

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA**

**VALPARAÍSO – CHILE**



**“EQUIPO DE MEDICIÓN,  
ALMACENAMIENTO DE DATOS E  
INTERFAZ DE USUARIO PARA MADERA”**

**TOMÁS ERNESTO RODENAS ESPINOZA**

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
CIVIL ELECTRÓNICO MENCIÓN COMPUTADORES.**

**PROFESOR GUÍA: DR. ALEJANDRO SUAREZ.**

**PROFESOR CORREFERENTE: SR. RUDY MALONNEK.**

**MARZO – 2015**

## **Agradecimientos**

Esta Memoria está dedicada a mi madre, uno de los pilares fundamentales en mi vida y gracias a la cual pude salir adelante en esta universidad.

Agradezco a cada uno de mis profesores por la formación entregada tanto en lo académico como en la formación de valores sólidos, en especial al profesor y doctor Alejandro Suárez quien es mi profesor guía en este proyecto y al profesor Rudy Malonnek por haber sido mi correferente, siendo ambos abiertos en apoyarme para finalizar mi última etapa en esta institución.

No puedo dejar de lado obviamente en los agradecimientos a mi familia, en especial a mi madre por creer en mi persona, por apoyarme de forma incondicional y por estar en las buenas y en las malas conmigo. A mi tía Fanny por todo el apoyo y el cariño recibido de su parte, a mis hermanas por aguantar mi pesadez, a mi padre por su buena onda y a mi tía María por su acogedor recibimiento en mis días de universidad.

Dejo un agradecimiento especial la Srta. Marcela Ríos y Don Cristian Arias por su amistad y apoyo todos estos años. Siempre estaré agradecido por todos los favores realizados, son una segunda familia para mí. Además agradezco a sus hijos por soportarme todos estos años que llevamos conociéndonos.

También quiero destacar personas que han sido importantes en esta etapa como Sergio Muñoz, actualmente un gran amigo, Julio Hidalgo mi mejor amigo y partner apoyándonos en las buenas y en las buenas, a Tania Espinoza una amiga a quien quiero mucho y a Paz Castillo por todos los años de amistad. Obviamente debo dejar espacio para Cristóbal Nettle, Marcela Polanco, Gabriel Ahumada, Gabriel Honores, Alejandro Olmedo, Daniel Guerra, Constanza Valdez y muchos otros amigos gracias a los cuales pude disfrutar mi vida universitaria.

## **RESUMEN**

El presente proyecto consiste en automatizar el proceso de medición y registro de información en la empresa maderera EUCASEC LTDA., incorporando tecnología que permita asegurar un proceso productivo confiable y rápido llevando a cabo las tareas apropiadas en este rubro. La automatización debe permitir medir la madera de forma rápida y dentro de los márgenes de error admisibles, almacenar los datos, configurar parámetros e imprimir etiquetas cuando corresponda.

Para llevar a cabo el proyecto se usarán metodologías y técnicas de modelado de sistemas y su posterior implementación basados en programación orientada a objetos apoyado por UML. Mediante estas técnicas se definen las necesidades y requerimientos del cliente para el proyecto y, por consiguiente, el diseño de una solución lógica para el problema.

En lo que respecta a la incorporación de tecnología en el proceso productivo, se incorporará un sensor de medición de distancia láser, el cual cumple con los márgenes de error admisibles por la empresa y no cuenta con partes móviles que puedan generar problemas mecánicos. Además para abstraer al operador del uso de un computador, se incorporarán botones externos para la interacción con el sistema para hacer más fácil e intuitivo su uso.

Como resultado de este proceso se obtiene una solución que entrega una interfaz de usuario fácil de usar, intuitiva, que abstrae al operador del uso de un computador y que cumple con los requerimientos funcionales y no funcionales solicitados por la empresa.

## **ABSTRACT**

This Project is to automate the process of measuring and recording information in the wood manufacturing company EUCASEC LTDA., incorporating technology to ensure a reliable and quick production process by carrying out appropriate tasks in this area. Automation should allow the wood to be measured quickly and within allowable margins of error, store data, set parameters and print labels where appropriate.

To carry out the project, system modeling techniques and methodologies implementation based on programming oriented to objects supported by UML, will be employed. Through these techniques, client needs and requirements will be defined for the project and thus the design for a logical solution to the problem.

Where the incorporation of technology in the productive process is concerned, a sensor for laser distance measurements will be incorporated, which will comply to the acceptable margins of error of the company and does not have moving parts that will generate mechanical issues. Also, to keep the operator from using a computer, external buttons will be incorporated to interact with the system to make its use easier and more intuitive.

As a result of this process a solution that provides a user friendly, intuitive interface that keeps the operator from having to use a computer and complies with the functional and non functional requirements of the company is obtained.

## SIGLAS

|                      |                                                                                                                    |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ASCII</b>         | American Standard Code for Information Interchange (Código Estándar Americano para el Intercambio de Información). |
| <b>CCD</b>           | Charge-Coupled Device (Dispositivo de Carga Acoplada).                                                             |
| <b>COM</b>           | Communication Port (Puerto de Comunicación).                                                                       |
| <b>CPU</b>           | Central Processing Unit (Unidad Central de Procesamiento).                                                         |
| <b>CU_AP_X_REV_Y</b> | Caso de Uso Aplicación Número X Versión Y.                                                                         |
| <b>DRAM</b>          | Dinamic Random Access Memory (Memoria Dinámica de Acceso Aleatorio).                                               |
| <b>GPIO</b>          | General Purpose Input-Output (Entrada-Salida de Propósito general).                                                |
| <b>GUI</b>           | Graphical User Interface (Interfaz Gráfica de Usuario).                                                            |
| <b>IDE</b>           | Integrated Development Environment (Ambiente de Desarrollo Integrado).                                             |
| <b>JVM</b>           | Java Virtual Machine (Máquina Virtual Java).                                                                       |
| <b>PSD</b>           | Position Sensitive Device (Dispositivo Sensor de Posición).                                                        |
| <b>RAM</b>           | Random Access Memory (Memoria de Acceso Aleatorio).                                                                |
| <b>R_F_H_X</b>       | Requerimiento Funcional de Hardware Número X.                                                                      |
| <b>R_F_X</b>         | Requerimiento Funcional Número X.                                                                                  |
| <b>R_N_F_X</b>       | Requerimiento no Funcional Número X.                                                                               |
| <b>SRAM</b>          | Static Random Access Memory (Memoria Estática de Acceso Aleatorio).                                                |
| <b>TTL</b>           | Transistor-Transistor Logic (Lógica Transistor a Transistor).                                                      |
| <b>UART</b>          | Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Transmisor-Receptor Asincrónico Universal).                           |
| <b>UML</b>           | Unified Modeling Language (Lenguaje de Modelado Unificado).                                                        |
| <b>USRT</b>          | Universal Synchronous Receiver-Transmitter (Transmisor-Receptor Sincrónico Universal).                             |

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AVR</b>         | Familia de microcontroladores RISC del fabricante estadounidense Atmel.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Baudio</b>      | Número de símbolos por segundo en un medio de transmisión digital.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Bluetooth</b>   | Es una especificación industrial para redes inalámbricas de área personal que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4GHz.                                                                                                                                   |
| <b>Code 128</b>    | Es un código de barras de alta densidad, usado ampliamente para la logística y paquetería.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Código QR</b>   | Es un módulo para almacenar información en una matriz de puntos o en un código de barras bidimensional.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Encoder</b>     | Dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>GNOME</b>       | Entorno de escritorio e infraestructura de desarrollo para sistemas operativos GNU/Linux, Unix y derivados Unix compuesto de software libre.                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>GNU/Linux</b>   | Combinación del núcleo o kernel libre similar a Unix denominado Linux con el sistema operativo GNU.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>IPXY</b>        | Grado de protección IP que especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los contenedores que resguardan los componentes que constituyen en equipo. El valor numérico X indica el nivel de protección frente al polvo y el valor numérico Y indica el nivel de protección frente a líquidos. |
| <b>JAVA</b>        | Lenguaje de programación de propósito general orientado a objetos. Es multiplataforma, esto quiere decir que el código que es ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para correr en otra. Fue originalmente desarrollado por James Gosling de Sun Microsystems (eventualmente adquirida por Oracle).                                       |
| <b>RS232</b>       | Interfaz que designa una norma para el intercambio de datos binarios.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Rasberry Pi</b> | Computador de tamaño reducido de bajo costo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Raspbian</b>    | Sistema operativo basado en debían, gratuito y optimizado para ser usado con una Raspberry Pi.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>TIOBE</b>       | Medida de popularidad de los lenguajes de programación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## ÍNDICE

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| <b>CAPÍTULO 1: Introducción</b>                     | 14 |
| <b>CAPÍTULO 2: Propuesta de Proyecto</b>            | 16 |
| 2.1. Resumen Empresa EUCASEC                        | 16 |
| 2.2. Descripción del problema                       | 18 |
| 2.3. Estado del arte                                | 19 |
| 2.4. Objetivos del Proyecto                         | 20 |
| 2.4.1. Objetivo General                             | 20 |
| 2.4.2. Objetivos Específicos                        | 20 |
| 2.5. Alternativas de solución                       | 22 |
| 2.5.1. CPU                                          | 22 |
| 2.5.2. Sensor de Distancia                          | 24 |
| 2.5.3. Etiquetadora                                 | 25 |
| 2.5.4. Lenguaje de Programación                     | 26 |
| 2.5.5. Exportación de Datos                         | 26 |
| 2.6. Solución Propuesta                             | 27 |
| 2.6.1. CPU                                          | 27 |
| 2.6.2. Sensor de distancia                          | 30 |
| 2.6.3. Etiquetadora                                 | 32 |
| 2.6.4. Lenguaje de Programación                     | 34 |
| 2.6.5. Exportación de datos                         | 36 |
| 2.6.6. Alternativa Seleccionada                     | 36 |
| 2.7. Estudios de Factibilidad                       | 36 |
| 2.7.1. Factibilidad técnica                         | 37 |
| 2.7.2. Factibilidad Operacional                     | 37 |
| 2.7.3. Factibilidad Económica                       | 37 |
| 2.8. Planificación de Recursos                      | 40 |
| <b>CAPÍTULO 3: Marco Teórico</b>                    | 42 |
| 3.1 Principio de funcionamiento de un medidor láser | 42 |
| 3.1.1 Principios de la triangulación láser          | 42 |

|                                                           |                                             |           |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
| 3.1.2                                                     | Transmisor .....                            | 43        |
| 3.1.3                                                     | Receptor .....                              | 44        |
| 3.2                                                       | La plataforma Arduino .....                 | 47        |
| 3.3                                                       | Comunicación Serial.....                    | 49        |
| 3.4                                                       | Sistema Operativo Ubuntu .....              | 51        |
| 3.5                                                       | Java .....                                  | 53        |
| 3.6                                                       | Diseño de interfaz gráfica.....             | 54        |
| 3.6.1                                                     | Usabilidad.....                             | 55        |
| 3.6.2                                                     | Principios del diseño de la Interfaz.....   | 56        |
| 3.6.3                                                     | Netbeans .....                              | 58        |
| 3.7                                                       | Códigos de barra.....                       | 59        |
| <b>CAPÍTULO 4: Especificación de Requerimientos .....</b> |                                             | <b>63</b> |
| 4.1.                                                      | Declaración Funcional .....                 | 63        |
| 4.2.                                                      | Atributos del sistema .....                 | 65        |
| 4.3.                                                      | Casos de Uso .....                          | 67        |
| 4.4.                                                      | Casos de Uso en Formato de Alto Nivel ..... | 69        |
| 4.5.                                                      | Casos de Uso en Formato Expandido.....      | 72        |
| <b>CAPÍTULO 5: Diseño del Sistema .....</b>               |                                             | <b>77</b> |
| 5.1.                                                      | Arquitectura del Sistema.....               | 77        |
| 5.2.                                                      | Diagramas de Secuencia .....                | 79        |
| 5.3.                                                      | Diagrama de Clases Integrado .....          | 80        |
| 5.4.                                                      | Mapa de Navegación.....                     | 80        |
| 5.5.                                                      | Diseño de Interfaz Gráfica (GUI).....       | 81        |
| <b>CAPÍTULO 6: Implementación .....</b>                   |                                             | <b>84</b> |
| 6.1.                                                      | Comunicación Serial.....                    | 84        |
| 6.1.1.                                                    | Programación JAVA.....                      | 84        |
| 6.1.2.                                                    | Programación Arduino .....                  | 86        |
| 6.1.3.                                                    | Comunicación Serial Láser .....             | 87        |
| 6.2.                                                      | Impresión de Etiquetas.....                 | 87        |
| 6.3.                                                      | Creación de archivos Excel.....             | 91        |
| 6.4.                                                      | GUI Diseñada vs GUI Implementadas .....     | 91        |
| <b>CAPÍTULO 7: Funcionamiento y resultados .....</b>      |                                             | <b>94</b> |

