen los costos de transporte por concepto de pérdida de agua.
- El descortezado permite aprovechar los residuos del proceso del aserrado, transformándolos en astillas pulpables. La corteza indeseable para producir pulpa, ya que tiene valor como fibra, genera un mayor consumo de productos químicos en los digestores y ocasiona una celulosa sucia. Es por ello que, por lo general, la corteza se debe separar de las trozas pulpables antes del proceso de astillado.

2.7.2 Consideraciones Generales para Optimizar la Operación de la Descortezadora

Uno de los factores más importantes a considerar en la planificación del proceso de descortezado, es proveer un volumen suficiente de materia prima, de manera tal que no existan interrupciones en los procesos que siguen al descortezado. Para lograr esto deben considerarse los siguientes aspectos:

- Capacidad de producción del aserradero.
- Características de las trozas (dimensiones, especie, etc.).
- Superficie de almacenamiento (patio de trozas).

El descortezador requiere frecuentes periodos de lubricación de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Los cuchillos y herramientas de los descortezadores, deben revisarse y afilarse o cambiarse frecuentemente.

La máquina, en general, debe inspeccionarse para verificar el desgaste o daños al menos una vez por semana, o con mayor frecuencia aún bajo condiciones severas. Además, cuando sea posible, es preferible descortezar trozas de mayor longitud ya que los costos de mantención aumentan al operar con trozas más cortas, debido al aumento de la frecuencia de impactos de la madera, y el abrir y cerrar de rodillos y cuchillos. También es recomendable tener un stock disponible en todo momento, de repuestos de piezas críticas. Estas pueden ser indicadas por el fabricante y verificadas posteriormente por el operador.

2.7.3 Técnicas de Descortezado

Para el descortezado de rollizos, existe una variedad de procesos y máquinas disponibles. En la fabricación de madera aserrada en Chile, normalmente se emplea el descortezador de anillo mecánico.

Algunas de las principales características técnicas de éste, se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Algunos Tipos de Descortezador de Anillo Mecánico

Procedencia	Marca	Modelo	Potencia de descortezado (HP)	Potencia de alimentación (HP)	Nº Cuchillos	Rango diámetro
Suecia	Kockums	Cambio 70-35AA	20	5.5	5	5 a 35
Suecia	Kockums	Cambio 70-45CA	40	7.5	5	6.5 a 45
Suecia	Kockums	Cambio 70-66BA	40	5.7	5	10 a 66
Suecia	Kockums	Cambio 71-75AA	75	12	5	11 a 75
Italia	Cremona	SCT 54	22	12	7	15 a 54
EE.UU	Fulghum	20"	20	-	5	7.5 a 50
EE.UU	Fulghum	40"	50	-	5	15 a 100
Finlandia	Valon Kone	VK 16	30	-	8	10 a 60
Finlandia	Valon Kone	VK 26	55	-	8	10 a 60
Finlandia	Valon Kone	VK 32	30	11	8	15 a 76

Fuente: Catalogo de Fabricantes

2.7.4 Descortezadoras de Anillo Mecánico

En este tipo de descortezadores, la troza es introducida en la máquina y es centrada por el transportador de alimentación mediante rodillos frontales, alimentando de esta forma al rotor.

El rotor contiene las herramientas de descortezado (cuchillos), las cuales giran fijas a éste. Las herramientas rotatorias raspan la troza y son inmediatamente presionadas contra ella

Las fuerzas de corte son de tal magnitud, que la capa de cambium se rompe y la corteza sale, como la troza avanza axialmente al mismo tiempo, las herramientas describen una trayectoria de espiral. En el lado de descarga de la máquina, los rodillos traseros de alimentación, mantienen a la troza centrada mientras ésta es expulsada. En la siguiente imagen (Figura 8) se presenta una descortezadora tipo anillo mecánico.



Figura 8. Descortezadora de Anillo Mecánico

2.7.4 Descortezador de caída o tambor

Aquí los troncos pueden moverse libremente a través del tambor que rueda horizontal o ligeramente inclinado, quedando finalmente en una pila en la parte levantada del equipo. El diámetro del tambor es de 4 a 6 m, y las longitudes son de 20 a 40 m. La velocidad periférica del tambor es 1,5-2 m/s que corresponde a 5,7-7,6 rpm en un tambor de 5m.

La madera sin descortezar entra por un extremo y avanza gracias al giro lento del tambor; los troncos al avanzar, rozan entre ellos produciéndose el descortezado

El cálculo de la inclinación depende de la velocidad de llenado del tambor, la velocidad de giro del tambor, el peso de madera, el coeficiente de fricción entre la madera y el tambor, y el coeficiente de fricción entre los troncos. En la siguiente imagen (figura 9) se muestra una descortezadora tipo Caída.



Figura 9. Descortezadora de Caída o Tambor

2.7.5 Descortezado King

Los troncos se alimentan a un tambor, con discos descortezadores montados en la carcasa, en dirección radial, Los rotores cilíndricos con muchos discos descortezadores montados en su superficie exterior pueden lograr un buen descortezado con poco daño y pérdidas de fibra. En esta clase de equipos se pueden manejar todos los tipos de madera de coníferas o latifoliadas, incluso las de corteza correosa como el eucalipto y la acacia.

El descortezador trabaja sin agua, pero el agregado de una cantidad pequeña de agua reduce el polvo. La corteza cortada automáticamente es fuertemente expelida por las aberturas entre los rotores del descortezador. La compuerta de salida y el control de velocidad ajustable de los rotores determinan el grado del descortezado.

Con este método pueden descortezarse troncos de 5cm de diámetro como mínimo. La capacidad de la línea puede superar los 300 m^3/h (con diámetro medio: 17-20 cm y limpieza de 95%). En la siguiente imagen (figura 10) se muestra la descortezadora tipo King.



Figura 10. Descortezadora King

2.7.6 Descortezador Hidráulico

El descortezado fragmenta el cambium que conecta la corteza al tronco mediante fuerzas directas o indirectas, mayores que su resistencia crítica. La fuerza se aplica principalmente en las paredes radiales de las células del cambium.

Si la fuerza de corte excede la resistencia de la capa de la superficie antes de fragmentar cambium, la capa exterior se romperá. Dicha fuerza depende de las especies de madera y la condición del cambium por ejemplo, su sequedad.

Esto es posible gracias a dos o más rodillos dentados que giran en sentidos opuestos, donde cae horizontalmente el madero, y la fuerza ejercido ente hidráulicamente entre ellos y rollizos, sumados al giro de estos, provoca el desprendimiento de la corteza. En la siguiente imagen (Figura 11) se muestra la descortezadora tipo Hidráulica.



Figura 11. Descortezadora Hidráulica

2.7.7 Otros Sistemas de Descortezado

Otros métodos de descortezado, de menor importancia para la industria del aserrío, tanto en Chile como a nivel mundial, son el descortezado manual, de tambor e hidráulico.

De éstos, en Chile se usa casi exclusivamente el descortezador de tambor, pero solo en la industria de pulpa y papel, ya que este sistema no es muy eficiente para grandes volúmenes de madera. Por otro lado, en los aserraderos no es conveniente emplear este método ya que redondea o daña los extremos de las trozas, aparte que este sistema opera mejor con trozas de mayor tamaño. Finalmente, el descortezado hidráulico requiere una alta potencia y una gran presión y consumo de agua, y el descortezado manual es generalmente lento y antieconómico.

2.8 Productividad en el Proceso de Descortezado

La productividad debe calcularse de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R = \frac{T * U * K_1 * K_2}{L} \quad (\text{Numero de rollizos/turno})$$

Dónde:

R = Productividad en número de rollizos por turno

T = Duración del turno (*seg*)

U = Velocidad de avance de la máquina (m/seg)

L = Largo del rollizo (m)

K_1 = Coeficiente del uso del tiempo de trabajo, que varía entre 0.8 y 0.9

K_2 = Coeficiente de uso de la máquina, que varía entre 0.7 y 0.8

El turno de trabajo por día equivale a 10 horas.