|                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| 7.1. Sistema .....                                   | 94         |
| 7.2. Verificación .....                              | 97         |
| 7.3. Validación .....                                | 99         |
| <b>CAPÍTULO 8: Conclusiones.....</b>                 | <b>103</b> |
| 8.1. Visión General .....                            | 103        |
| 8.2. Cumplimiento de Objetivos .....                 | 103        |
| 8.3. Expectativas Futuras .....                      | 104        |
| 8.4. Apreciaciones personales.....                   | 104        |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                              | <b>106</b> |
| <b>ANEXO A: Casos de Uso Formato Expandido .....</b> | <b>107</b> |
| <b>ANEXO B: Diagramas de Secuencia. ....</b>         | <b>116</b> |
| <b>ANEXO C: Clases implementadas. ....</b>           | <b>119</b> |
| ANEXO D: GUI's Implementadas vs GUI's diseñadas..... | 127        |
| ANEXO E: Implementación código Excel.....            | 132        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2. 1 Eucaliptus Viminalis. ....                                                                   | 17 |
| Figura 2. 2 Ejemplo Representativo del proceso de medir y registrar madera. ....                         | 18 |
| Figura 2. 3 Esquema de equipo a construir. ....                                                          | 22 |
| Figura 2. 4 Raspberry Pi Modelo B. ....                                                                  | 23 |
| Figura 2. 5 Computador con Ubuntu foto referencial. ....                                                 | 23 |
| Figura 2. 6 Computador con Windows foto referencial. ....                                                | 24 |
| Figura 2. 7 Sensor de distancia láser. ....                                                              | 24 |
| Figura 2. 8 Encoder lineal magnético. ....                                                               | 25 |
| Figura 2. 9 Sensor de ultrasonido. ....                                                                  | 25 |
| Figura 2. 10 Etiquetadora Zebra TLP 2844. ....                                                           | 25 |
| Figura 2. 11 Etiquetadora Brother QL-1060N. ....                                                         | 26 |
| Figura 2. 12 Etiquetadora LP542S. ....                                                                   | 26 |
| Figura 2. 13 Carta Gantt. ....                                                                           | 40 |
| <br>Figura 3. 1 Esquema de funcionamiento de un medidor láser. ....                                      | 42 |
| Figura 3. 2 Tipos de superficie de los objetos a medir. ....                                             | 43 |
| Figura 3. 3 Diametro del láser v/s objeto a medir. ....                                                  | 43 |
| Figura 3. 4 Esquema de funcionamiento sensor PSD. ....                                                   | 45 |
| Figura 3. 5 Posible distribución de energía recibida. ....                                               | 46 |
| Figura 3. 6 Valor máximo sensor CCD. ....                                                                | 46 |
| Figura 3. 7 Intensidad de luz recibida por pixel y su utilidad para diferenciar reflexiones de luz. .... | 47 |
| Figura 3. 8 Arduino Uno. ....                                                                            | 48 |
| Figura 3. 9 Entorno de desarrollo integrado Arduino. ....                                                | 49 |
| Figura 3. 10 Frame de datos en comunicación serial asincrónica ....                                      | 50 |
| Figura 3. 11 Entorno gráfico Ubuntu Unity. ....                                                          | 51 |
| Figura 3. 12 Ranking de los lenguajes de programación más usados desde el año 2002. ....                 | 54 |
| Figura 3. 13 Interfaz de construcción de GUIs proporcionada por Netbeans. ....                           | 59 |
| Figura 3. 14 Principio de funcionamiento de un lector de código de barras CCD. ....                      | 60 |
| Figura 3. 15 Ejemplo de Code 128 y código QR. ....                                                       | 61 |
| <br>Figura 4. 1 Casos de Uso. ....                                                                       | 68 |
| <br>Figura 5. 1 Sensor Láser. ....                                                                       | 77 |
| Figura 5. 2 USB-Serial CH340. ....                                                                       | 77 |
| Figura 5. 3 LM317 en su configuración típica. ....                                                       | 78 |
| Figura 5. 4 Botonera de pruebas. ....                                                                    | 78 |
| Figura 5. 5 Arquitectura del sistema. ....                                                               | 79 |
| Figura 5. 6 Diagrama de Secuencia para la medición de madera. ....                                       | 80 |
| Figura 5. 7 Diagrama de Clases de la aplicación en Java. ....                                            | 81 |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 5. 8 Mapa de Navegación del prototipo. ....                            | 81  |
| Figura 5. 9 Diseño de Ventana de Trabajo. ....                                | 82  |
| Figura 6. 1 Implementación Comunicación Serial JAVA. ....                     | 84  |
| Figura 6. 2 Implementación método que recibe los datos del puerto serie. .... | 85  |
| Figura 6. 3 Implementación método para enviar datos por puerto serial. ....   | 86  |
| Figura 6. 4 Ejemplo código Arduino usando botones y puerto serial. ....       | 86  |
| Figura 6. 5 Método estático imprimir de la clase Etiqueta. ....               | 87  |
| Figura 6. 6 Figura 6.6 Implementación código de barras Java. ....             | 88  |
| Figura 6. 7 Método crearPDF usando librerías de Apache PDFBox. ....           | 89  |
| Figura 6. 8 Método insertarTexto() en clase Etiqueta. ....                    | 89  |
| Figura 6. 9 Método insertarImagen() en clase Etiqueta. ....                   | 89  |
| Figura 6. 10 Ejemplo de archivo PDF creado para imprimir etiqueta. ....       | 90  |
| Figura 6. 11 Método impresora() en clase Etiqueta. ....                       | 91  |
| Figura 6. 12 GUI Implementada. ....                                           | 92  |
| Figura 6. 13 GUI Diseñada. ....                                               | 92  |
| Figura 7. 1 Sistema construido para pruebas. ....                             | 94  |
| Figura 7. 2 Ejemplo Instalación en terreno. ....                              | 94  |
| Figura 7. 3 Obtención de longitud de la madera. ....                          | 95  |
| Figura 7. 4 Medición de Madera. ....                                          | 96  |
| Figura 7. 5 Diagrama de flujo de la aplicación. ....                          | 97  |
| Figura B. 1 Diagrama de Secuencia para acción Medir. ....                     | 116 |
| Figura B. 2 Diagrama de Secuencia para opción Configurar. ....                | 116 |
| Figura B. 3 Diagrama de Secuencia para calibrar el laser. ....                | 117 |
| Figura B. 4 Diagrama de Secuencia para Cancelar Paquete. ....                 | 117 |
| Figura B. 5 Diagrama de Secuencia para finalizar paquete. ....                | 118 |
| Figura C. 1 Atributos y métodos clase paquete. ....                           | 119 |
| Figura C. 2 Atributos y métodos clase ParamConfig. ....                       | 120 |
| Figura C. 3 Atributos y métodos clase PDFPrintPage. ....                      | 120 |
| Figura C. 4 Atributos y métodos clase VentConfigNumSec. ....                  | 121 |
| Figura C. 5 Atributos y métodos clase VentTrabajo. ....                       | 121 |
| Figura C. 6 Atributos y métodos clase VentFinPaq. ....                        | 122 |
| Figura C. 7 Atributos y métodos clase VentConfigAncho. ....                   | 122 |
| Figura C. 8 Atributos y métodos clase ExcelPOI. ....                          | 122 |
| Figura C. 9 Atributos y métodos clase SerialClass. ....                       | 123 |
| Figura C. 10 Atributos y métodos clase VentConfigCallLaser. ....              | 123 |
| Figura C. 11 Atributos y métodos clase Etiqueta. ....                         | 123 |
| Figura C. 12 Atributos y métodos clase Reloj. ....                            | 124 |
| Figura C. 13 Atributos y métodos clase VentConfigGrosor. ....                 | 124 |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| Figura C. 14 Atributos y métodos clase VentConfigNumPaq. .... | 125 |
| Figura C. 15 VentConfig. ....                                 | 125 |
| Figura C. 16 Atributos y métodos clase VentConfigArea. ....   | 125 |
| Figura C. 17 Atributos y métodos clase VentConfigTipo. ....   | 126 |
| Figura C. 18 Atributos y métodos clase VentCancPaq. ....      | 126 |
| Figura C. 19 Atributos y métodos clase BotonesSerial. ....    | 126 |
|                                                               |     |
| Figura D. 1 Ventana de Trabajo. ....                          | 127 |
| Figura D. 2 Diseño Ventana de Trabajo. ....                   | 127 |
| Figura D. 3 Finalizar Paquete. ....                           | 127 |
| Figura D. 4 Diseño Finalizar Paquete. ....                    | 127 |
| Figura D. 5 Configuración. ....                               | 128 |
| Figura D. 6 Diseño Configuración. ....                        | 128 |
| Figura D. 7 Calibrar Laser. ....                              | 128 |
| Figura D. 8 Diseño Calibrar Láser. ....                       | 128 |
| Figura D. 9 Ancho de la Madera. ....                          | 129 |
| Figura D. 10 Diseño Ancho de la Madera. ....                  | 129 |
| Figura D. 11 Grosor de la Madera. ....                        | 129 |
| Figura D. 12 Diseño Grosor de la Madera. ....                 | 129 |
| Figura D. 13 Número de Secado. ....                           | 130 |
| Figura D. 14 Diseño Número de Secado. ....                    | 130 |
| Figura D. 15 Número de Paquete. ....                          | 130 |
| Figura D. 16 Diseño Número de Paquete. ....                   | 130 |
| Figura D. 17 Área del Paquete. ....                           | 131 |
| Figura D. 18 Diseño Área del Paquete. ....                    | 131 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2. 1 Criterios de evaluación de la CPU. ....                                         | 28 |
| Tabla 2. 2 Detalle de evaluación de una Raspberry Pi. ....                                 | 28 |
| Tabla 2. 3 Detalle de Evaluación de CPU con Ubuntu.....                                    | 29 |
| Tabla 2. 4 Detalle de evaluación CPU con Windows.....                                      | 29 |
| Tabla 2. 5 Resultado de evaluación de las CPU's .....                                      | 30 |
| Tabla 2. 6 Criterios de evaluación de sensor a usar.....                                   | 31 |
| Tabla 2. 7 Detalle de evaluación de sensor láser.....                                      | 31 |
| Tabla 2. 8 Detalle de evaluación de encoder lineal magnético .....                         | 31 |
| Tabla 2. 9 Detalle de evaluación de sensor de ultrasonido.....                             | 32 |
| Tabla 2. 10 Resultado de evaluación de sensores .....                                      | 32 |
| Tabla 2. 11 Criterios de evaluación de etiquetadora .....                                  | 33 |
| Tabla 2. 12 Detalle de evaluación Zebra TLP 2844 .....                                     | 33 |
| Tabla 2. 13 Detalle de evaluación QL-1060N.....                                            | 33 |
| Tabla 2. 14 Detalle de evaluación LP542S .....                                             | 34 |
| Tabla 2. 15 Resultado de evaluación de Etiquetadoras .....                                 | 34 |
| Tabla 2. 16 Criterios de evaluación de lenguajes de programación .....                     | 35 |
| Tabla 2. 17 Detalle de evaluación lenguaje Java .....                                      | 35 |
| Tabla 2. 18 Detalle de evaluación lenguaje C++ .....                                       | 35 |
| Tabla 2. 19 Detalle de evaluación lenguaje C# .....                                        | 35 |
| Tabla 2. 20 Resultado de evaluación lenguajes de programación.....                         | 36 |
| Tabla 2. 21 Costo recurso humano .....                                                     | 38 |
| Tabla 2. 22 Costos de inversión inicial .....                                              | 38 |
| Tabla 2. 23 Comparación de disminución de tiempo en tareas .....                           | 39 |
| Tabla 2. 24 Remuneración promedio de un operario.....                                      | 39 |
| <br>                                                                                       |    |
| Tabla 3. 1 Ranking de popularidad en lenguajes de programación año 2015 fuente TIOBE. .... | 53 |
| <br>                                                                                       |    |
| Tabla 4. 1 Requerimientos Funcionales. ....                                                | 63 |
| Tabla 4. 2 Requerimientos No Funcionales de la Aplicación. ....                            | 66 |
| Tabla 4. 3 Requerimiento Funcional de Hardware. ....                                       | 67 |
| Tabla 4. 4 CU_AP_01_REV_1.2 Formato Alto Nivel. ....                                       | 69 |
| Tabla 4. 5 CU_AP_02_REV_1.2 Formato Alto Nivel. ....                                       | 69 |
| Tabla 4. 6 CU_AP_03_REV_1.2 Formato Alto Nivel. ....                                       | 69 |
| Tabla 4. 7 CU_AP_04_REV_1.2 Formato Alto Nivel. ....                                       | 70 |
| Tabla 4. 8 CU_AP_05_REV_1.2 Formato Alto Nivel. ....                                       | 70 |
| Tabla 4. 9 CU_AP_06_REV_1.2 Formato Alto Nivel. ....                                       | 71 |
| Tabla 4. 10 CU_AP_07_REV_1.2 Formato Alto Nivel. ....                                      | 71 |
| Tabla 4. 11 CU_AP_08_REV_1.2 Formato Alto Nivel. ....                                      | 71 |
| Tabla 4. 12 Caso de uso Medir.....                                                         | 72 |
| Tabla 4. 13 Caso de uso Cancelar Paquete Actual. ....                                      | 73 |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 7. 1 Avance de requerimientos. ....                     | 98  |
| Tabla 7. 2 Resultado de pruebas de casos de uso. ....         | 100 |
| Tabla 7. 3 Reducción de tiempo alcanzada con el sistema. .... | 100 |
| Tabla A. 1 Caso de Uso Ventana de Trabajo.....                | 107 |
| Tabla A. 2 Caso de Uso Medir.....                             | 108 |
| Tabla A. 3 Caso de Uso Cancelar Paquete Actual .....          | 109 |
| Tabla A. 4 Caso de Uso Configurar Parámetros.....             | 110 |
| Tabla A. 5 Caso de Uso Imprimir Paquete Anterior .....        | 111 |
| Tabla A. 6 Caso de Uso Finalizar Paquete.....                 | 112 |
| Tabla A. 7 Caso de Uso Rechazar Paquete .....                 | 113 |
| Tabla A. 8 Caso de Uso Aceptar Paquete .....                  | 114 |

## ***CAPÍTULO 1: Introducción***

Chile es un país que lleva más de 4 décadas en el rubro forestal, contando con empresas madereras de mediano y gran tamaño siendo actualmente uno de los principales exportadores de madera en el mundo. Estas empresas deben crear y mantener ventajas competitivas que las mantengan en los mercados nacionales e internacionales. Dentro de estas ventajas competitivas se encuentra el agregar tecnología a los procesos productivos para hacerlos más eficientes y confiables.

Dentro de estas madereras se encuentra una en particular llamada EUCASEC, la cual está ubicada en la comuna de Santa Bárbara en la Región del BioBío. Esta empresa cuenta con bosques mixtos, los cuales están formados por especies forestales exóticas y nativas siendo explotado principalmente el Eucalipto Viminalis por su buen crecimiento y madera de fácil elaboración. EUCASEC está fuertemente comprometida a cuidar los bosques nativos, recibiendo calificaciones positivas por la organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura (F.A.O.).

El modo de ventas de esta empresa consiste en vender maderas de largo variable en paquetes de que formen un determinado metraje cuadrado para distintos propósitos, principalmente pisos, los obliga a medir cada madera en cada paquete. Este proceso es realizado de forma manual por un empleado el cual mide con cinta métrica la madera y la registra de forma manuscrita en un cuaderno para luego calcular su área e ir sumándola al área total del paquete. Al finalizar un paquete se debe pegar una etiqueta al paquete con los parámetros de importancia y el registro escrito de las maderas eventualmente es llevado a la ciudad de Santiago para ser ingresado a una planilla Excel. Todo este proceso está sujeto a distintos tipos de errores que pueden derivar en pérdidas para la empresa y en posible pérdida de clientes.

Para evitar errores y disminuir la demora en la creación de paquetes se estudia y desarrolla un sistema cuya complejidad radica en automatizar el proceso de medición y control de maderas y paquetes, que pueda llevar registro de todos los movimientos, que sea configurable y que pueda imprimir las etiquetas correspondientes a cada paquete.

El Capítulo 2 del presente documento muestra un resumen de la empresa EUCASEC seguido por la descripción del problema, estado del arte, los objetivos del proyecto, propuestas y solución al problema, estudios de factibilidad y planificación de recursos.

El Capítulo 3 da a conocer el marco teórico para la solución propuesta con la finalidad de introducir los conocimientos necesarios en torno a metodologías y herramientas que permitirán llevar a cabo el proyecto.

El Capítulo 4 detalla los requerimientos y atributos asociados a la solución, el cual incluye los casos de uso para modelar el sistema.

El Capítulo 5 desglosa el diseño del sistema mostrando su arquitectura, diagramas de secuencia, diagramas de clases y el diseño de la interfaz gráfica.

En el Capítulo 6 se detalla la implementación del sistema en lo que respecta a programación en Java, mostrando los principales métodos usados en la programación de la aplicación.

El Capítulo 7 muestra el funcionamiento del sistema y registra sus resultados. Finalmente en el Capítulo 8 se concluye el proyecto analizando principalmente el cumplimiento de objetivos y las expectativas futuras para el sistema.

## ***CAPÍTULO 2: Propuesta de Proyecto***

### **2.1. Resumen Empresa EUCASEC**

La empresa maderera **EUCASEC** Ltda. es subsidiaria de Forestal EUCAHUE, la cual ofrece al mercado pisos de madera natural, pisos sólidos de madera, guardapolvos y junquillos, pisos de eucalipto seco en cámara, entablado de pisos, tablas de piso, revestimiento de piso, deck y pisos de terraza.

Durante generaciones EUCASEC ha estado relacionada por sus orígenes en Alemania en lo que respecta a forestación y el manejo de bosques. En el año 1989 se comenzó la forestación del Fundo EUCAHUE, ubicado en la comuna de Santa Bárbara en la octava región. Su visión o meta de largo plazo es establecer un bosque mixto y sustentable, protegiendo, manejando y reduciendo la presión sobre los bosques nativos chilenos estableciendo bosques mixtos, multietéreos, ecológica y financieramente sustentables, otorgándole un valor agregado a sus productos.

El bosque mixto alberga una gran variedad de árboles y arbustos de distintas especies y edades, lo cual es beneficioso porque ofrece más resistencia a cambios climáticos como sequías, exceso de lluvias, temporales, plagas y cambios en el mercado, ya que no depende de solo un tipo de madera, no así como una plantación de una sola especie (mono cultura).