2.9 Lo más Actual en Tecnología de Aserrado en Chile

En los últimos años, los avances tecnológicos y desarrollos para la industria del aserrío han tenido un alto crecimiento, permitiendo que las empresas forestales puedan acceder a una mayor gama de recursos técnicos, como por ejemplo escáneres y softwares de operación. En el Complejo Industrial Forestal Horcones de Arauco. Desde hace unos años funciona a plena capacidad en la Planta de Trozado Horcones el equipo CT Log (Computer Tomography), un escáner de rayos X para rollizos que está literalmente cambiando la forma en que las plantas industriales de ARAUCO ven y aprovechan la madera.

Hasta antes de esta revolucionaria tecnología, los rollizos se escaneaban en dos dimensiones y sólo de manera exterior, mediante imágenes reconstruidas por scanners infrarrojos, permitiendo trabajar con información básica y exterior al trozo, sin posibilidad de aprovechar el potencial de la madera al interior del árbol.

Hoy, CT Log reconstruye imágenes transversales en 3D y la tecnología de rayos X permite detectar y medir no sólo largos, diámetros, volumen, curvaturas, sino también pecas, daño mecánico, rajaduras, conicidad, ovalidad, contenido de humedad, densidad, diámetro sobre muñón, diámetro cilindro con defectos, madera libre de nudos, desviación de médula, ancho de anillos, presencia de metales y defectos internos, buscando la mayor optimización y aprovechamiento de esta materia prima.

La aplicación de esta tecnología, ampliamente utilizada en la medicina humana, toma sólo segundos. CT Log de Horcones procesa y escanea al día sobre cinco mil rollizos de 5,30 metros de longitud cada uno.

A mediados de 2006 Bosques Arauco y Bioforest comenzaron a trabajar en el desarrollo de una herramienta (software y hardware) que permitiera identificar los defectos, formas y

características individuales de cada rollizo, previo a su asignación a cada industria, para maximizar el valor de la madera buscando el mejor uso potencial de las materias primas que abastecen a las plantas del Negocio Maderas de Arauco.

Tras investigar en diferentes países, a fines de 2009 se firmó un *joint venture* con Microtec, líder tecnológico en el campo de la opto-electrónica para la industria de transformación de la madera, con el objeto de construir para Arauco un escáner de Rayos X. Este prototipo de clase mundial para *Pinus radiata* significó una inversión de US\$ 1,8 millón y su desarrollo y construcción se realizó en Italia, Austria y Alemania, instalándose en Horcones a fines de 2012.

El Equipo CT Log escanea rollizos a una velocidad industrial de 60 *m/min* y permite la segregación del volumen podado en función del rendimiento de madera “limpia” (sin nudos) de cada rollizo de forma individual. Una vez escaneados, se asignan a plantas de terciados y/o aserraderos. De esta manera, obtenemos el mayor aprovechamiento potencial de cada trozo y el mayor ingreso que éste proporcionará a la industria de Arauco.

2.10 Conclusión Marco Teórico

El desarrollo de tecnologías como equipos robotizados, escáneres y sensores en el ámbito de la automatización está ampliando la gama de herramientas a las que las empresas del sector forestal pueden acceder para optimizar sus procesos.

Los Avances que se han logrado en el ámbito de la automatización se han traducido en que sus componentes mecánicos y de software hayan reducido su costo, a ello se suma el hecho que la globalización de los mercados ha permitido que los aserraderos pequeños puedan adquirir máquinas de fabricantes de otros países, tomando ventaja de la conectividad de los sistemas y de proveedores globales como Rockwell Automation que permiten tener acceso al soporte local.

Por otra parte, en el caso de aserraderos existentes que no cuenten con instalaciones modernas pueden evaluar e implementar modernizaciones de sus líneas por fases, lo que permite realizar sus inversiones de manera parcial, partiendo por las áreas que generan mayores ineficiencias.

CAPITULO 3

Problemática

3.1 Descripción del Problema

La situación a analizar corresponde al ingreso de rollizos a la descortezadora, Cuándo se decide que al aserradero ingresen trozos de un diámetro determinado, la línea completa se configura para trabajar con dicha dimensión, con una tolerancia de ± 2 cm.

El problema se produce cuando ingresan rollizos con un diámetro mayor o menor al determinado. Esto afecta directamente al rendimiento del sistema, debido a que en muchas ocasiones se descartan maderos que sí cumplen con la medida requerida, u opuestamente algunos son admitidos trabando la descortezadora, por lo que lleva a detener por varios minutos el proceso. Todo esto es producto de que no existe una herramienta de medición precisa la cual seleccione de manera óptima la materia prima, y solo quedando a criterio y pericia del operador. Por otro lado, existe un segundo responsable de clasificar los rollizos según su diámetro tras el descortezado. Esto se debe a que los diferentes tamaños son utilizados para procesos diferentes (láminas de contrachapado, tablas para pallet, madera para cajas, etc.). A pesar de ello, nuevamente esto queda a la expertiz del operador y su criterio de evaluación sin tener una herramienta de medición precisa para cada rollizo, lo que puede inducir fácilmente al error.

3.1.1 Mezcla Diamétrica en los Rollizos

Corresponde a los rollizos que ingresan con un diámetro superior a la tolerancia aceptada. Como el proceso de aserrío se encuentra adaptada para trabajar con un diámetro menor, procesar estos rollizos causa una condición sub-estándar que afecta a toda la línea, causando fallas en los elementos de corte, impacto en unidades hidráulicas y neumáticas, sobrecarga de motores, trabamientos, desgaste acelerado de los elementos que conforman la línea y tiempos muertos, ya que se necesita detener la cinta transportadora para poder sacar el rollizo trabado en la descortezadora, lo cual se traduce a pérdidas monetarias.

Cuándo a la línea ingresan rollizos con un diámetro menor al determinado para el proceso, al seguir trabajando con los esquemas de corte configurados, se producen los denominados “cantos muertos”. Corresponde normalmente al extremo del tronco que se sitúa cerca de la madera que está en proceso de desarrollo, esto reduce de forma considerable la calidad de este material. En la siguiente imagen (Figura 12) se muestra la mezcla diamétrica en rollizos.



Figura 12. Mezcla Diamétrica en las Rumas de Acopio de Rollizos

3.2 Conclusión de la Problemática

Resulta imperativo la automatización en todo tipo de proceso, no obstante hay quienes no pueden conseguir este objetivo debido al alto costo económico que esta implica, el 12 % de las empresas relacionadas en el rubro de la madera están encargadas del aserrado y cepilladura de madera, siendo la máquina descortezadora el ente principal para llevar a cabo este proceso.

El desarrollo de este proyecto permitirá:

- Conocer y comprender los cambios que significa en una comunidad laboral la automatización y las consecuencias positivas y negativas de esto.
- Con este proyecto se busca proveer a la empresa una herramienta que le permitirá mejorar sus índices de producción y ejecutar los procesos con un nivel de precisión mucho más elevado que un proceso manual

La finalidad del presente proyecto es dotar a la empresa de una herramienta tecnológica, que permita mejorar sus niveles de producción, acortando el “cuello de botella” en el proceso de descortezado.

CAPITULO 4

Propuesta

Ya ha quedado demostrado el impacto que produce la presencia de rollizos con dispersión diamétrica en el aserradero. Para corregir esta situación, se propone un sistema basado en sensores, actuadores y software que consta de dos etapas:

4.1 Selección de Rollizos

Este proceso se realizara a través de sensores ultrasónicos que estarán dispuestos al inicio de la correa transportadora, encargados de calcular el diámetro del trozo para permitir o denegar el acceso a la maquina descortezadora, en el caso de no ser aceptado, se le envía la señal al actuador para que este empuje el rollizo hacia el buzón de rechazo, el rollizo aceptado sigue el proceso normal.