Cabe destacar que esta empresa ha sido calificada por la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (F.A.O.) como “Caso Ejemplar de Manejo Forestal Sostenible en América Latina y el Caribe”. Con esto se busca que en cada sitio se desarrolle aquella especie forestal que encuentre las mejores condiciones para su óptimo crecimiento y, en consecuencia, generar madera de calidad.

En el predio existen 16 especies forestales exóticas y 11 nativas, entre las que se destaca con una densidad de  $650[\text{kg}/\text{m}^3]$  especialmente el Eucaliptus Viminalis (fig. 2.1) por su buen crecimiento, su madera de fácil elaboración, por su veta y llamativa coloración. Es una madera apta para pisos, escalas, junquillos, guardapolvos, etc. Todas estas características la convierten en una alternativa a maderas nativas como el Lingue, Lenga, Rauli o Coihue e incluso importadas como la Mara Boliviana.

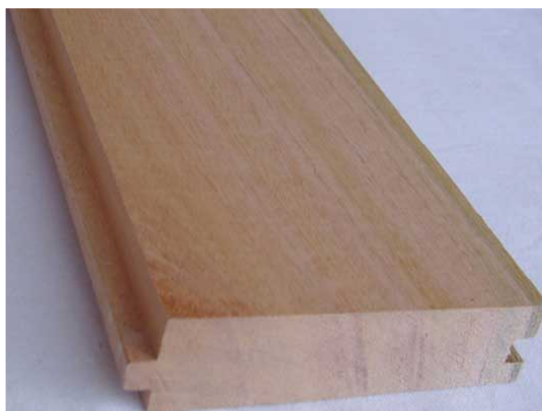


**Figura 2. 1 Eucaliptus Viminalis.**

Sus bosques son controlados mediante podas y raleos, fomentando la regeneración natural. Además la extracción de árboles se realiza mediante la utilización de animales de tiro, en este caso bueyes, evitando de esta forma daños en la regeneración y en los suelos. Entre sus políticas se encuentran el no uso de pesticidas, herbicidas y/o abonos, con el fin de proteger el medioambiente.

EUCASEC ofrece al mercado madera de Eucaliptus Viminalis en los siguientes formatos:

- Pisos de Madera: Para instalar en obra, pulir y vitrificar o aplicar aceite /cera.
  - o 20[mm] x 104[mm] x largo variable
  - o 20[mm] x 83[mm] x largo variable
  - o 20[mm] x 53[mm] x largo variable
  - o 14[mm] x 104[mm] x largo variable
  - o 14[mm] x 83[mm] x largo variable
- Guardapolvos: Al menos 70% en largo de 1800[mm] a 2400[mm] de canto redondo.
  - o 19[mm] x 85[mm] x largo variable
  - o 19[mm] x 65[mm] x largo variable
  - o 19[mm] x 40[mm] x largo variable
  - o 15[mm] x 90[mm] x largo variable
- Junquillos: Al menos 70% en largo de 1800[mm] a 2400[mm].
  - o 19[mm] x 19[mm] x largo variable
  - o 15[mm] x 15[mm] x largo variable

Además ofrece revestimientos de escalas y pasamanos, puertas macizas de madera sólida, celosías, instalación de pisos de madera, pulidos y vitrificados de pisos.

## 2.2. Descripción del problema

Para poder convertir un árbol en tablas de madera se debe pasar por varias etapas como el traslado de los troncos, el descortezado, sierras partidoras, secado de la madera, clasificación de la madera por medidas, empaquetado y despacho. El proceso de cortar la madera en medidas estándar no es complejo, pero existen aserraderos como el descrito en la sección 2.1 que ofrecen su madera en medidas variables, lo cual les obliga a medir por separado cada unidad de madera vendida. El hecho de vender maderas de largo variable sobre los 0.3[m] y hasta los 2.5[m] reside en que la madera al salir de la etapa de secado puede presentar imperfecciones como trizaduras en algunos sectores producto de un secado no 100% homogéneo y por la presencia de fallas propias de la madera. Esto debe ser eliminado dando origen a maderas de distinto largo usada para pisos. El modo de ventas de estas maderas es por paquetes de 1.5[m<sup>2</sup>] aproximadamente, incluyendo maderas de distinto largo pero del mismo ancho y grosor.

Actualmente la madera es medida de forma manual por un operario haciendo uso de una cinta métrica, cuya medición es registrada en un cuaderno escrito a mano. Posteriormente este cuaderno es traspasado a mano en una planilla Excel para ingresarlo al sistema. El área del paquete se obtiene con calculadora en un proceso iterativo hasta lograr el metraje deseado cumpliendo con que el paquete incluya como máximo 3 maderas inferiores a 40[cm] de largo.

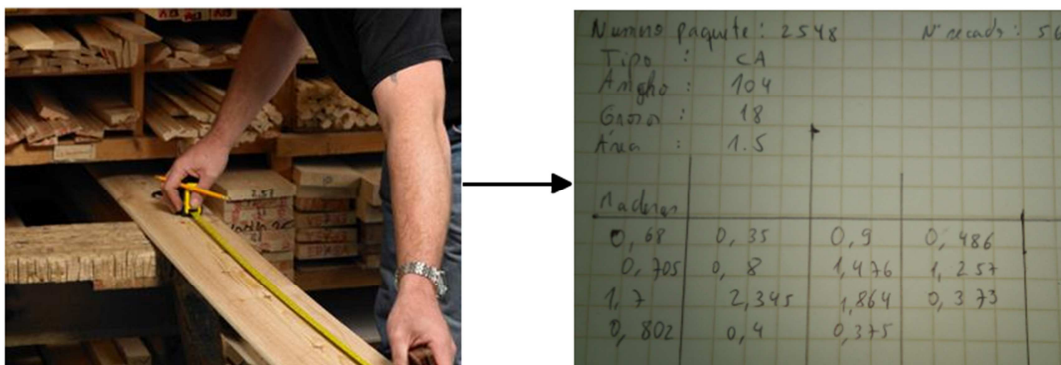


Figura 2. 2 Ejemplo Representativo del proceso de medir y registrar madera.

Esta etapa de medir y registrar la madera presenta falencias que pueden ser mejoradas, las que son descritas a continuación:

- Error en la medición: En el momento en que el operario mide la madera con su cinta métrica se podrían generar problemas si se lee mal el largo de la madera producto de alguna confusión al ver los números. Además la medición está sujeta a la tolerancia de la cinta métrica que puede llegar a ser de un par de milímetros.
- Error en el registro de las maderas: Al momento de escribir la medición de la madera en el cuaderno se podría escribir algún dígito erróneo por falla humana.
- Error en la lectura de los registros: La persona encargada de transcribir los registros escritos a mano a Excel podría equivocarse al leer algún dato e ingresarlo mal al sistema.
- Error en el cálculo de área: El operario encargado de medir y calcular el área del paquete podría equivocarse y terminar un paquete con más o menos área de la deseada.
- Maderas cortas: El límite por paquete son como máximo 3 maderas cortas que midan menos de 40[cm]. El operario podría eventualmente ingresar más de 3 maderas cortas sin notarlo.

Todos estos problemas pueden ser mejorados incorporando la tecnología adecuada para automatizar el proceso.

### **2.3. Estado del arte**

Actualmente existe la tecnología para automatizar el proceso de corte de madera a través de un sensor que lee las marcas que los operadores realizan manualmente en las zonas de corte de las piezas. Así se identifican las zonas a eliminar por ser defectuosas, un ejemplo de esta máquina sería OPTICUT S90, la cual es usada en algunos aserraderos de Chile. Luego de que la madera sea cortada se lleva a un clasificador que funciona de forma autónoma el cual mediante sensores láser calcula los tamaños de las maderas y los ordena por clases. En las grandes empresas madereras sólo se vende madera por largos específicos, por lo que si la madera no mide lo suficiente es unida a otros retazos de madera mediante un proceso llamado finger joint, donde la madera es unida de manera muy sólida para lograr el largo deseado.

Para el caso de la venta de maderas de largo variable donde una persona mide con una regla cada madera y las suma hasta llegar al metraje cuadrado requerido con una calculadora, lo registra en un cuaderno y luego llena una etiqueta de forma manual para pegarla en el paquete, no se pudo encontrar ninguna máquina que automatizara este proceso en el mercado.

## **2.4. Objetivos del Proyecto**

En base a las necesidades propias de la empresa maderera EUCASEC LTDA. y a las potencialidades esperadas en el presente proyecto, se definen los siguientes objetivos:

### **2.4.1. Objetivo General**

Desarrollar una solución integral que permita la medición de forma automática de la madera, llevando un registro de datos para ser analizados eventualmente e imprimiendo una etiqueta al finalizar cada paquete de madera. Además debe permitir la configuración de parámetros y ser intuitivo de usar para que el proceso de medir sea más eficiente y efectivo que hacerlo de forma manual.

### **2.4.2. Objetivos Específicos**

Dado que el proyecto involucra una solución integral, los objetivos específicos se desglosan en 3 áreas, las que son hardware, software y consideraciones no funcionales.

Hardware:

- Dispositivo de medición debe contar con resolución menor a 2 [mm] y el tiempo de captura del dato debe ser inferior a 5[s].
- Todo el sistema debe ser lo suficientemente robusto para ser implementado en un ambiente industrial con alta presencia de partículas en suspensión.
- Debe contar con una pantalla que despliegue información de parámetros y configuración al operario.
- La unidad de procesamiento central (CPU) debe ser capaz de procesar toda la información, mostrarla en pantalla, almacenar datos en memoria interna y en

memoria extraíble, interactuar con el usuario y poder comunicarse con una impresora de etiquetas.

- El operador debe interactuar con la máquina a través de una cantidad mínima de botones externos, evitando el uso de teclado y mouse por motivo de poco conocimiento en el uso de computadoras.
- La impresora de etiquetas o etiquetadora debe permitir la impresión en un tamaño de papel que permita la legibilidad de la mayor cantidad de información posible.

#### Software

- Permitir la configuración de parámetros como ancho de la madera, grosor, número de secado, tipo, número de paquete y área del paquete.
- Siempre debe almacenar la información de forma ordenada y en planillas Excel en la memoria interna y en alguna memoria USB si es que está conectada.
- La ventana de trabajo debe indicar de forma clara el largo de la madera medida, su área, las maderas ingresadas hasta el momento, largo lineal ingresado y faltante del paquete, área ingresada y área faltante del paquete y los datos propios de cada paquete como ancho, grosor, etc.
- Indicar cuando un paquete ha finalizado y generar reporte en la etiquetadora.
- Permitir cancelar paquete.
- Conservar parámetros de configuración y maderas ingresadas hasta el momento en caso de un apagado forzoso del equipo.

#### Consideraciones no funcionales:

- Interfaz gráfica de usuario (GUI) debe ser lo más clara e intuitiva posible considerando que el personal que trabajará con el equipo no está familiarizado con el uso de tecnología.
- El sistema debe manejar la información sin errores que podrían presentar un perjuicio económico para la empresa.
- El Sistema debe ser capaz de demostrar que es más eficiente que realizar la misma tarea de forma manual.
- Debe ser de aprendizaje rápido.
- El sistema debe permitir realizar mantenciones de tipo correctivas, adaptivas y perfectivas de manera simple y sin involucrar costos muy grandes

## 2.5. Alternativas de solución

El proyecto en sí consta de varias partes como son la CPU, la interfaz de usuario, el almacenamiento y exportación de datos, la captura de medición a través de un sensor, y la impresión de información a través de una etiquetadora. Cada una de estas etapas se puede considerar excluyentes unas de otras para el análisis de las alternativas de solución. La figura 2.3 muestra un esquema del equipo a construir.

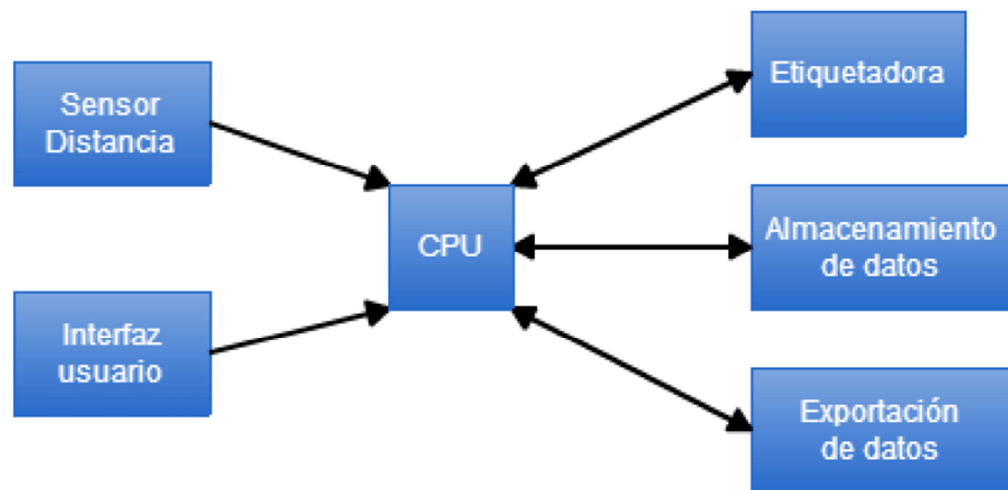


**Figura 2. 3 Esquema de equipo a construir.**

Según lo analizado hasta el momento el mercado no ofrece un producto terminado como este, por lo que se debe estudiar la mejor manera de construir este proyecto para poder automatizar el proceso de medición de madera de largo variable.

### 2.5.1.CPU

Para poder determinar la unidad de procesamiento central a utilizar se deben establecer requerimientos mínimos de hardware y software.

Hardware:

- Debe tener puerto de conexión VGA o HDMI para visualización del programa por pantalla.
- Debe contar con conexión serial y/o con puerto de comunicación USB.

- Almacenamiento de datos sobre 10[GB].

Software:

- Windows o Linux.

### 1) Raspberry Pi

Como primera opción se establece el uso de un computador de bajo costo como es la Raspberry Pi modelo B. Esta CPU puede funcionar a 700MHz con procesador gráfico VideoCore IV y 512MB de RAM. Usa una tarjeta SD para almacenar los datos y el sistema operativo, cuenta con 2 puertos USB, 8 pines GPIO, UART, interfaz HDMI, puerto Ethernet RJ45 y soporta sistemas operativos GNU/Linux como Raspbian, Fedora, entre otros. Su costo aproximado es de \$40 USD. Si bien es un computador compacto con suficientes prestaciones para el proyecto, presenta el inconveniente de que su uso en ambientes industriales no es el óptimo pudiendo presentar fallas al momento de instalarse en terreno. Puede ser programada en diversos lenguajes, entre ellos JAVA, C, C++, entre otros.

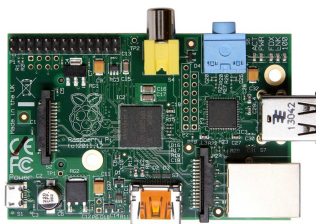


**Figura 2. 4 Raspberry Pi Modelo B.**

### 2) Computador con Ubuntu

Como segunda opción está el usar un computador personal con sistema operativo Ubuntu, que forma parte de una de las distribuciones de Linux. Dada las capacidades de procesamiento actuales con que cuentan los computadores, se podría utilizar casi cualquier computador para desarrollar un programa para operar el equipo, solo se deben cumplir los requerimientos mínimos de un procesador x86 a 700MHz, 512MB de RAM, disco duro de 5GB como mínimo, tarjeta gráfica y monitor que soporte resolución de 1024x768. En este sistema operativo se puede programar en JAVA, C, C++ entre otros lenguajes.



**Figura 2. 5 Computador con Ubuntu foto referencial.**

### 3) Computador con Windows

Como tercera opción está el usar un computador personal con sistema operativo Windows 7. Los requerimientos mínimos con que debe contar el computador son: procesador 1 GHz, 1GB de RAM y 16GB de disco duro. En este sistema operativo se puede programar en lenguajes como JAVA, C, C++, C#, entre otros.



**Figura 2. 6 Computador con Windows foto referencial.**

#### 2.5.2.Sensor de Distancia

##### 1) Medidor de Distancia Láser

Cuenta con un rango de medición de 0,05[m] a 70[m] con una precisión de  $\pm 1$ [mm]. El tiempo de procesamiento para obtener una medición varía desde 0,1[s] a 3[s] dependiendo del material a medir. El dispositivo opera con una fuente de alimentación de 2,5[V] y cuenta con un láser clase II en la longitud de onda de 635[nM] con una potencia inferior a 1[mW]. Se comunica mediante comunicación serial UART a 19200 baudios, 8 bits de datos sin paridad y un bit de parada.

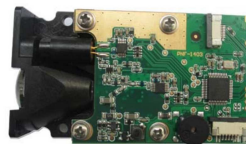


**Figura 2. 7 Sensor de distancia láser.**

##### 2) Encoder Lineal Magnético TMLS-05A-02

Es un encoder que funciona moviéndose sobre una cinta magnética de hasta 25 metros de longitud. El cabezal se mueve sobre una cinta magnetizada con polos norte y sur, la separación entre el cabezal y la cinta es de 1mm. La resolución de este encoder es de 0.2mm y cuenta con señales A, B y Z TTL. Para conectar este encoder al computador sería necesario el uso de un microcontrolador que lea las señales y se las comunique a la CPU.



**Figura 2. 8 Encoder lineal magnético.**

### **3) Sensor de Distancia Ultrasónico**

Este sensor de distancia ultrasónico puede medir desde 35 centímetros hasta 3,4 metros con una resolución de 0,18[mm]. La frecuencia del transductor es de 120KHz y cuenta con salida PNP. Para conectar este sensor al computador sería necesario el uso de un microcontrolador que lea las señales y se comuniquen con la CPU.



**Figura 2. 9 Sensor de ultrasonido.**

## **2.5.3.Etiquetadora**

### **1) Etiquetadora Zebra TLP 2844**

Esta etiquetadora de transferencia térmica puede funcionar con etiquetas autoadhesivas de 104[mm] de ancho y 279[mm] de largo como máximo. Se comunica a través de puerto serial RS232 (DB9), USB, puerto Paralelo y Ethernet. Cuenta con memoria Flash de 512KB y SRAM de 256KB. Se puede programar con Eltron Programming Language (EPL), el cual es un lenguaje usado por los modelos de impresora Zebra.



**Figura 2. 10 Etiquetadora Zebra TLP 2844.**

## **2) Etiquetadora Brother QL-1060N**

Esta Etiquetadora funciona mediante transferencia térmica. Soporta etiquetas de 4 pulgadas de ancho y 9.8 pies de largo como máximo, compatible con PC mediante interfaz USB, RS232 y Ethernet.



**Figura 2. 11 Etiquetadora Brother QL-1060N.**

## **3) Etiquetadora LP542S**

Esta etiquetadora funciona por transferencia térmica directa. Puede imprimir etiquetas de 999[mm] de largo y 112[mm] de ancho como máximo. Cuenta con 2MB de memoria DRAM y 2MB de memoria Flash. Puede conectarse a un computador mediante puerto USB, RS232 y puerto paralelo.



**Figura 2. 12 Etiquetadora LP542S.**

### **2.5.4.Lenguaje de Programación**

Para desarrollar el programa con el que operará el equipo se debe establecer el lenguaje con el cual trabajar. Dado que la aplicación tendría muchos elementos visuales como botones, imágenes, texto entre otros, es más fácil desarrollar con un lenguaje orientado a objetos. Por este motivo se escogen 3 lenguajes con los cuales se podría trabajar, JAVA, C# o C++.

### **2.5.5.Exportación de Datos**

#### **1) Almacenamiento de datos en memoria USB**

Los datos de las maderas y paquetes son almacenados de forma automática en un pendrive para poder ser transportado hacia otro computador.

## **2) Exportación de datos a un dispositivo móvil**

El equipo podría conectarse mediante bluetooth a un dispositivo inteligente (Smartphone) y enviar los datos a una aplicación para exportarlos.

## **3) Exportación de datos a un servidor**

El equipo podría conectarse mediante Ethernet a un servidor para enviar los datos de forma automática.

Otra opción a ser estudiada es aplicar estas tres alternativas de forma conjunta en el dispositivo.

## **2.6. Solución Propuesta**

Para cada etapa de la sección 2.5 se contará con criterios a analizar, donde cada criterio tendrá un nivel de importancia del 1 al 5, siendo 5 la mayor importancia y 1 la menor. Además cada criterio será evaluado con un puntaje de 1 a 10 siendo 1 el menor y 10 el mayor puntaje, que multiplicado por el nivel de importancia de cada criterio se obtiene una nota final.

### **2.6.1.CPU**

Los criterios para determinar el computador idóneo a usar son los siguientes:

- Velocidad de procesamiento: Establece la velocidad a la que trabaja el procesador de la CPU.
- Costo de Sistema Operativo + CPU: Tiene relación con el costo monetario que se debe cancelar en términos de licencia para usar el Sistema Operativo y además el costo del computador como tal.
- Robustez: Define si el equipo es apto para trabajar en zonas industriales o en condiciones poco favorables como lugares con mucha presencia de polvo, calor y/o humedad.
- RAM: Establece si la CPU cuenta con una cantidad adecuada de memoria RAM para correr los programas necesarios y/o si cuenta con posibilidad de expansión de memoria.

- Almacenamiento: Hace relación a la capacidad de memoria que se puede instalar en el equipo y su velocidad de lectura/escritura.
- Soporte: Este criterio establece el nivel de soporte con que cuenta cada sistema operativo.

**Tabla 2. 1 Criterios de evaluación de la CPU.**

| Criterio                         | Importancia |
|----------------------------------|-------------|
| Velocidad de procesamiento       | 4           |
| Costo de Sistema Operativo + CPU | 5           |
| Robustez                         | 5           |
| RAM                              | 3           |
| almacenamiento                   | 3           |
| Soporte                          | 5           |

### 1) Raspberry Pi

**Tabla 2. 2 Detalle de evaluación de una Raspberry Pi.**

| Criterio                         | Evaluación | Argumento                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Velocidad de procesamiento       | 3          | La velocidad de procesamiento de la Raspberry Pi es de 700MHz, y no cuenta con una memoria caché dedicada al procesador, sino que es usada para GPU principalmente lo que podría hacer que nuestro programa no fluya tan rápido como se espera. |
| Costo de Sistema Operativo + CPU | 8          | El Sistema Operativo para este equipo es gratuito por lo que solo se debe incurrir en el costo de la Raspberry Pi que son aproximadamente \$40.000 pesos.                                                                                       |
| Robustez                         | 3          | La Raspberry Pi no está pensada para trabajar en un ambiente industrial agresivo, no viene con carcasa de protección y puede presentar fallas al aumentar la temperatura ambiente.                                                              |
| RAM                              | 4          | Cuenta con 512 MB compartidos con la GPU, lo cual es poco comparado a los computadores actuales lo que podría indicar poca fluidez en el programa                                                                                               |
| Almacenamiento                   | 3          | El sistema de almacenamiento de información de la Raspberry Pi es mediante una memoria SD, cuya velocidad de transmisión de información puede llegar a 10MB/s, muy por debajo de la tasa de transmisión de los discos duros actuales.           |

|                         |   |                                                                                                                                                                              |
|-------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Soporte S.O. y Hardware | 3 | El soporte para trabajar con Raspberry Pi no es pequeño, se puede encontrar bastante información en la red pero en algunos casos es complicado encontrar lo que se necesita. |
|-------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 2) Computador con Ubuntu

**Tabla 2. 3 Detalle de Evaluación de CPU con Ubuntu**

| Criterio                         | Evaluación | Argumento                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Velocidad de procesamiento       | 8          | Actualmente los computadores sobrepasan fácilmente velocidades de procesamiento sobre los GHz, por lo que usar un computador para desarrollar el programa que utilice el equipo debería bastar.                                                             |
| Costo de Sistema Operativo + CPU | 5          | El costo de un computador para el equipo puede bordear fácilmente los \$100.000 pesos considerando que cumple los requisitos básicos para instalar Ubuntu, con velocidad de procesamiento sobre 1GHz. La licencia de Ubuntu es gratuita.                    |
| Robustez                         | 7          | Si bien los computadores normales no están pensados para ser usados en ambientes industriales, usar un computador de escritorio es mucho más robusto que usar una Raspberry Pi, por ejemplo, ya que cuenta con carcasa y sistemas de ventilación adecuados. |
| RAM                              | 8          | Puede funcionar con memoria RAM desde 1GB con posibilidad de expansión.                                                                                                                                                                                     |
| Almacenamiento                   | 10         | Cuenta con disco duro de gran capacidad de almacenamiento sobre los 10GB lo que es suficiente para nuestro programa y con velocidades de transferencia en promedio de 100MB/s.                                                                              |
| Soporte S.O. y Hardware          | 8          | Actualmente la distribución de Linux “Ubuntu” es usada por gran cantidad de computadores en el mundo por lo que su soporte es bastante grande y completo.                                                                                                   |

## 3) Computador con Windows

**Tabla 2. 4 Detalle de evaluación CPU con Windows**

| Criterio                   | Evaluación | Argumento                                                                                                                                                                |
|----------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Velocidad de procesamiento | 8          | Actualmente los computadores sobrepasan fácilmente velocidades de procesamiento sobre los GHz, por lo que usar un computador para desarrollar el programa que utilice el |

|                                  |    |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  |    | equipo debería bastar.                                                                                                                                                                                                                                      |
| Costo de Sistema Operativo + CPU | 2  | El costo de un computador para el equipo puede bordear fácilmente los \$200.000 pesos considerando que cumple los requisitos básicos para instalar Windows 7 incluyendo el costo de la licencia, con velocidad de procesamiento sobre 1GHz.                 |
| Robustez                         | 7  | Si bien los computadores normales no están pensados para ser usados en ambientes industriales, usar un computador de escritorio es mucho más robusto que usar una Raspberry Pi, por ejemplo, ya que cuenta con carcasa y sistemas de ventilación adecuados. |
| RAM                              | 8  | Puede funcionar con memoria RAM desde 1GB con posibilidad de expansión.                                                                                                                                                                                     |
| Almacenamiento                   | 10 | Cuenta con disco duro de gran capacidad de almacenamiento sobre los 10GB lo que es suficiente para nuestro programa y con velocidades de transferencia en promedio de 100MB/s.                                                                              |
| Soporte S.O. y Hardware          | 10 | Actualmente Windows 7 cuenta con una gran plataforma de soporte lo que le da mucha confianza al sistema.                                                                                                                                                    |

Evaluación:

De acuerdo a los criterios establecidos y a los puntajes asignados se obtiene la tabla 2.5, definiendo que usar un PC con Ubuntu sería la mejor opción.

**Tabla 2. 5 Resultado de evaluación de las CPU's**

|                                  | <b>Raspberry Pi</b> | <b>PC Ubuntu</b> | <b>PC Windows</b> |
|----------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| Velocidad de Procesamiento       | 3                   | 8                | 8                 |
| Costo de Sistema Operativo + CPU | 8                   | 5                | 2                 |
| Robustez                         | 3                   | 7                | 7                 |
| RAM                              | 4                   | 8                | 8                 |
| Almacenamiento                   | 3                   | 10               | 10                |
| Soporte S.O. y Hardware          | 3                   | 8                | 10                |
| Evaluación Final                 | 103                 | 186              | 181               |

### 2.6.2.Sensor de distancia

Los criterios para evaluar el sensor adecuado a usar son los siguientes:

- Distancia: Máxima distancia que puede medir el sensor.

- Tolerancia: Margen de error que puede presentar la medición.
- Partes móviles: Entre menos partes móviles tenga el sensor, menos mantención puede requerir.
- Costo: Valor monetario en que se debe incurrir para disponer del sensor.
- Protección: Protección con que cuenta el sensor contra el polvo y agua (IP).

**Tabla 2. 6 Criterios de evaluación de sensor a usar**

| Criterio       | Importancia |
|----------------|-------------|
| Distancia      | 4           |
| Tolerancia     | 5           |
| Partes Móviles | 4           |
| Costo          | 5           |
| Protección     | 1           |

#### 1) Medidor de distancia láser

**Tabla 2. 7 Detalle de evaluación de sensor láser**

| Criterio       | Evaluación | Argumento                                                                                                             |
|----------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Distancia      | 10         | Este láser puede medir desde 0.05 metros hasta 70 metros, lo que es más que suficiente para el trabajo a desarrollar. |
| Tolerancia     | 5          | La tolerancia es de +/-1 milímetro, lo cual es aceptable para el equipo.                                              |
| Partes Móviles | 10         | El dispositivo no cuenta con partes móviles que puedan fallar por fatiga de material.                                 |
| Costo          | 8          | El costo aproximado de este sensor es de \$100.000 pesos considerando costos de aduana.                               |
| Protección     | 1          | No cuenta con protección, dispositivo es vendido sin carcasa.                                                         |

#### 2) Encoder lineal magnético

**Tabla 2. 8 Detalle de evaluación de encoder lineal magnético**

| Criterio       | Evaluación | Argumento                                                                                                          |
|----------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Distancia      | 10         | Este encoder puede medir hasta 50 metros, lo que es más que suficiente para el trabajo a desarrollar               |
| Tolerancia     | 10         | La tolerancia es de +/- 0.005 milímetros, lo que entrega una medición ideal para el equipo a desarrollar.          |
| Partes Móviles | 1          | El dispositivo debe desplazarse sobre un perfil de aluminio, lo que hace que deba contar con mantención constante. |
| Costo          | 5          | El costo aproximado de este sensor es de \$130.000 pesos considerando costos de aduana.                            |

|            |    |                                                                                                                                |
|------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Protección | 10 | Este sensor cuenta con protección IP67 que lo hace resistente al polvo y a sumergirse bajo un metro en el agua por 30 minutos. |
|------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3) Sensor de distancia ultrasónico

**Tabla 2. 9 Detalle de evaluación de sensor de ultrasonido**

| Criterio       | Evaluación | Argumento                                                                                                             |
|----------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Distancia      | 6          | Este sensor puede medir hasta 3.4 metros, lo que es suficiente para el trabajo a desarrollar                          |
| Tolerancia     | 8          | La tolerancia es de +/- 0.18 milímetros, lo que entrega una buena medición para el equipo a desarrollar.              |
| Partes Móviles | 10         | El dispositivo no cuenta con partes móviles que puedan fallar por fatiga de material..                                |
| Costo          | 3          | El costo aproximado de este sensor es de \$250.000 pesos considerando costos de aduana.                               |
| Protección     | 7          | Este sensor cuenta con protección IP65 que lo hace resistente al polvo y a lanzamientos de agua en todas direcciones. |

Evaluación:

De acuerdo a los criterios establecidos y a los puntajes asignados se obtiene tabla 2.10 definiendo que usar un sensor láser sería la mejor opción.

**Tabla 2. 10 Resultado de evaluación de sensores**

|                  | Láser | Encoder | Ultrasonido |
|------------------|-------|---------|-------------|
| Distancia        | 10    | 10      | 6           |
| Tolerancia       | 5     | 10      | 8           |
| Partes Móviles   | 10    | 1       | 10          |
| Costo            | 8     | 5       | 3           |
| Protección       | 1     | 10      | 7           |
| Evaluación Final | 146   | 129     | 126         |

#### 2.6.3.Etiquetadora

Los criterios para evaluar la etiquetadora adecuada a usar son los siguientes:

- Velocidad: Velocidad máxima de impresión.
- Programación: Herramientas para programar en diversos Sistemas Operativos.

- Resolución de impresión: Entre menos partes móviles tenga el sensor, menos mantención puede requerir.
- Costo: Valor monetario en que se debe incurrir para comprar la etiquetadora.