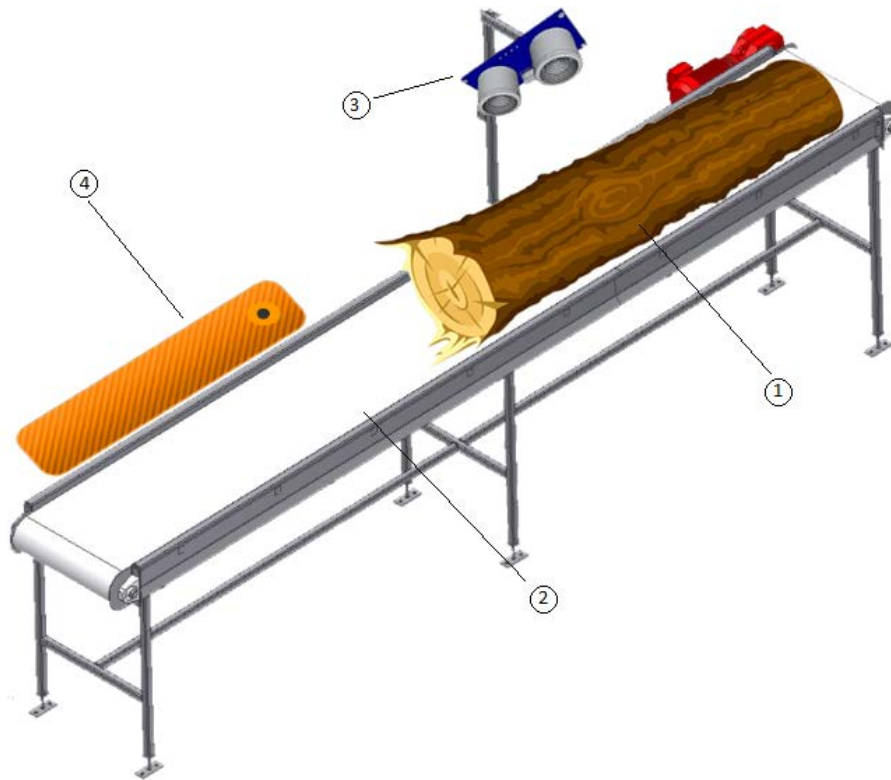


Figura 13. Selección de Rollizos

1. Rollizo
2. Cinta transportada
3. Sensor
4. Actuador

La Figura 13, muestra el ingreso de los rollizos a la cinta transportadora, para luego pasar por el sensor que medirá la distancia respecto a la cinta transportadora, el cual calcula el diámetro, para posteriormente permitir o denegar el paso del rollizo dependiendo de su diámetro, en el caso de que lo exceda, este será descartado a través de la acción del actuador.

4.2 Clasificación de Rollizos

Este proceso se realizara a través de barreras láser, las cuales estarán dispuestas en la cinta transportadora a distintas alturas, lo que permitirá clasificar distintos diámetros de rollizos, el objetivo es que el láser detecte cuando un trozo sobrepase la línea de emisión de luz, desplazándolo hacia el buzón de rechazo mediante un actuador lo que completa el proceso de clasificación para el madero. ver Figura 14.

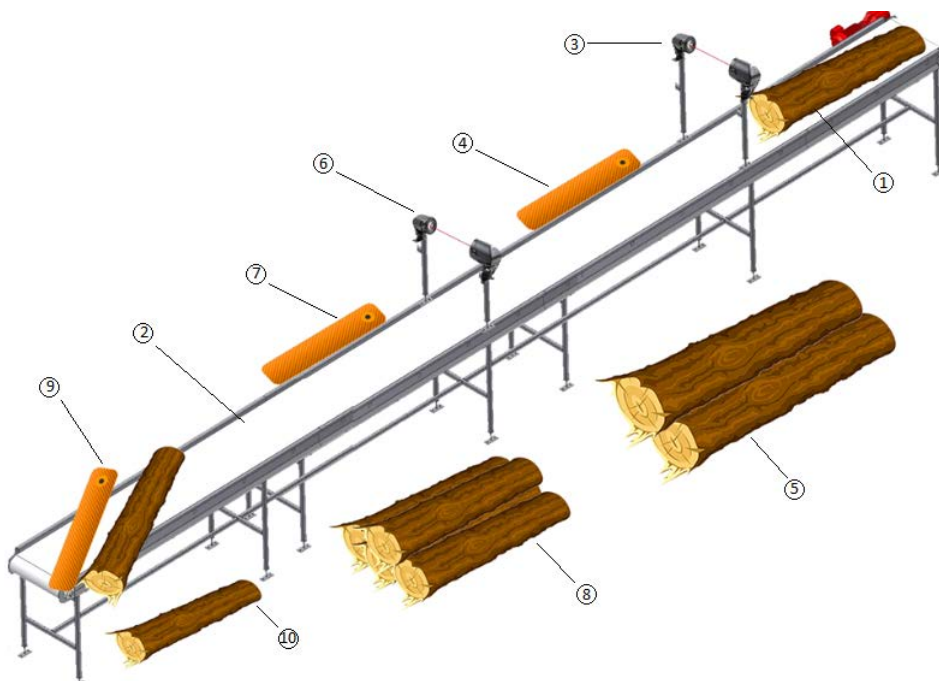


Figura 14. Clasificación de Rollizos Según Diámetro

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Rollizo | 7. Actuador N°2 |
| 2. Banda Transportadora | 8. Segunda Clasificación de Rollizos |
| 3. Barrea Laser N°1 | 9. Barrera fija |
| 4. Actuador N°1 | 10. Tercera Clasificación de Rollizos |
| 5. Primera Clasificación de Rollizos | |
| 6. Barrea Laser N°2 | |

4.3 Estimación del Volumen

Además de la selección y clasificación, con ayuda del sensor situado en la primera etapa, y conociendo el largo del rollizo se estimará el volumen generado, para obtener estadísticas diarias de la producción.

4.4 Interfaz HMI (Human Machine Interface)

Luego de que los rollizos son sensados en la etapa de selección, estos datos son recopilados por una tarjeta de adquisición de datos, la cual acondiciona y envía la información obtenida hacia un computador, cuya función es la de procesar estos datos, permitiendo la interacción con el operador mediante una plataforma HMI, con el fin de que la persona encargada, pueda visualizar los siguientes puntos:

- Volumen total de rollizos procesados
- Volumen de los rollizos clasificados de acuerdo al diámetro
- Volumen de rollizos descartados por estar fuera del rango permitido por la descortezadora.
- Reportes históricos de la selección y clasificación de rollizos
- Cantidad de Rollizos Aceptados
- Cantidad de Rollizos Rechazados
- Cantidad de Rollizos Clasificados

Además, el operador tendrá la opción de forzar los actuadores de ser necesario.

Mediante un algoritmo interno el programa realiza los cálculos necesarios para activar luego los actuadores correspondientes, permitiendo de esta manera efectuar la selección y clasificación de rollizos, en conjunto a los puntos ya mencionados. Además, la información obtenida será almacenada en una base de datos, lo que permitirá a cualquier usuario conectarse a la plataforma y observar los datos en tiempo real.

El tipo de control utilizado será de lazo abierto, ya que no tendrá realimentación del final del proceso físico.

La plataforma HMI estará basado en un sistema PDS (Procesamiento Digital de Señales), ya que tomará las señales físicas de los sensores, las procesará y su salida finalizará en la acción de los actuadores.

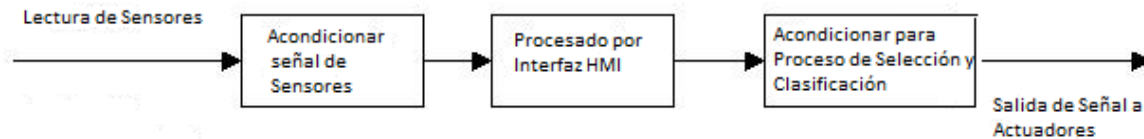


Figura 15. Lazo de Control Abierto

A continuación se observa la ventana principal de la Interfaz que verá el operador al iniciar el programa, será necesario seleccionar el puerto COM donde estará conectada la tarjeta de adquisición de datos, además precisar el largo de los rollizos que ingresarán a la correa. Solo después de esto el usuario podrá iniciar la conexión. Ver Figura 16.

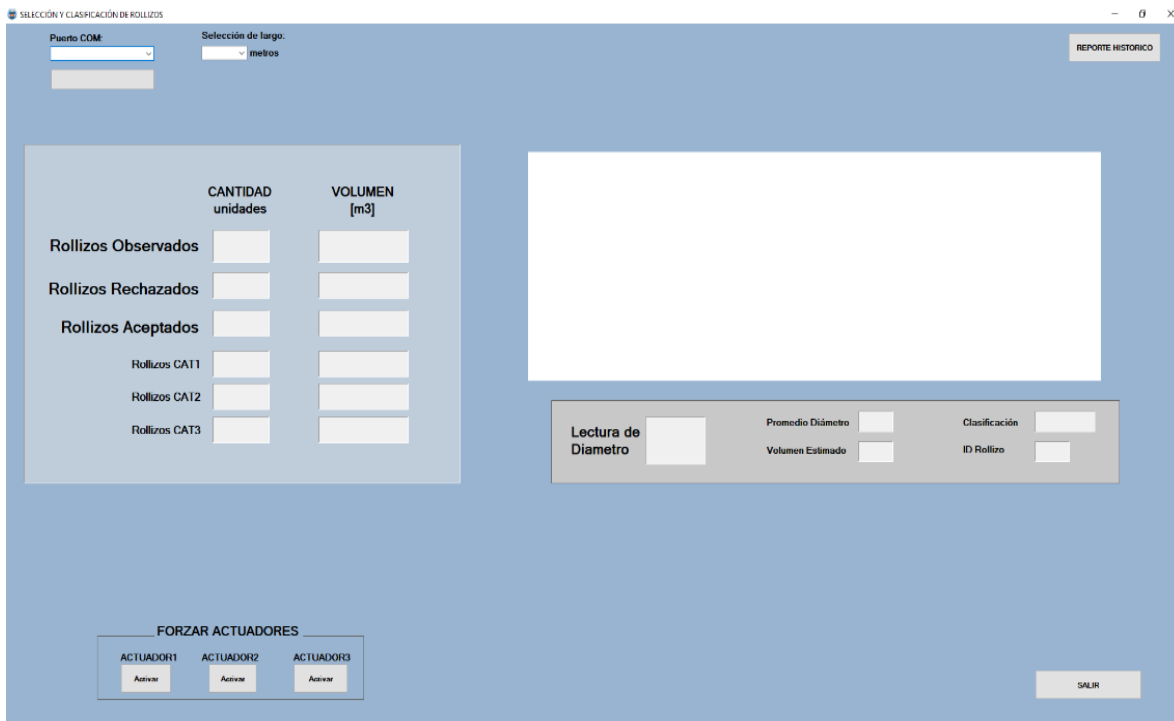


Figura 16. Pantalla HMI sin Conexión

La interfaz, permitirá generar reportes estadísticos para un determinado día de la cantidad y volumen de rollizos procesados. Ver Figura 17.

	CANTIDAD unidades	VOLUMEN [m3]
1 — Rollizos Observados		
2 — Rollizos Rechazados		
3 — Rollizos Aceptados		
4 — Rollizos CAT1		
5 — Rollizos CAT2		
6 — Rollizos CAT3		

Figura 17. Reporte de Rollizos sin Notificar

1. Total de Rollizos Ingresados
2. Rollizos Rechazados por Mezcla Diamétrica
3. Rollizos Permitidos
4. Primera Clasificación de Rollizos Según Diámetro
5. Segunda Clasificación de Rollizos Según Diámetro
6. Tercera Clasificación de Rollizos Según Diámetro
7. Cantidad Total de Rollizos por Punto
8. Volumen Total de Rollizos por Punto

Una vez que el usuario haya iniciado correctamente la conexión, podrá visualizar en tiempo real el proceso de la selección y clasificación de los maderos, allí encontrará la cantidad y volumen de cada uno de las categorías, un gráfico que representa la presencia de los rollizos bajo el sensor. Además, el software permite forzar la acción de los actuadores para situaciones excepcionales requeridas por el operador. Ver Figura 18.

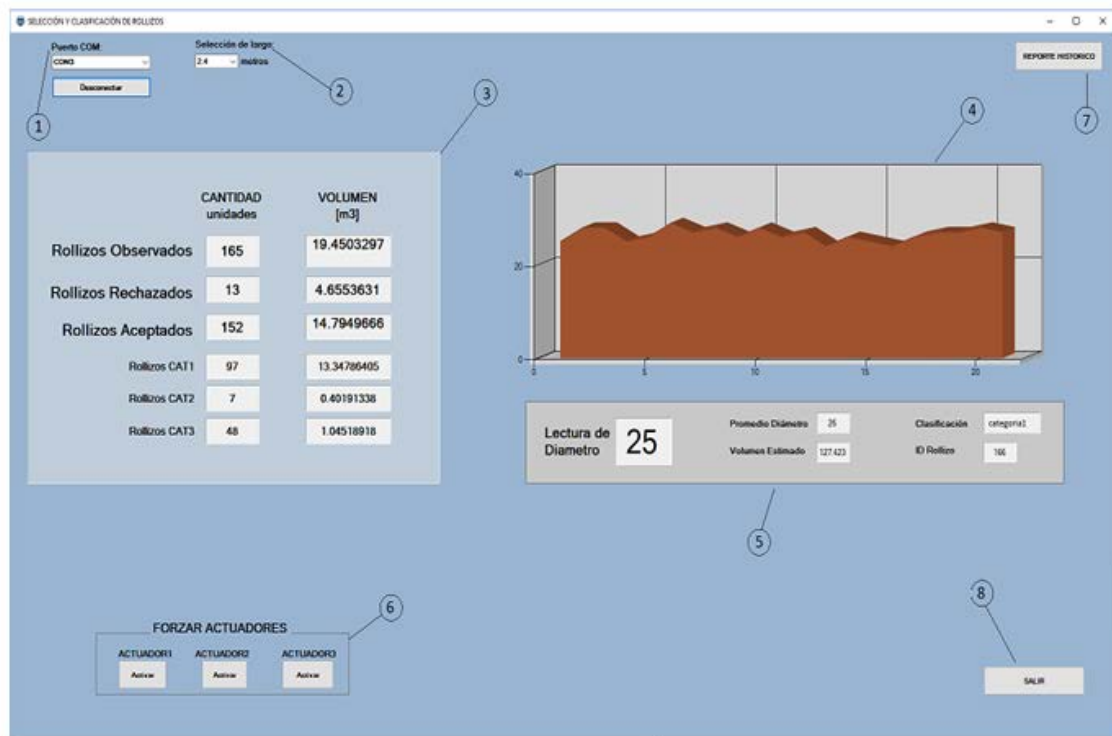


Figura 18. Pantalla HMI en Funcionamiento

1. Puerto de Conexión con la Tarjeta de Adquisición de Datos
2. Seleccionar el Largo de Rollizos
3. Estadísticas del Proceso
4. Grafico del Rollizo Sensado en Tiempo Real
5. Estadísticas del Rollizo Sensado en Tiempo Real
6. Forzar Actuadores
7. Informe de Reporte Histórico
8. Salir de la Pantalla HMI

En la figura 19 se puede observar la ventana del Generador de Reporte Histórico que entrega el software, aquí además de visualizar las estadísticas para una fecha seleccionada, el usuario puede ver el detalle de los rollizos procesados aquel día.