**Tabla 2. 11 Criterios de evaluación de etiquetadora**

| Criterio     | Importancia |
|--------------|-------------|
| Velocidad    | 2           |
| Programación | 5           |
| Resolución   | 3           |
| Costo        | 5           |

#### 1) Etiquetadora Zebra TLP 2844

**Tabla 2. 12 Detalle de evaluación Zebra TLP 2844**

| Criterio     | Evaluación | Argumento                                                                                                                                                              |
|--------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Velocidad    | 7          | Puede imprimir a una velocidad de 102[mm/s] .                                                                                                                          |
| Programación | 10         | Cuenta con interfaces USB, RS232, puerto paralelo y ethernet. El lenguaje que usa esta impresora es EPL2 propio de impresoras Zebra y puede ser usado en cualquier SO. |
| Resolución   | 6          | Esta etiquetadora puede imprimir con una resolución de 203[ppp] (8 puntos por mm).                                                                                     |
| Costo        | 6          | El costo aproximado de esta etiquetadora es de \$150.000.                                                                                                              |

#### 2) Etiquetadora Brother QL-1060N

**Tabla 2. 13 Detalle de evaluación QL-1060N**

| Criterio     | Evaluación | Argumento                                                                                                                    |
|--------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Velocidad    | 9          | Puede imprimir a una velocidad de 110[mm/s].                                                                                 |
| Programación | 10         | Cuenta con interfaces USB, RS232 y ethernet. Funciona con comandos Raster, Brother ESC/P y P-touch Template en cualquier SO. |
| Resolución   | 10         | Esta etiquetadora puede imprimir con una resolución de 300[ppp].                                                             |
| Costo        | 8          | El costo aproximado de esta etiquetadora es de \$130.000.                                                                    |

### 3) Etiquetadora LP542S

**Tabla 2. 14 Detalle de evaluación LP542S**

| Criterio     | Evaluación | Argumento                                                        |
|--------------|------------|------------------------------------------------------------------|
| Velocidad    | 10         | Puede imprimir a una velocidad de 127[mm/s].                     |
| Programación | 7          | Cuenta con interfaces USB, RS232 y puerto paralelo.              |
| Resolución   | 6          | Esta etiquetadora puede imprimir con una resolución de 203[ppp]. |
| Costo        | 4          | El costo aproximado de esta etiquetadora es de \$200.000.        |

Evaluación:

De acuerdo a los criterios establecidos y a los puntajes asignados se obtiene la tabla 2.15, definiendo que usar la etiquetadora Brother QL-1060N sería la mejor opción.

**Tabla 2. 15 Resultado de evaluación de Etiquetadoras**

|                  | TLP 2844 | QL-1060N | LP542S |
|------------------|----------|----------|--------|
| Velocidad        | 7        | 9        | 10     |
| Programación     | 10       | 10       | 7      |
| Resolución       | 6        | 10       | 6      |
| Costo            | 6        | 8        | 4      |
| Evaluación Final | 112      | 138      | 93     |

#### 2.6.4.Lenguaje de Programación

Para elegir el lenguaje de programación con el cual trabajar, se decide usar criterios de popularidad en los lenguajes ya que no es muy fácil determinar el lenguaje idóneo con cual trabajar. Puede ser que un lenguaje sea mejor que otro pero si no se domina ese lenguaje se pueden perder meses aprendiendo y en ese caso es mejor usar un lenguaje que ya se domine. Además existe el dicho “no existen malos lenguajes sino malos programadores”. Por este motivo se usarán 2 criterios para elegir el lenguaje de programación.

- Popularidad: Este criterio califica la popularidad del lenguaje de programación, que va de la mano con la comunidad activa que trabaja sobre él y el soporte que se podría encontrar.
- Dominio: Este criterio califica el dominio del lenguaje de quien desarrollará el programa.

**Tabla 2. 16 Criterios de evaluación de lenguajes de programación**

| Criterio    | Importancia |
|-------------|-------------|
| Popularidad | 5           |
| Dominio     | 5           |

**1) Java**

**Tabla 2. 17 Detalle de evaluación lenguaje Java**

| Criterio    | Importancia | Argumento                                                                                                                       |
|-------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Popularidad | 10          | De acuerdo al índice TIOBE de Noviembre 2014 JAVA está en el lugar número 2 de los lenguajes más populares y con mayor soporte. |
| Dominio     | 7           | De acuerdo a una estimación personal, el dominio de lenguaje JAVA sería de aproximadamente un 75%.                              |

**2) C++**

**Tabla 2. 18 Detalle de evaluación lenguaje C++**

| Criterio    | Importancia | Argumento                                                                                                                      |
|-------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Popularidad | 8           | De acuerdo al índice TIOBE de Noviembre 2014 C++ está en el lugar número 4 de los lenguajes más populares y con mayor soporte. |
| Dominio     | 3           | De acuerdo a una estimación personal, el dominio de lenguaje C++ sería de aproximadamente un 30%.                              |

**3) C#**

**Tabla 2. 19 Detalle de evaluación lenguaje C#**

| Criterio    | Importancia | Argumento                                                                                                                     |
|-------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Popularidad | 6           | De acuerdo al índice TIOBE de Noviembre 2014 C# está en el lugar número 5 de los lenguajes más populares y con mayor soporte. |
| Dominio     | 8           | De acuerdo a una estimación personal, el dominio de lenguaje C# sería de aproximadamente un 80%.                              |

Evaluación:

De acuerdo a los criterios establecidos y a los puntajes asignados se obtiene la tabla 2.20, definiendo que el lenguaje de programación JAVA sería la mejor opción.

**Tabla 2. 20 Resultado de evaluación lenguajes de programación**

|                  | Java | C++ | C# |
|------------------|------|-----|----|
| Popularidad      | 10   | 8   | 6  |
| Dominio          | 7    | 3   | 8  |
| Evaluación Final | 85   | 55  | 70 |

#### **2.6.5.Exportación de datos**

En las alternativas de solución se plantearon 3 opciones para exportar los datos desde el equipo las que fueron: exportación por memoria USB, exportación a un smatphone mediante bluetooth y exportación de datos mediante Ethernet a un servidor. Dado que las 3 opciones son útiles de integrar dentro del equipo, lo óptimo es incluir a todas en la solución final, pero para el alcance de este documento sólo se incluirá la exportación de datos a una memoria USB.

#### **2.6.6.Alternativa Seleccionada**

De acuerdo a los criterios de selección y a las evaluaciones realizadas sobre cada etapa, se establece que la mejor solución para el proyecto es usar un computador con sistema operativo UBUNTU al cual se le conecte un dispositivo láser para calcular distancias mediante el cual se tomarán las mediciones y se impriman las etiquetas para cada paquete con una etiquetadora Brother QL-1060N. Todo el programa será desarrollado en lenguaje de programación JAVA. Sin embargo, para efectos de demostrar el funcionamiento del sistema y en base a los recursos disponibles, se usará una impresora Brother HL2330D para la impresión de etiquetas y un notebook HP420 como CPU.

### **2.7. Estudios de Factibilidad**

Esta sección tiene como finalidad establecer la factibilidad de desarrollar el presente proyecto y además poder descartar cualquier elemento que pueda entorpecer el desarrollo del mismo. Las factibilidades a analizar son la factibilidad técnica, la factibilidad operacional y la factibilidad económica.

### **2.7.1.Factibilidad técnica**

Para el desarrollo del proyecto no existe mayor complejidad técnica debido a que gran parte de las herramientas para su creación existen y han sido probadas en soluciones de diversa índole. Estas herramientas son básicamente un IDE de Java donde se desarrollará el software de escritorio que correrá la aplicación y se comunicará con los periféricos que son el sensor de distancia láser, los botones para controlar el equipo, la memoria externa USB y la impresora.

### **2.7.2.Factibilidad Operacional**

En este punto se establece si la implementación del proyecto genera rechazo o inconvenientes en el operario que utilizará el equipo, lo cual queda descartado debido a la necesidad de la empresa de contar con un sistema más confiable y rápido para medir y registrar las maderas, de forma de llevarlas de la mejor manera posible.

El equipo que automatizará la etapa de medición de madera debe ser asumido como una herramienta de apoyo al operario encargado de medir y no como una herramienta que reemplazará las funciones de éste, siendo para ello de fácil uso, intuitivo y de aprendizaje rápido. Por ende a la hora de su uso sólo se requerirán conocimientos básicos a nivel de usuario.

### **2.7.3.Factibilidad Económica**

En esta sección se analizan los costos y beneficios de la implementación del presente proyecto.

#### **2.7.3.1. Costos de desarrollo**

En primer lugar se definen los costos asociados al valor del recurso humano necesario para el desarrollo del proyecto. La página del gobierno <http://www.futurolaboral.cl>, creada con el fin de dar a conocer la situación laboral de la mayoría de las carreras impartidas en Chile, entrega la cifra de \$1.293.866 pesos como promedio de ingresos mensuales para un Ingeniero Civil Electrónico al primer año de titulación. Esto implica que la hora de trabajo cuesta \$7000 pesos aproximadamente. Tomando como referencia estos antecedentes se obtiene lo expuesto en la tabla 2.21.

**Tabla 2. 21 Costo recurso humano**

| <b>COSTO RECURSO HUMANO</b> |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Rol</b>                  | <b>Sueldo Mensual [CLP]</b> | <b>Valor por Hora [CLP]</b> |
| Ingeniero Civil Electrónico | \$1.293.866                 | \$7.188                     |

Cabe destacar que para la estimación del valor hora para el ítem Ingeniero Civil Electrónico se considera el proporcional del sueldo considerando cuatro semanas por mes y un máximo de 45 horas semanales de trabajo.

De acuerdo a la planificación del proyecto (Sección) se ha determinado que la duración de éste será de 320 horas repartidas en 4 meses de desarrollo.

Los costos asociados a la inversión inicial se desglosan en la tabla 2.22.

**Tabla 2. 22 Costos de inversión inicial**

| <b>Ítem</b>                | <b>Valor [CLP]</b> |
|----------------------------|--------------------|
| Recurso Humano (320 horas) | \$2.277.760        |
| Sensor de Distancia Láser  | \$100.000          |
| Hub USB                    | \$5.000            |
| Componentes electrónicos   | \$40.000           |
| Monitor                    | \$90.000           |
| CPU                        | \$250.000          |
| Etiquetadora               | \$150.000          |
| <b>Total</b>               | <b>\$2.912.760</b> |

### **2.7.3.2. Rentabilidad**

Si bien para gran parte de los proyectos es fácil evaluar su rentabilidad con una señal directa para aprobar la realización de éste según su VAN, en el caso de proyectos orientados a la programación es distinto, debido a que en sus etapas iniciales de definición es complicado sustentar un proyecto de este tipo mediante este sistema.

Es por esto que basado en el documento preparado por el Ministerio de Planificación del Gobierno de Chile denominado “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos Informáticos” el mejor método consiste en evaluar desde la perspectiva COSTO-PRODUCTIVIDAD, donde se automatizan tareas que se realizan actualmente de forma manual.

Este tipo de análisis se basa a grandes rasgos en medir los tiempos que se demora el personal en realizar las tareas manualmente, para luego compararlo con la situación futura (la cual es estimada). Y mediante este proceso estimar si es o no rentable el proyecto.

Considerando esto, en primer lugar se estima el tiempo de demora manual versus los tiempos esperados una vez implementada la solución como muestra la Tabla 2.23:

**Tabla 2. 23 Comparación de disminución de tiempo en tareas**

| TIEMPOS ACTUALES VERSUS TIEMPOS ESPERADOS |                                  |                                       |                                 |
|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Tarea                                     | Promedio Tiempo Manual [Minutos] | Tiempo estimado con Sistema [Minutos] | Disminución de tiempo [Minutos] |
| Medir Total de maderas de un paquete      | 8                                | 4                                     | 4                               |
| Registrar maderas                         | 3                                | 0                                     | 3                               |
| Calcular área del paquete                 | 5                                | 0                                     | 5                               |
| Imprimir y pegar etiqueta                 | 3                                | 1                                     | 2                               |

Con la tabla 2.23 se aprecia que implementar el sistema significa un ahorro en tiempo para la empresa de 14 minutos por paquete de madera.

**Tabla 2. 24 Remuneración promedio de un operario**

| REMUNERACIÓN PROMEDIO DE UN OPERARIO |            |
|--------------------------------------|------------|
| Sueldo Mensual                       | Valor Hora |
| \$350.000                            | \$1.944    |

Si el operario tarda 20 minutos aproximadamente midiendo, calculando y registrando los datos de cada paquete, el costo por paquete es de \$72

Considerando estos tiempos ahorrados por tarea y considerando la remuneración promedio de un operario (Tabla 2.24) se puede establecer que el ahorro en tiempo por paquete realizado llevado a valor monetario es de \$54. Con los 5 minutos que tardaría el operario si usara el equipo podría hacer fácilmente 10 paquetes por hora y en un mes tener 1800 paquetes terminados en vez de los 540 mensuales realizados de forma manual. Como por cada paquete realizado en tiempo se ahorra \$54 pesos, la inversión de \$2.912.760 es posible recuperarla en 2 años y 6 meses.

Además está implícita la ganancia de dinero al contar con datos confiables de maderas ingresadas y paquetes terminados, lo cual evita a la empresa perder dinero por equivocación en el registro de maderas lo que haría recuperar la inversión en un tiempo mucho menor al estimado.

## 2.8. Planificación de Recursos

En la figura se muestra la Carta Gantt del presente proyecto

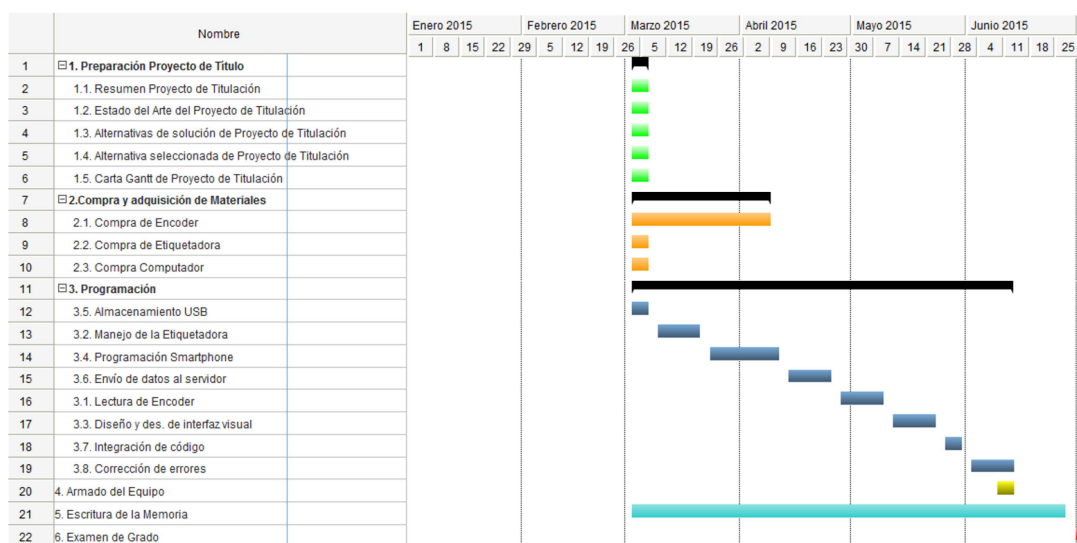


Figura 2. 13 Carta Gantt.



## ***CAPÍTULO 3: Marco Teórico***

### **3.1 Principio de funcionamiento de un medidor láser**

#### **3.1.1 Principios de la triangulación láser**

Los sensores de triangulación láser caen en la categoría de dispositivos medidores de rango de no contacto ya que no necesitan tocar directamente su objetivo y pueden proveer la misma información que un transformador lineal de variación lineal o un sensor ultrasónico. Su funcionamiento se basa en proyectar un haz de luz sobre el objeto a medir para luego determinar donde cae la luz reflejada en el detector (fig. 3.1).