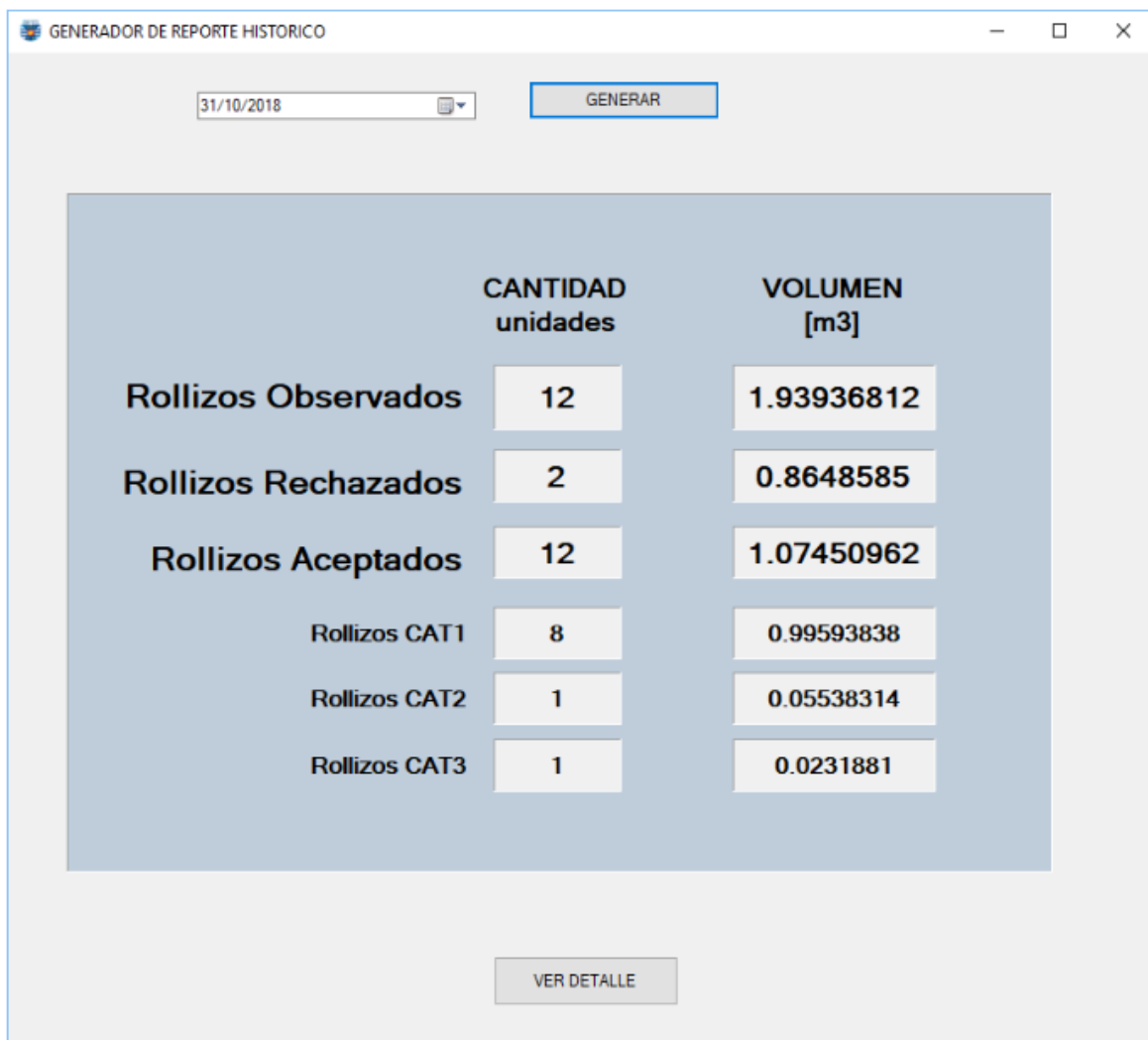


Figura 19. Reporte de Rollizos en Funcionamiento

rollizo	largo	diametro	volumen	categoria	fecha
1	0.244	23	101.3761	categoria1	31/10/2018
2	0.244	25	119.7732	categoria1	31/10/2018
3	0.244	48	441.532	rechazado	31/10/2018
4	0.244	30	172.4734	categoria1	31/10/2018
5	0.244	47	423.3265	rechazado	31/10/2018
6	0.244	24	110.383	categoria1	31/10/2018
7	0.244	34	221.5326	categoria1	31/10/2018
8	0.244	21	84.51199	categoria1	31/10/2018
9	0.244	23	101.3761	categoria1	31/10/2018
10	0.244	21	84.51199	categoria1	31/10/2018
11	0.244	17	55.38314	categoria2	31/10/2018
12	0.244	11	23.1881	categoria3	31/10/2018

Imprimir

Figura 20. Reporte Histórico Detallado de Rollizos

La Figura 20 muestra el detalle de los rollizos procesados en una fecha específica, aquí figuran la cantidad, largo, diámetro, volumen y categoría respectivamente, además el usuario tiene la posibilidad de imprimir el informe

Si el usuario ha decidido imprimir el documento podrá observarse la siguiente ventana que contiene la vista previa de la impresión. Figura 21.

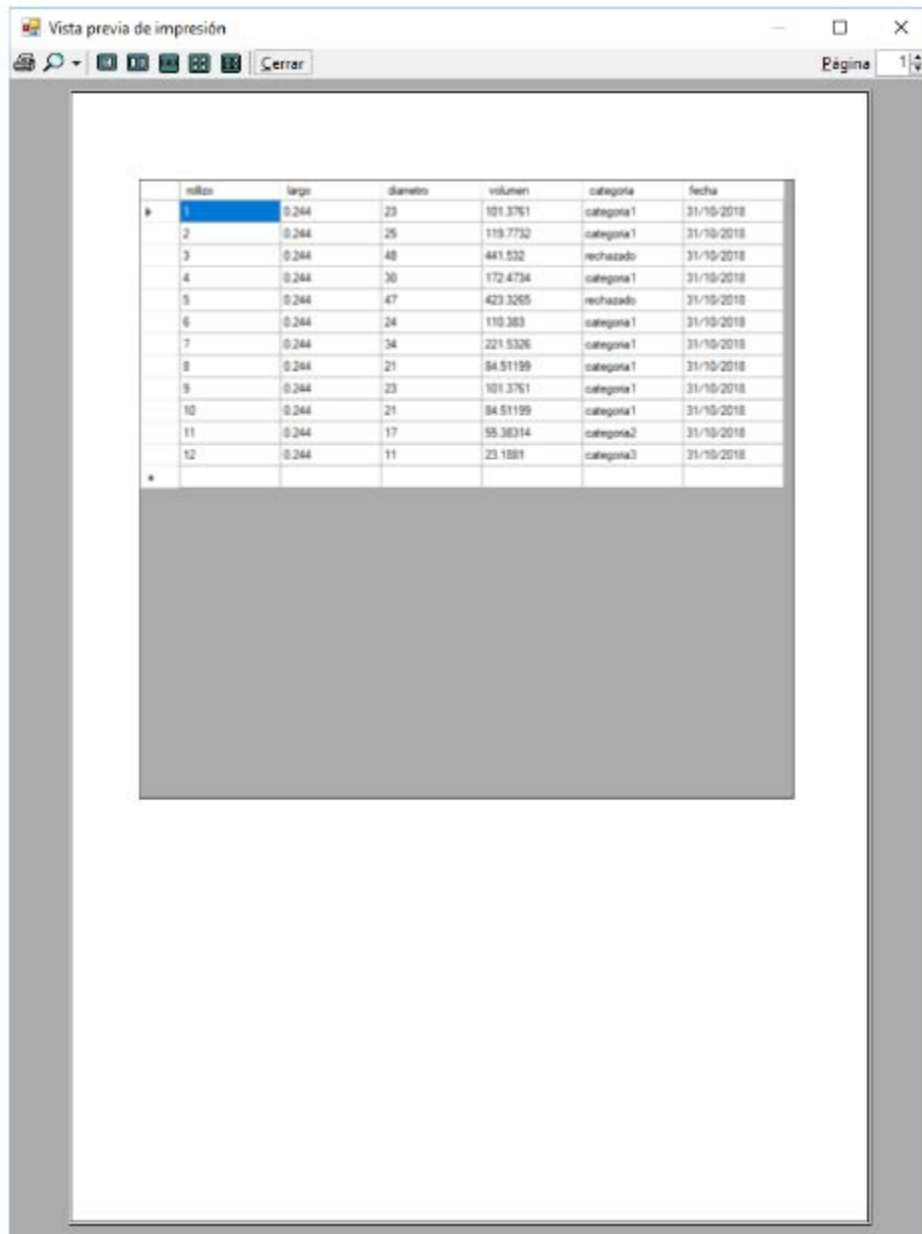


Figura 21. Previo a la Impresión del Reporte Histórico



Figura 22. Imagen del sitio WEB, Obtenida desde un Teléfono Celular

En la figura 22 se muestra un sitio web, informando detalladamente los rollizos procesados, rechazados y clasificados, como también el volumen generado, todo esto visualizado en tiempo real, accediendo a la Base de Datos en la red.