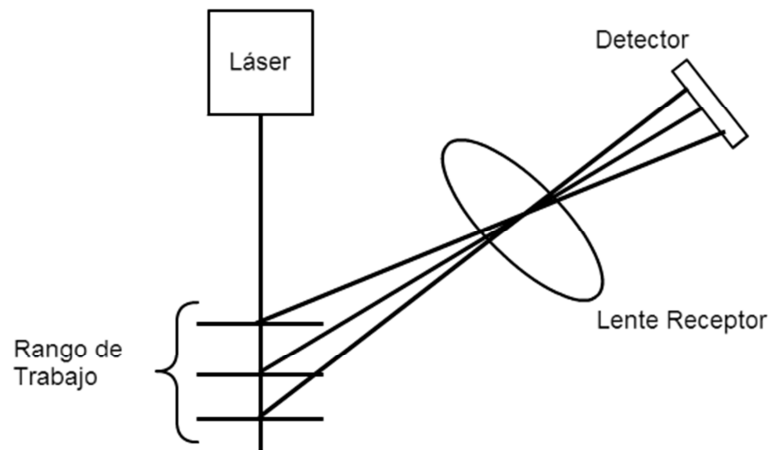


**Figura 3. 1 Esquema de funcionamiento de un medidor láser.**

Los sensores de triangulación láser pueden ser diseñados para ser proyectados sobre una superficie difusa, por ejemplo aluminio anodizado, o especular, por ejemplo un espejo (fig. 3.2), por este motivo la selección del tipo de sensor es determinada por la superficie hacia donde apunta el láser. La medición de la cantidad de señal recibida (mas = mejor), o la cantidad de tiempo requerido para obtener una señal deseada (menos = mejor) es una indicación del tipo de sensor que ha sido escogido. Muchas superficies pueden mostrar características de tipo especular y de tipo difusa a la vez, lo cual dificulta el proceso de selección. En estos casos el usuario debe experimentar.

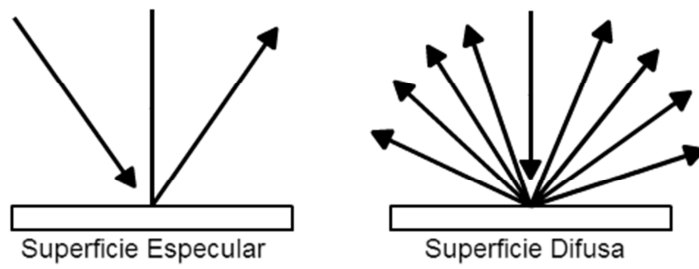


**Figura 3. 2 Tipos de superficie de los objetos a medir.**

### 3.1.2 Transmisor

El transmisor típicamente es un diodo láser con una óptica que forma un haz de luz que es proyectado sobre el objetivo. En la actualidad el transmisor es barato, de bajo consumo energético y con una longitud de onda de 670[nm] dentro del rango visible del ojo humano. La óptica usada crea un pequeño punto dictado por su diseño lo cual influye en el establecimiento de un límite de detección de tamaño del objetivo. Para medir de forma precisa es necesario que el diámetro del haz de luz sea más pequeño o igual que el tamaño del objeto a medir (Fig.3.3).

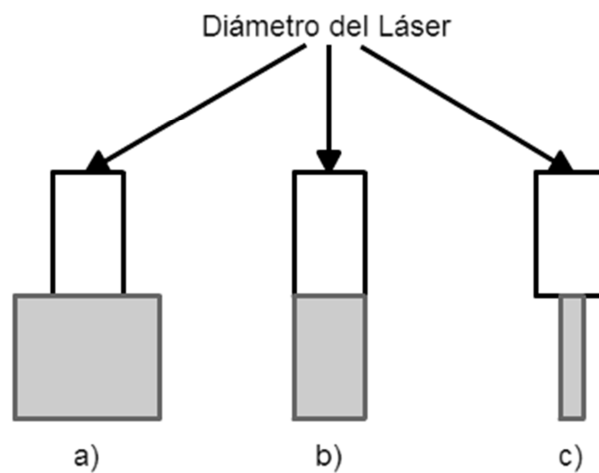


**Figura 3. 3 Diametro del láser v/s objeto a medir.**

**a) Diámetro del láser más pequeño que el objeto a medir. b) Diámetro del láser igual al tamaño del objeto a medir. c) Diámetro del láser más grande que el objeto a medir, produciendo error en la medición.**

El diámetro del punto de luz es usualmente especificado en el centro de la zona de trabajo, pero las limitaciones físicas del sistema óptico no pueden mantener ese diámetro en toda la zona de trabajo debido a que se forma una cintura en el haz de luz produciendo que en los extremos de la zona de trabajo el diámetro del haz sea mayor que en el centro. Estos detalles podrían ser importantes para algunas aplicaciones.

### **3.1.3 Receptor**

Este módulo recibe la luz reflejada del objeto y proyecta esta luz sobre un detector. El detector entonces informa la posición del punto de luz al procesador, el cual determina la distancia a la que se encuentra el objetivo. Existen muchos tipos de detectores disponibles, pero dos son los más comúnmente usados: Dispositivo Sensor de Posición (PSD) y Dispositivo de Carga Acoplada (CCD).

#### **3.1.3.1 Dispositivo Sensor de Posición (PSD)**

Ha sido la tecnología predominante usada por los fabricantes de sensores de distancia láser. Para entregar mediciones repetibles y precisas, estos sensores requieren contar con las siguientes características:

- Buena alineación con el objeto a medir (perpendicular).
- Ausencia de reflexiones secundarias desde el objeto.
- Reflexión uniforme.
- Reflexión difusa con distribución de gauss dentro de lo posible.
- El objetivo no debe absorber mucha luz (se requiere aproximadamente un 40% de reflexión).
- La superficie del objetivo no debe ser muy brillante.
- Luz ambiente menor a 10000[Lx].

Para entender por qué los sensores PSD's tienen estas limitaciones, se debe analizar el cómo estos sensores trabajan.

Los sensores PSD's están compuestos de un detector monolítico con elementos no discretos y proveen información continua de posición haciendo uso de la resistencia

superficial del fotodiodo. La cantidad de corriente en cada salida es proporcional a la posición de la luz recibida en el detector (Fig. 3.4). Si el punto de luz llega en el centro del detector, las corrientes vistas en las salidas son iguales. Si el punto de luz se corre del centro, las corrientes en la salida cambian y la posición puntual del haz de luz recibido puede calcularse con una simple ecuación (ec. 3.1).

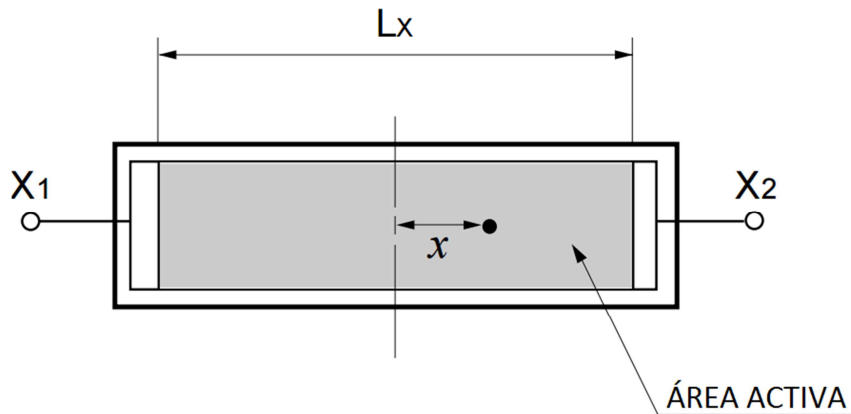


**Figura 3. 4 Esquema de funcionamiento sensor PSD.**

$$x = \frac{L_x}{2} \left( \frac{I_{X2} - I_{X1}}{I_{X2} + I_{X1}} \right) \quad (3.1)$$

Donde:

$L_x$  = Largo total del sensor.

$I_{x1}$  = Corriente que circula por el terminal X1.

$I_{x2}$  = Corriente que circula por el terminal X2.

Dentro de las ventajas de los sensores PSD's se pueden encontrar su rapidez de respuesta (data rate puede estar sobre los 200[KHz]), son eficientes y el procesamiento para obtener una respuesta es simple. También pueden informar simultáneamente la intensidad y centro de gravedad del punto de luz. Una desventaja es que el centroide es determinado por el detector, esto quiere decir que si dos puntos de luz son detectados, se entregará la posición del centroide de ambos puntos (Fig. 3.5). También son sensibles a la intensidad de luz recibida.

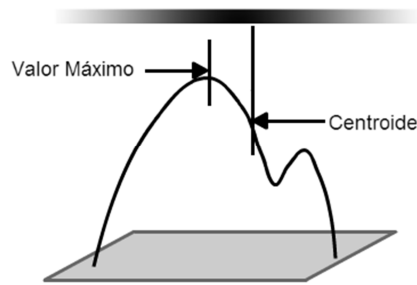


**Figura 3. 5 Posible distribución de energía recibida.**

### 3.1.3.2 Dispositivo de Carga Acoplada (CCD)

Consiste en un número determinado de celdas sensibles a la luz capaces de producir una carga eléctrica proporcional a la cantidad de luz recibida. Se construyen en arreglos de una y dos dimensiones, siendo usados los de una dimensión con una cantidad de 256 hasta 4000 píxeles o más para triangulación láser. Tiene la propiedad de “ver” la distribución de intensidad de la luz recibida, lo cual permite al usuario entender de mejor manera el objeto examinado (fig. 3.6). Existen muchos casos tales como hilos o materiales transparentes donde podría haber múltiples puntos en el detector. Sin un detector digital el usuario no tiene cómo distinguirlo.

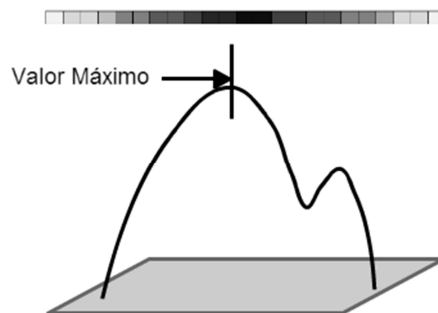


**Figura 3. 6 Valor máximo sensor CCD.**

La más importante ventaja de un sensor CCD es la capacidad de poder hacer post procesamiento de la señal pudiendo determinar la posición del punto de luz utilizando umbrales, calculando el centroide ponderado del arreglo de datos (ec. 3.2) o por ajustes de curvas y análisis más complejos. Si los niveles de luz cambian, el método más simple que consiste en usar umbrales podría fallar. Algunos sensores usan una escala de grises para

subdividir cada pixel resultando en una sub-resolución por pixel. También se pueden remover puntos de luz no deseados debido a reflexiones u otro tipo de luz no deseada (fig. 3.7).

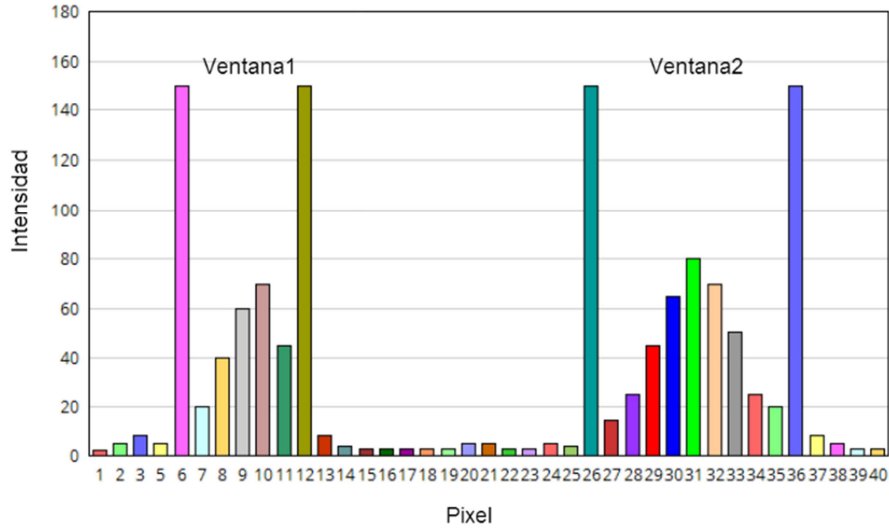


**Figura 3. 7 Intensidad de luz recibida por pixel y su utilidad para diferenciar reflexiones de luz.**

$$Centroide = \frac{\sum_{i=1}^n I_i * i}{\sum_{i=1}^n I_i} \quad (3.2)$$

Dónde:

i = índice de cada pixel.

I<sub>i</sub> = Intensidad del pixel i.

n = Cantidad de pixeles.

Sus desventajas son la velocidad de operación más lenta en comparación a un sensor PSD y el control de la ganancia no puede ser tan rápido en superficies donde la reflectividad cambia rápidamente.

### 3.2 La plataforma Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Consiste en dos módulos: una placa de

circuito programable (microcontrolador) y una parte de software (IDE) que corre en el computador usado para escribir y subir el código de programación a la placa física.

La plataforma Arduino es popular entre las personas por su bajo costo y por el motivo de que no necesita una pieza de hardware separada (programador) para subir el código sobre la placa. Además el IDE Arduino usa una versión simplificada de C++ basada en el lenguaje de programación Processing, haciendo más fácil aprender a programar. Arduino puede interactuar con botones, leds, motores, parlantes, GPS, cámaras, internet y muchas cosas más.

Su hardware consiste en microcontroladores Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Existen muchas variedades de placas arduino que pueden ser usadas para diferentes propósitos, siendo el más usado el Arduino Uno (fig. 3.8).

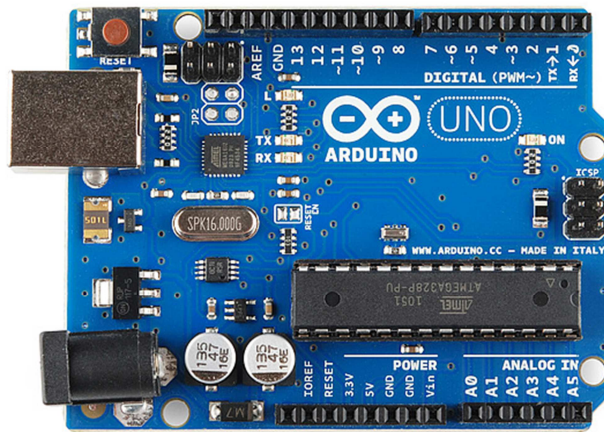


**Figura 3. 8 Arduino Uno.**

Las características del Arduino Uno son:

- Microcontrolador ATmega328.
- Voltaje de entrada 7-12V.
- 14 pines digitales de I/O (6 salidas PWM).
- 6 entradas análogas.
- 32k de memoria flash.
- Reloj de 16Mhz de velocidad.
- Conexión USB.

El entorno de desarrollo integrado Arduino (IDE) (fig. 3.9) contiene un editor de texto para escribir código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para funciones comunes y una serie de menús. Esto se conecta al hardware de Arduino para subir programas y comunicarse con él. Los programas escritos usando el IDE de arduino son llamados sketches y se guardan con la extensión “.ino”. El área de mensajes entrega un feedback al guardar, exportar y mostrar errores. El botón de la esquina inferior derecha muestra la placa configurada y el puerto COM seleccionado.

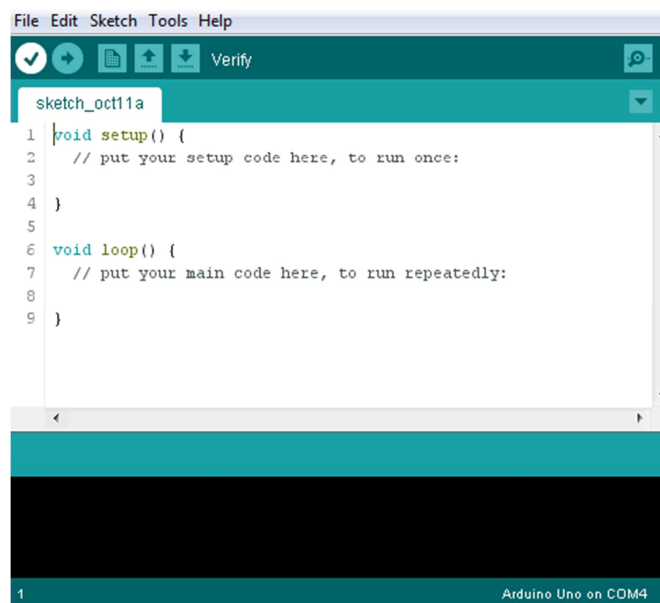


**Figura 3. 9 Entorno de desarrollo integrado Arduino.**

### 3.3 Comunicación Serial

La comunicación serial es típicamente usada para comunicar dispositivos electrónicos a corta distancia y además para limitar el número de cables usados para enviar información. El modo de comunicación puede ser síncrono o asíncrono:

Comunicación Serial Síncrona (USRT): Es un método eficiente de comunicación dado que no existe información adicional entre los caracteres a ser transmitidos, como bits de partida y parada, y su velocidad de transmisión es más alta que la comunicación asíncrona.

Los caracteres no se envían por separado, formando bloques de gran longitud y diferenciándolos por la cantidad de bits en cada carácter.

Comunicación Serial Asíncrona (UART): Es la interfaz serial más ampliamente usada en sistemas embebidos y ambientes de escritorio. Cuenta con 3 cables de comunicación (Transmisor, Receptor y GND) lo que permite una comunicación full-duplex en moderadas velocidades de transferencia. UART es un protocolo de comunicación punto a punto entre dos dispositivos. La transferencia de datos está hecha por caracteres, los cuales pueden ser de 5, 6, 7, 8 o 9 bits, mientras que otros bits son usados para la sincronización y la detección de errores. Debido a que la comunicación no es sincrónica (la señal de reloj no es transmitida entre los dispositivos), la tasa de transmisión es predefinida y puede estar entre 110 y 115200 baudios. La figura 3.10 muestra un frame de datos.

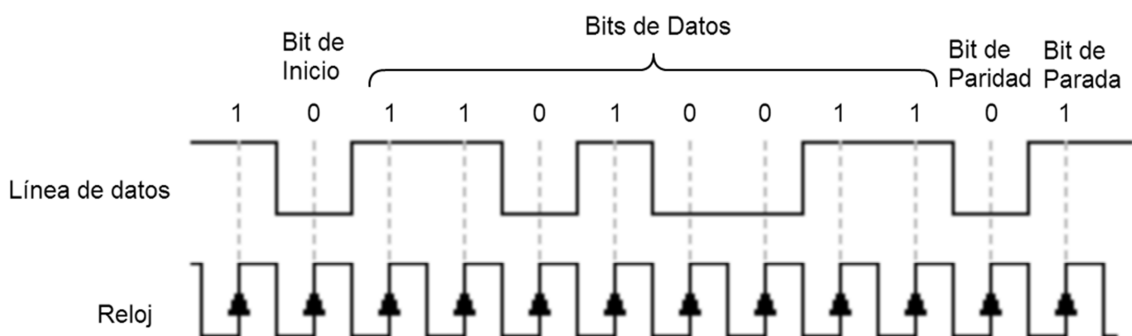


**Figura 3. 10 Frame de datos en comunicación serial asíncrona**

En la transmisión asíncrona el carácter a transmitir es enmarcado por un bit de inicio y uno de parada. Mientras no exista transmisión el canal transmisor debe tener un “1” lógico. Al bit de parada también se le asigna un “1” lógico. Al bit de inicio se le asigna un “0” lógico. Un cambio de nivel de “1” a “0” lógico indica al receptor que será transmitido un carácter.

El protocolo de transmisión de la norma RS232 funciona de la siguiente forma:

- El transmisor se mantiene en un nivel lógico alto mientras no se envían datos.
- Cuando se va a transmitir se envía un bit de inicio que lleva la línea de transmisión a un nivel lógico bajo durante el tiempo que dura un bit.
- Luego se envían todos los bits que conformen un carácter cambiando carácter por carácter sincronizando con el reloj de transmisión. Se envía primero el bit menos significativo.
- Si el usuario desea, luego de que se transmitan los caracteres se puede enviar un bit de paridad para comprobar error en la transmisión.

- Finalmente se envía un bit de stop que lleva la línea de transmisión a un valor lógico alto por al menos el tiempo que dura un bit, terminando la transmisión.

Este protocolo aplica tanto para la interfaz eléctrica RS232 que controla niveles de voltaje de hasta +25V como para la comunicación TTL Serial Asíncrona que controla niveles de voltaje de 0[V] a 5[V].

### 3.4 Sistema Operativo Ubuntu

Ubuntu es una distribución de Linux basado en Debian que entrega un sistema operativo mayormente enfocado a computadores de escritorio, aunque también proporciona soporte para servidores. Sus principales metas son hacer un sistema operativo accesible y fácil de usar lo que se traduce en una mejor experiencia de usuario. Ubuntu es patrocinado por Canonical, una empresa enfocada en desarrollar software de computadoras habiendo ya alcanzado los 20 millones de usuarios con una cuota de mercado dentro de las distribuciones Linux de 49%.

La actual interfaz de usuario de Ubuntu está compuesta por un panel superior para indicadores de sistema y menús, un lanzador de aplicaciones al costado izquierdo y un tablero que despliega lugares y aplicaciones. Además de usar la interfaz de usuario unity, usa herramientas de GNOME para formar el resto del escritorio junto con el gestor de ventanas Compiz para los efectos visuales (fig. 3.11).

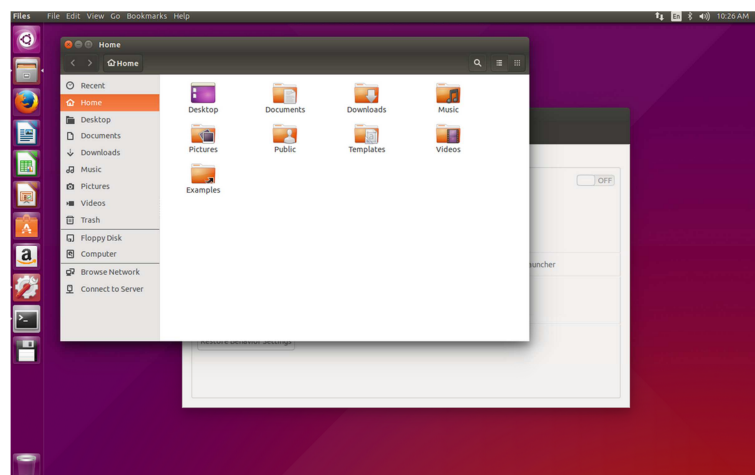


**Figura 3. 11 Entorno gráfico Ubuntu Unity.**

#### Ventajas de Ubuntu sobre Windows:

- Es software libre: Esto quiere decir que se puede descargar gratuitamente para ser instalado.
- Tiene mayor estabilidad: Ubuntu es un sistema operativo más sólido que Windows, siendo menos probable que se produzcan errores o fallas del sistema.
- Es más seguro: Ubuntu ejerce un control de seguridad más eficiente al incorporar la mayoría de los programas más usados ya instalados, no existen archivos ejecutables y todo programa es removible. Además la gran mayoría de virus están diseñados para ser usados sobre Windows por su masividad, aunque eso no quiere decir que Ubuntu no pueda ser afectado por virus.
- Se puede clonar el disco duro: GNU/Linux permite hacer copias del disco duro para poder trasladarlas de un computador a otro en un disco o pendrive. Esto permite trabajar en distintas computadoras de manera más cómoda.
- Programas: En Ubuntu la gran mayoría de los programas son gratuitos.

#### Ventajas de Windows sobre Ubuntu:

- Su uso es más sencillo: Dado que es el sistema operativo más comercial, la gran mayoría de las personas se familiarizan más rápidamente con su uso. Su curva de aprendizaje es mucho menor en comparación al uso de Ubuntu dado que cuenta con una interfaz gráfica muy intuitiva.
- Aplicaciones desarrolladas en menor tiempo: Dada la inversión realizada por Microsoft y a su comunidad de programadores cada vez más grande se logra facilitar el desarrollo de aplicaciones que corran sobre Windows.

#### Requisitos Ubuntu 14.04:

- Procesador de 1GHz o superior.
- 1.5GB RAM
- 7GB de espacio libre en el disco duro para instalación
- Entrada de CD/DVD o USB.

### 3.5 Java

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos creado en 1995 por Sun Microsystems para el entorno de computación de mismo nombre, siendo comprado el 2010 por Oracle. La intención de Sun era crear un lenguaje con una estructura y sintaxis similar a C y C++, pero con un modelo de objetos más simple, eliminando las herramientas de bajo nivel y permitiendo que el programa se ejecute en cualquier dispositivo sin necesidad de volver a compilarlo. Por este motivo Java es el lenguaje de programación elegido por 9 millones de desarrolladores y hoy opera en 7000 millones de dispositivos. Dada su popularidad se encuentra en el lugar número uno en el índice de popularidad de los lenguajes de programación creado por la compañía TIOBE, basado en el número de ingenieros calificados en el mundo, cursos y proveedores externos (Tabla 3.1 y figura 3.12).

**Tabla 3. 1 Ranking de popularidad en lenguajes de programación año 2015 fuente TIOBE.**

| Oct 2015 | Oct 2014 | Change | Programming Language | Ratings | Change |
|----------|----------|--------|----------------------|---------|--------|
| 1        | 2        | ▲      | Java                 | 19.543% | +6.04% |
| 2        | 1        | ▼      | C                    | 16.190% | -1.47% |
| 3        | 4        | ▲      | C++                  | 5.749%  | +0.88% |
| 4        | 5        | ▲      | C#                   | 4.825%  | +0.08% |
| 5        | 8        | ▲      | Python               | 4.512%  | +2.18% |
| 6        | 7        | ▲      | PHP                  | 2.561%  | -0.38% |
| 7        | 13       | ▲▲     | Visual Basic .NET    | 2.462%  | +0.71% |
| 8        | 12       | ▲▲     | JavaScript           | 2.292%  | +0.52% |
| 9        | 9        |        | Perl                 | 2.247%  | +0.13% |

Entre las características de Java se pueden encontrar:

- La programación orientada a objetos.
- La posibilidad de ejecutar el mismo programa en distintos sistemas operativos.
- La inclusión por defecto de soporte para trabajo en red.
- La opción de ejecutar código en sistemas remotos de manera segura.
- Su facilidad de uso.

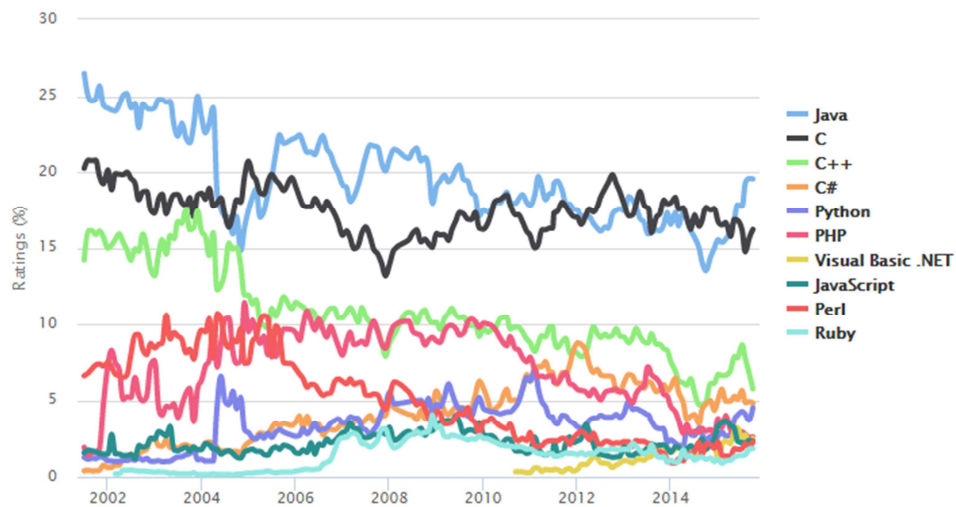


**Figura 3. 12 Ranking de los lenguajes de programación más usados desde el año 2002.**

**Independencia de plataforma:** Los programas escritos en Java pueden ejecutarse en cualquier tipo de hardware. Esto quiere decir que basta compilar el programa sólo una vez para ejecutarlo en cualquier dispositivo. El código compilado genera un código llamado “java bytecode”, el cual es ejecutado por la máquina virtual (JVM). La máquina virtual es la que interpreta y ejecuta código y debe ser escrita en el código nativo de la plataforma de destino.

**Máquina virtual de Java:** Es un procesador “virtual” que ejecuta los bytecode de los programas escritos y compilados en Java y se encarga de traducir estos en instrucciones nativas de la plataforma de destino. Esta característica permite que una aplicación pueda ser ejecutada en sistemas con arquitecturas distintas, siempre que cuente con una JVM. Sin embargo al realizar llamadas nativas o funciones específicas de una plataforma no se asegura la independencia de arquitecturas.

### 3.6 Diseño de interfaz gráfica

Es importante establecer la diferencia entre Ingeniería de Software y Diseño de Interfaz, dado que la primera se encarga de los aspectos funcionales del sistema, mientras que el Diseño de interfaz se remite al usuario como su eje central. Por este motivo se deben realizar las siguientes tareas:

- Trabajar con el usuario, ponerse en su lugar para comprender de mejor manera las tareas.
- Saber reconocer la variedad de usuarios y tareas.
- Saber reconocer la evolución de los usuarios.

### 3.6.1 Usabilidad

Dentro de la empresa donde se instalará el sistema los usuarios en su gran mayoría no tienen afinidad con los sistemas computacionales ni conocimientos en materia informática, por esto mismo las tareas a ser realizadas deben ser desarrolladas de manera fácil e intuitiva para el usuario con el objetivo de no generar rechazo hacia el sistema. Para poder satisfacer estos atributos se recomienda tomar en cuenta los siguientes factores:

- Aprendizaje: Presente en la gran mayoría de sistemas, se define como el primer acercamiento del usuario con el sistema. El éxito para este factor se puede determinar por:
  - La capacidad de un usuario de completar una cierta cantidad de tareas en un determinado tiempo.
  - El tiempo que tardan los usuarios en alcanzar un cierto nivel de desempeño.
- Eficiencia: Es cuando un usuario ya está familiarizado con el funcionamiento del sistema al haber alcanzado cierto nivel de aprendizaje. Se puede determinar por la cantidad de horas que el usuario ha interactuado con el sistema a la fecha o el momento en que la eficiencia del uso se vuelve estable. Se puede cuantificar por la cantidad de tiempo requerido por un conjunto de usuarios con cierto nivel de experiencia en realizar un número determinado de tareas típicas.
- Retención en el tiempo: Este factor está relacionado con los usuarios esporádicos que interactúan con el sistema. Su aprobación se puede lograr con:
  - La eficiencia de los usuarios que han dejado de usar el equipo en un tiempo determinado.
  - La capacidad de memorizar el uso y los comandos.
- Satisfacción: Establece que tan agradable es el sistema. Se puede determinar mediante encuestas.

### **3.6.2 Principios del diseño de la Interfaz**

Es necesario considerar principios básicos respecto al diseño de las interfaces de usuario con el fin de satisfacer los factores de facilidad de uso. Estos son el reconocimiento de la diversidad y las denominadas “8 reglas doradas del diseño”.