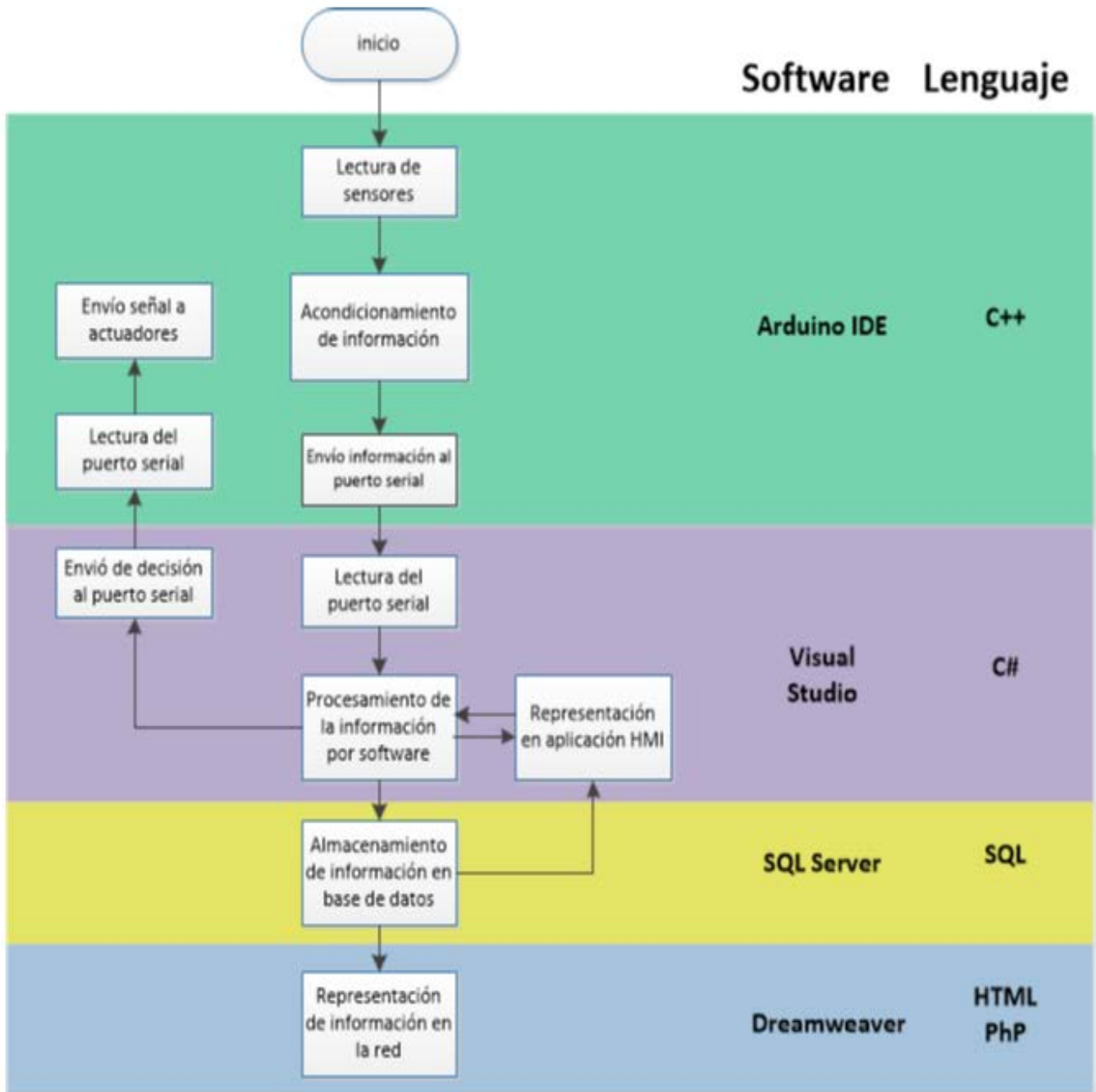


Figura 23. Diagrama de Flujo a Nivel de Software para el Proceso de Selección y Clasificación de Rollizos

En la Figura 23 se muestra el diagrama de la interacción entre los distintos software y lenguajes de programación que permiten el funcionamiento completo del sistema de selección y clasificación de los rollizos.

4.5 Imágenes del Prototipo

A continuación se muestran las imágenes del prototipo diseñado para las pruebas del software que permite la de selección y clasificación de rollizos, en las imágenes, se pueden apreciar las ubicación en la maqueta de los sensores y actuadores, también el ordenador conectado operando con la interfaz HMI, donde el operador podrá interactuar con las los diferentes dispositivos situados en la cinta. Ver figuras 24,25,26,27,28.

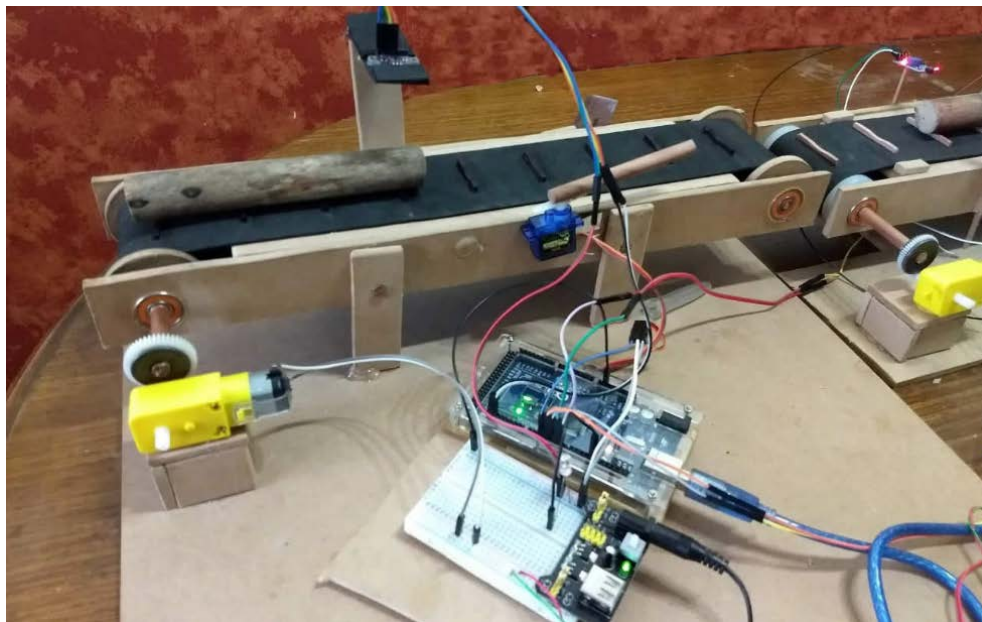


Figura 24. Primera Etapa, Selección de Rollizos

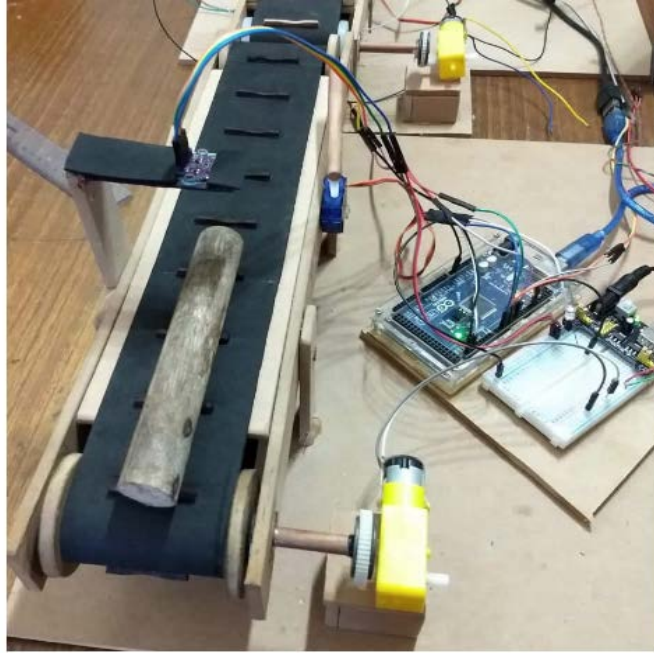


Figura 25. Vista Elevada de la Etapa de Selección

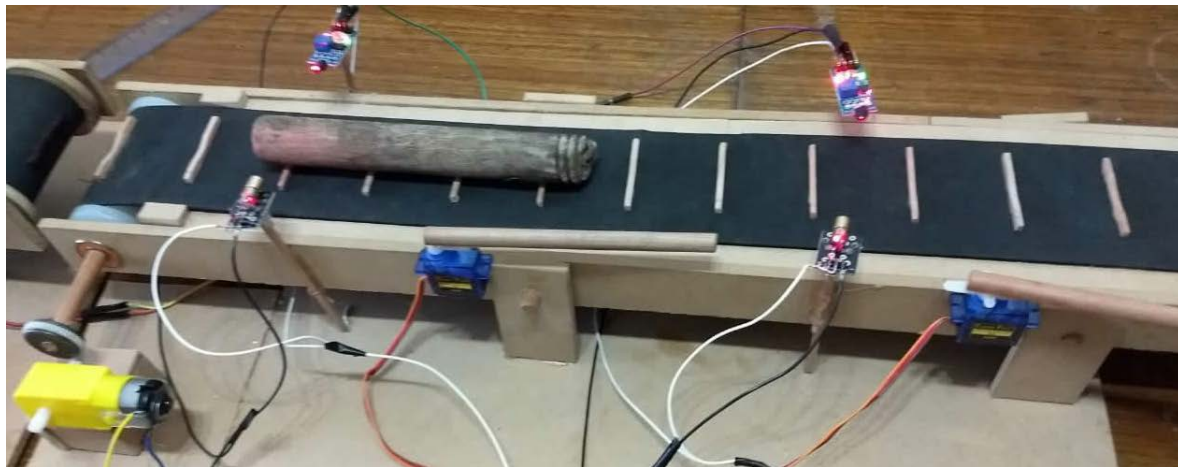


Figura 26. Segunda Etapa, Clasificación de Rollizos

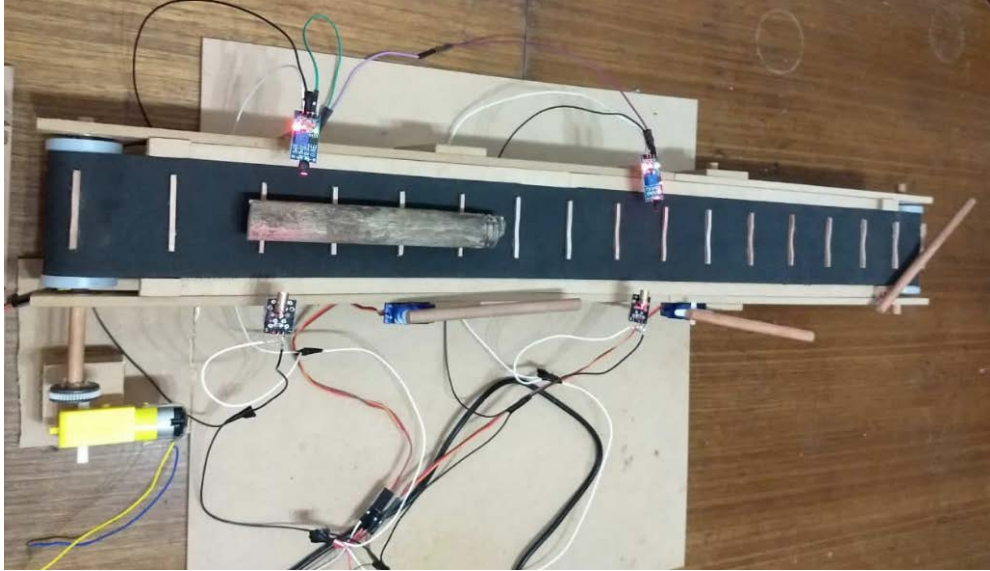


Figura 27. Vista Elevada de la Etapa de Clasificación

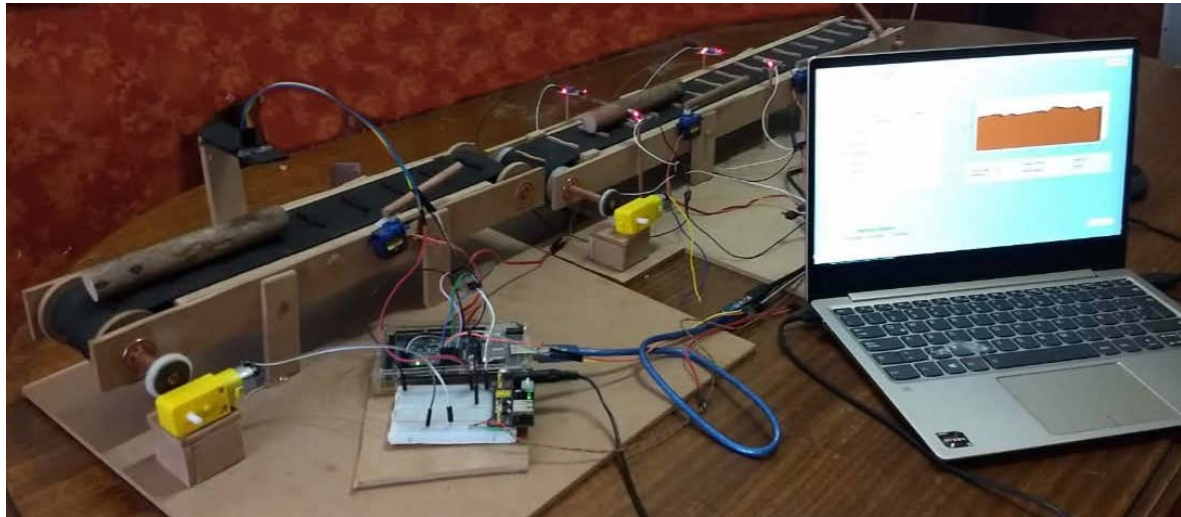


Figura 28. Automatización del Proceso de Selección y Clasificación de Rollizos

4.6 Materiales para la Automatización del Proceso de Descortezado

- Sensor de Distancia-Tiempo de Vuelo-VL53L0X , es capaz de detectar a una distancia máxima de dos metros, este sensor utiliza una medición infrarroja lo cual permite dar resultados más precisos, se pueden leer a través de una interfaz I2C, su funcionamiento de 3 a 5V. Figura 29

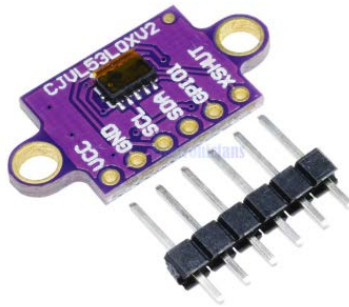


Figura 29. Sensor de Distancia VL53L0X

Este dispositivo, conectado a la tarjeta Arduino, será el encargado de realizar la medida de distancia contra la cinta transportadora, y permitirá estimar el diámetro del rollizo que se desplace bajo su haz tras el cálculo de diferencia de trecho.

$$\text{Diametro del rollizo} = dsc - mrs$$

Dónde:

- *dsc*=distancia sensor a cinta transportadora
- *mrs*=distancia medida por el sensor

- Barrera Laser, Constituida por un láser KY-008 que tiene por requerimiento 5V de alimentación, emite una luz de 650 nm y una potencia de 5 mW. También, un receptor LDR sensor de luz en LM 393, con una tensión de servicio de 3.3V -5V. Figura 30 y 31



Figura 30. Laser KY-008



Figura 31. Diodo Receptor de Luz

Estos dispositivos, funcionando en conjunto y conectados a la tarjeta Arduino, operaran como un sistema de respuesta discreta, ya que la luz láser, al incidir directa y constantemente sobre el receptor LDR lo mantendrá excitado, esto generará una salida en alto (5 volt) permanente que será leído por la placa, e indicará al sistema que las condiciones para activar el actuador no se han cumplido, ya sea por la ausencia del rollizo o que la altura de éste no es suficiente para la categoría.

De la misma forma, si el rollizo tiene la altura suficiente para interrumpir el haz de luz, el LDR generará una respuesta en bajo (0 volt), que la tarjeta leerá y el programa diseñado interpretará que es necesario activar el actuador para la selección del madero.

- Servo Motor para Arduino HXT900, es un dispositivo electromecánico que consiste en un motor eléctrico, un juego de engranajes y una tarjeta de control, todo dentro de una carcasa de plástico. Un servo tiene la capacidad de ser controlado en posición y es capaz de ubicarse en cualquier posición dentro de un rango de operación generalmente 180°, pero puede ser fácilmente modificado para tener un giro libre de 360°, su tensión nominal es de 3v-6v. Figura 32



Figura 32. Servo Motor

El servo operará como actuador conectado a la tarjeta Arduino, y controlado por el software diseñado. Permitirá retirar el rollizo de la cinta transportadora si éste cumple con las características de diámetro necesario.

- Tarjeta de Adquisición de Datos, Arduino Mega 2560, es una versión ampliada de la tarjeta original de Arduino y está basada en el microcontrolador Atmega2560, Dispone de 54 entradas/salidas digitales, 14 de las cuales se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación de Ancho de pulso). Además dispone de 16 entradas analógicas, 4 UARTs (Puertas Series), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un conector ICSP y un pulsador para el reset. Su alimentación externa es 7-12volt, sin embargo puede funcionar además con los 5volt de la conexión USB suministrados por el ordenador. 54 líneas de entradas y salidas digitales, 16 entradas analógicas y salida de alimentación de 3volt con 50mA. Figura 33

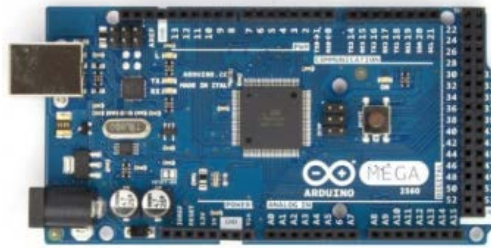


Figura 33. Arduino Mega 2560

La placa Arduino operará como tarjeta adquisidora de datos, acondicionará la información proveniente de los sensores (barrera laser y sensor de tiempo de vuelo) y la depositará en el puerto serial para ser analizada por el software HMI. Además permite la comunicación entre el programa y los actuadores para la selección de los rollizos.

- Motor Reductor de Engranajes para Arduino, Este motor DC posee una caja reductora integrada que le permite entregar un buen torque en un pequeño tamaño y bajo voltaje. La carcasa del motor es de plástico resistente, su funcionamiento de 3v-6v, relación de reducción 1:48. Figura 34



Figura 34. Motor para Arduino

Estos dispositivos permiten el funcionamiento de ambas correas transportadoras de manera independiente, conectadas a través de engranajes a un eje, que permite finalmente el giro de los rodillos de la cinta.

- Ordenador, máquina digital que lee y realiza operaciones para convertirlos en datos convenientes y útiles que posteriormente se envían a las unidades de salida. Un ordenador está formado físicamente por numerosos circuitos integrados y muchos componentes de apoyo, extensión y accesorios, que en conjunto pueden ejecutar tareas diversas con suma rapidez y bajo el control de un programa, funcionamiento con sistema operativo Windows. Figura 35



Figura 35. Ordenador

El ordenador permite alojar el software HMI además de la base de datos que contendrá las estadísticas de los rollizos procesados, estará conectado a través del puerto serial a la tarjeta Arduino.

Es en este elemento que se ejecutará el programa diseñado y que permitirá el cálculo en las estimaciones de diámetros, volumen y cantidad de rollizos.

Además la posibilidad de que este dispositivo se encuentre conectado a la red local, entregará la opción de la lectura de las estadísticas en tiempo real, de manera remota, desde otra estación.

4.7 Lenguajes de Programación Utilizados

- SQL, utilizado en la aplicación SQL Server para almacenar las estadísticas de los Rollizos



- C Sharp, utilizado en la aplicación Visual Studio versión 2017, para diseño de la aplicación HMI



- C++, utilizado en la aplicación Arduino IDE, para el acondicionamiento y comunicación entre la plataforma HMI, sensores y actuadores



- HTML, utilizado en el software Dreamweaver, para el diseño de la aplicación web que presentará las estadísticas en la red



- PhP, utilizado en el software Dreamweaver, para la comunicación entre la base de datos y el formulario web



4.8 Evaluación Económica del Prototipo

Con la finalidad de probar la funcionalidad del software, fue necesaria la construcción de un prototipo del proceso de descortezado y selección de rollizos.

A continuación se presenta las tablas que incluyen los costos para la construcción e implementación del prototipo.

Tabla 2. Presupuesto de la Construcción de la Maqueta

Cant.	Elemento	Cantidad	Precio	Subtotal
1	Tablero MDF	5,5mm	\$ 9,590	\$ 9,590
4	Palos de maqueta redondo	8mm	\$ 300	\$ 1,200
2	Palos de maqueta cuadrado	4x2mm	\$ 200	\$ 400
8	rodamientos de bolas	22x12x7mm	\$ 990	\$ 7,920
1	cinta transportadora	1mm	\$ 1,100	\$ 1,100
2	rodillos de teflón	34x8x68	\$ 8,000	\$ 16,000
TOTAL				\$ 36,210

Tabla 3. Presupuesto de los Dispositivos Electrónicos para el Prototipo

Cant.	Elemento	Modelo	Precio	Subtotal
1	Arduino	Mega 2560 R3	\$ 33,990	\$ 33,990
1	Sensor Distancia Laser	VL53L0X	\$ 6,990	\$ 6,990
3	Servo motor	HXT900	\$ 1,990	\$ 5,970
2	Emisor laser	KY-008	\$ 1,990	\$ 3,980
2	Receptor LDR	LM 393	\$ 1,990	\$ 3,980
2	Motorreductor	Gear Dc	\$ 4,550	\$ 9,100
TOTAL				\$ 64,010

CAPITULO 5

Inconvenientes en la Implementación del Prototipo

En primera instancia se utilizó el sensor ultrasónico HC-SR04 (Figura 36), el cual es un módulo que incorpora un par de transductores de ultrasonido que se utilizan de manera conjunta para determinar la distancia del sensor con un objeto colocado enfrente de este. Un transductor emite una “ráfaga” de ultrasonido y el otro capta el rebote de dicha onda. El tiempo que tarda la onda sonora en ir y regresar a un objeto puede utilizarse para conocer la distancia que existe entre el origen del sonido y el objeto. Si bien es un dispositivo económico y confiable, éste arrojó muy mala precisión a la hora de sensar los rollizos, entregando datos muy dispersos (Figura 37) y que en la práctica significaría errores de medición entre los 10 a 20 cm.



Figura 36. Sensor Ultrasónico HC-SR04



Figura 37. Dispersión de Datos Debido a Baja Precisión

Por lo anterior se reemplazó dicho elemento de medición por un sensor de Distancia por Tiempo de Vuelo, modelo VL53L0X, éste es un dispositivo que realiza una medición a través del mismo concepto anterior sin embargo basado en luz infrarroja.

No obstante se mejoró la precisión al orden milimétrico, el contraste producido por el color pálido de las varillas que guían el rollizo sobre la correa, con el color negro opaco de la misma, al pasar bajo el haz infrarrojo, produce distorsión en las medidas mientras avanza la cinta transportadora vacía. Solucionándose con pintar de color negro las guías de rollizos sobre la banda.

CAPÍTULO 6

Conclusión

La presente tesis tuvo como objetivo abordar el problema de la selección y clasificación de rollizos, generando una propuesta mucho más económica y asequible a los aserraderos que no cuentan con un presupuesto elevado para automatizar sus procesos de descortezado.

De modo de reducir los tiempos muertos y pérdidas en el rendimiento asociadas al ingreso de rollizos mal clasificados en el aserradero, y habiendo descartado la posibilidad de mejorar la clasificación previa a su ingreso, se propuso retirar los rollizos de la línea de ingreso de trozos a la descortezadora con un actuador comandado con la interfaz HMI, así mismo, realizar la clasificación de rollizos.

El diseño del lazo de control abierto incidió positivamente en la automatización del proceso de descortezado, debido a que cumple con las necesidades planteadas en la problemática.

El presente proyecto otorga a la empresa una herramienta tecnológica, que permite mejorar sus niveles de producción y acortar los “cuellos de botella”, de manera sencilla y eficiente.

Se comprobó que un control basado en procesamiento de la información a través de un ordenador, resulta efectivo, eficiente, y versátil frente a las necesidades dinámicas del cliente.

Pudiéndose adecuar a diferentes procesos de descortezados.

Bibliografía

1. Instituto Forestal. Diciembre, 1989.” Principios de Organización y Operación del Aserradero”. Recuperado de <https://www.infor.cl/>
2. Gysling, J, Soto, D” Industria Forestal Primaria en Chile”. Recuperado de <https://www.infor.cl/>
3. Plataforma Virtual Aserraderos Arauco S.A. – www.arauco.cl
4. Descortezadoras, <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/descortezadora-81284.html>
5. DataSheet Arduino Mega 2560, <https://saber.patagoniatec.com/2014/06/arduino-mega-2560-atmega-mega-arduino-clon-compatible-argentina-tutorial-basico-informacion-arduino-argentina-ptec/>
6. Manual HMI, <https://www.copadata.com/es/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>
7. Plataforma Virtual, Corporación Chilena de la Madera, <http://www.corma.cl/>