#### **3.6.2.1 Reconocimiento de la Diversidad**

La diversidad de usuarios tiene su origen en factores que van desde hechos simples como el sexo, cantidad de tiempo que interactúan con el sistema, educación, etc. Por este motivo para su correcto tratamiento se deben considerar los manejos por perfiles de usuario, perfiles de tarea y la manipulación que se dará a sus funcionalidades.

- Perfiles de Usuario
  - Tipo
    - Principiantes, expertos.
    - Frecuentes o intermitentes.
  - Características de los usuarios
    - Sexo, edad, habilidades físicas.
    - Educación, conocimientos, cultura.
    - Entrenamiento, motivación, metas.
    - Personalidad.
  - Perfil de Tarea
    - Clasificación de tareas.
    - Responsabilidades.
    - Excepciones.
    - Entorno.
    - Seguridad.
    - Limitaciones.
  - Estilos de Interacción
    - Manipulación directa.
    - Selección por menús.
    - Formularios.
    - Lenguajes de comando.

- Idioma natural.

### 3.6.2.2 Las 8 reglas doradas del diseño

Estas reglas fueron creadas por Ben Shneiderman en su exitoso libro “El diseño de la interfaz de usuario”. Según Shneiderman, para mejorar la facilidad de uso de una aplicación, es importante tener una interfaz bien diseñada y para lograrlo entrega estas 8 reglas doradas que son una guía para el diseño de una buena interacción.

1. Consistencia: Mantener una continuidad fuerte y estable en todas las interfaces usando la misma terminología en menús, avisos, pantallas de ayuda, comandos, sugerencias, estilo, color y fuentes.
2. Permitir que los usuarios frecuentes utilicen accesos directos: Mientras la frecuencia de uso aumenta, también lo hace el deseo del usuario de reducir el número de interacciones y aumentar el ritmo de uso. Por este motivo es buena práctica agregar atajos, claves especiales, abreviaciones y facilidad de macros.
3. Ofrecer retroalimentación informativa: Por cada acción del operador debe haber algún tipo de retroalimentación. Esto quiere decir que al momento de realizar alguna tarea el sistema debe informar al usuario que la tarea se encuentra terminada de manera clara.
4. Diseño de acciones secuenciales: Las secuencias de acciones deben organizarse en grupos con un principio, medio y final. La retroalimentación informativa en la realización de un conjunto de acciones da a los operadores la satisfacción de haber cumplido y una indicación de que se puede seguir con el siguiente grupo de acciones.
5. Ofrecer prevención de error y manejo de error simple: Se debe diseñar el sistema para que el usuario no pueda hacer un error irreparable y en caso de cometer algún error el sistema debe ser capaz de detectarlo y ofrecer mecanismos sencillos para manejar el error.
6. Fácil revisión de las acciones: El usuario está consciente de que puede revertir las acciones que está ejecutando aliviando la ansiedad, ya que el usuario sabe que los errores se pueden deshacer. Además fomenta la exploración de acciones desconocidas.

7. Apoyar al usuario con una interfaz amigable: Los operadores experimentados desean sentir la sensación de control y que el sistema responda a sus acciones adecuadamente.
8. Reduce la carga de memoria: No se debe obligar al usuario a recordar una gran cantidad de elementos debido a que las personas no procesan bien la memoria de corto plazo. Por ese motivo la información se debe mostrar en forma sencilla.

### 3.6.3 Netbeans

El IDE Netbeans provee un constructor de GUIs que hace más sencillo el trabajo de los programadores. Basta con crear un contenedor JFrame y ubicar los componentes visuales como botones, etiquetas, entre otros en el lugar que se desee.

Lo primero que se debe hacer es crear un nuevo proyecto del tipo “Aplicación Java”, dado que todo el desarrollo de Java dentro del IDE toma lugar en proyectos. Posteriormente es necesario agregar a nuestro proyecto un JFrame para agregarle los componentes necesarios de la aplicación. La clase JFrame es una versión extendida de java.awt.Frame la cual está contenida dentro del paquete Swing y sirve como una interfaz visual para que el usuario interactúe con los objetos que contiene. Además incluye las características de una ventana como mover, minimizar, maximizar y cerrar.

Cuando se agrega un nuevo JFrame al proyecto, el IDE abre de forma automática la interfaz de construcción de GUIs con tres ventanas adicionales para navegar, organizar y editar el diseño del JFrame.

Entre las ventanas habilitadas para usar con el constructor de GUIs se encuentran:

- Área de diseño: Es la ventana principal para crear y editar GUIs. Contiene una barra de herramientas con un botón para acceder al código fuente del diseño que se está creando, un botón para acceder al diseño que se está construyendo y un botón para visualizar los cambios que se han realizado en el archivo. También incluye botones para acceder a los comandos más comunes tales como selección y modos de conexión, alineación de componentes y una visualización previa del diseño que se está realizando.

- Navegador: Entrega una representación de todos los componentes visuales y no visuales como un árbol de jerarquía. También indica que componente en el árbol está actualmente siendo editado en el constructor de GUIs.
- Palette: Muestra una lista de componentes disponibles para ser usados, separados por Swing, Awt y JavaBeans,
- Ventana de Propiedades: Muestra las propiedades del componente seleccionado en el constructor de GUIs, en la ventana de navegación, en la ventana de proyectos o en la ventana de archivos.

La figura 13 muestra la interfaz de construcción de GUIs proporcionado por el IDE Netbeans.

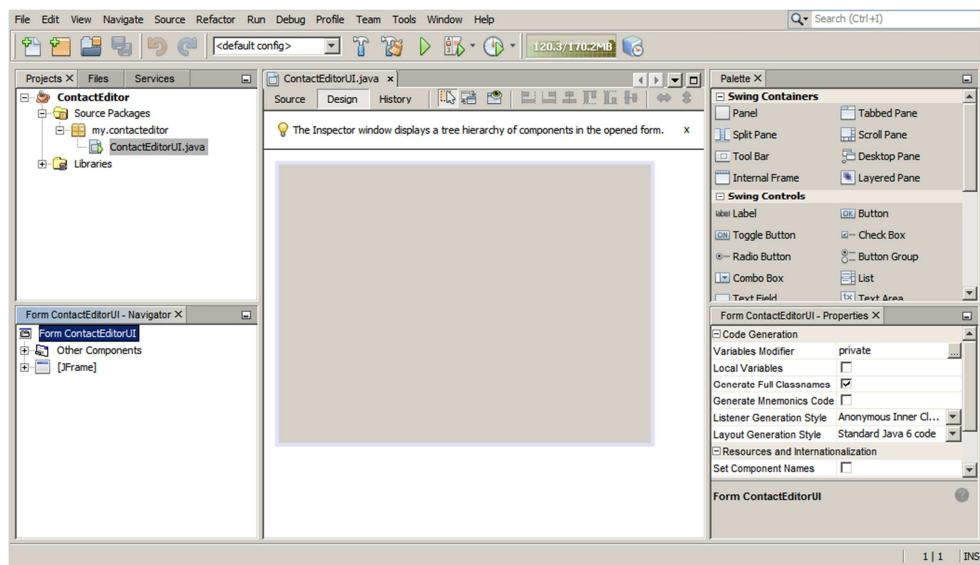


**Figura 3. 13 Interfaz de construcción de GUIs proporcionada por Netbeans.**

### 3.7 Códigos de barra

El código de barras es un sistema de codificación basado en una serie de líneas y espacios paralelos de distinto grosor, las cuales son leídas por un equipo que emite luz directa sobre el código y un pequeño sensor detecta la luz reflejada convirtiéndola en energía eléctrica (fig. 3.14). Esta señal eléctrica puede ser convertida en datos mediante el uso de un decodificador.

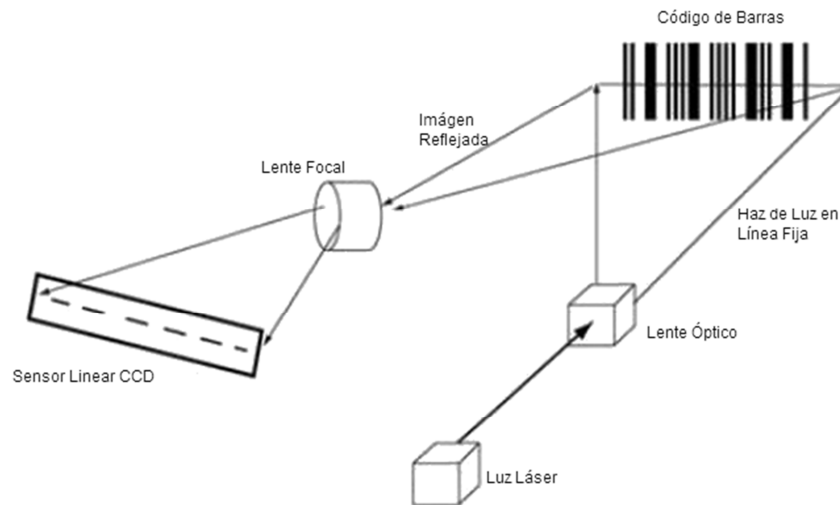


**Figura 3. 14 Principio de funcionamiento de un lector de código de barras CCD.**

El funcionamiento del sensor CCD ya fue explicado en la sección 3.1.3.2, por lo tanto no es necesario explicar su funcionamiento.

Los códigos de barra son usados en el mercado como sistema de control facilitando la actividad comercial entre el fabricante y el distribuidor, por lo que no ofrecen información al consumidor, sino datos de identificación de productos, carga y descarga de mercaderías, control de inventarios y disminuir tiempos de atención en ventas.

Los códigos de barra se dividen en lineales y de dos dimensiones. Entre los códigos lineales se encuentran: EAN, Code 128, Code 39, Código 93 y CodeBar. Su diferencia radica en la cantidad de información que pueden contener y en su tamaño, el cual para algunos códigos puede ser variable. Entre los códigos de barra de dos dimensiones se encuentran: PDF147, Datamatrix y Código QR. Se diferencian en la cantidad de caracteres que pueden almacenar, su tamaño y sus niveles de seguridad.

Para la implementación de códigos de barra en el trabajo a desarrollar se ha decidido usar el estándar Code 128 usado mayormente en logística y paquetería. Entre sus características están su largo variable dependiendo de la cantidad de datos, puede codificar todos los caracteres ASCII e incluye checksum. La gran mayoría de lectores de códigos de barra pueden leer Code 128 y la información que almacenará será el número de paquete donde la etiqueta será pegada. Además se agregará a la etiqueta un código de barras QR, el cual contendrá un link hacia la página web de la empresa. Se ha decidido utilizar este código

por el motivo que es más pequeño que los otros códigos bidimensionales y es de fácil lectura en teléfonos móviles o tablets.



**Figura 3. 15 Ejemplo de Code 128 y código QR.**



## ***CAPÍTULO 4: Especificación de Requerimientos***

### **4.1. Declaración Funcional**

En esta sección se desarrolla la definición de las funciones del sistema, las que se presentan en la Tabla 4.1. Las funciones especificadas hacen referencia a las tareas que el sistema debería realizar siendo identificadas y anotadas en grupos lógicos y bien cohesionados. Además estas funciones son organizadas en categorías para facilitar las decisiones a lo largo del desarrollo del proyecto basándose en una adecuada priorización de los requerimientos (funcionales y no funcionales).

Su clasificación es la siguiente:

- Evidente: Funcionalidad que debe desarrollarse. El usuario tiene conocimiento de ella.
- Oculta: Funcionalidad a implementar no visible a los usuarios.
- Superflua: Funcionalidad de implementación optativa, su desarrollo no afecta mayormente la funcionalidad principal del sistema.

Declaración Funcional del sistema

A continuación la Tabla 4.1 presenta el listado de los requerimientos funcionales de la aplicación.

**Tabla 4. 1 Requerimientos Funcionales.**

| <b>Requerimientos Funcionales de la Aplicación</b> |                                                |                                                                                             |                  |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Referencia</b>                                  | <b>Función</b>                                 | <b>Descripción</b>                                                                          | <b>Categoría</b> |
| R_F_01                                             | Medir Madera                                   | Establece comunicación con el equipo láser para obtener el largo de la madera               | Evidente         |
| R_F_02                                             | Comunicar botones de control con la aplicación | Establece comunicación con el microcontrolador Arduino para detectar eventos en los botones | Evidente         |
| R_F_03                                             | Cancelar Paquete Actual                        | Borra las maderas ingresadas en el paquete actual para comenzar uno nuevo                   | Evidente         |

|        |                                          |                                                                                                             |          |
|--------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| R_F_04 | Imprimir Etiqueta                        | Cuando Finaliza un paquete se imprime una etiqueta con sus parámetros.                                      | Evidente |
| R_F_05 | Respalda Datos en CPU                    | Cuando Finaliza un paquete se almacenan los datos en formato Excel en la CPU de forma ordenada              | Oculto   |
| R_F_06 | Respalda Datos en Pendrive               | Cuando Finaliza un paquete se almacenan los datos en formato Excel en el pendrive de forma ordenada         | Evidente |
| R_F_07 | Configurar Ancho de Madera               | Permite configurar el archivo que contiene los parámetros del paquete para modificar el Ancho de la Madera  | Evidente |
| R_F_08 | Configurar Grosor de Madera              | Permite configurar el archivo que contiene los parámetros del paquete para modificar el Grosor de la Madera | Evidente |
| R_F_09 | Configurar Tipo de Madera                | Permite configurar el archivo que contiene los parámetros del paquete para modificar el Tipo de la Madera   | Evidente |
| R_F_10 | Configurar Número de Secado              | Permite configurar el archivo que contiene los parámetros del paquete para modificar el Número de Secado    | Evidente |
| R_F_11 | Configurar Número de Paquete             | Permite configurar el archivo que contiene los parámetros del paquete para modificar el Número del Paquete  | Evidente |
| R_F_12 | Configurar área y Tolerancia del Paquete | Permite configurar el archivo que contiene los parámetros del paquete para modificar su Área y              | Evidente |

|        |                                      |                                                                                                      |          |
|--------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|        |                                      | Tolerancia                                                                                           |          |
| R_F_13 | Calibrar Láser                       | Establece comunicación con el equipo láser para realizar una nueva calibración.                      | Evidente |
| R_F_14 | Indicar Finalización de Paquete      | Indica al usuario que el paquete ha finalizado y permite aceptarlo o rechazarlo.                     | Evidente |
| R_F_15 | Generar etiqueta en PDF              | Crear etiqueta en formato PDF con los datos más relevantes del paquete                               | Oculto   |
| R_F_16 | Calcular Parámetros del Paquete      | Realiza los cálculos de área y metros lineales del paquete con las maderas medidas hasta el momento. | Oculto   |
| R_F_17 | Crear interfaz Gráfica               | Creación de interfaz gráfica que permita al usuario interactuar con la aplicación                    | Evidente |
| R_F_18 | Monitorear Restricciones del Paquete | Al momento de medir la madera debe indicar si su largo está dentro del rango permitido               | Evidente |

#### 4.2. Atributos del sistema

Los atributos del sistema son cualidades no funcionales que no se refieren directamente a las funciones específicas que entrega el sistema, sino a características generales y restricciones de la aplicación que se desarrolla como eficiencia, seguridad, facilidad de uso, entre otras.

Los requerimientos no funcionales de la aplicación se muestran en la Tabla 4.2.

**Tabla 4. 2 Requerimientos No Funcionales de la Aplicación.**

| Requerimientos No Funcionales de la Aplicación |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Referencia                                     | Atributo                | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| R_N_F_01                                       | Correctitud             | El sistema debe manejar la información sin errores ni caídas del sistema. Esto debido a que los datos que se trabajan corresponden al inventario de paquetes de la empresa. Errores en los datos puede derivar en pérdidas de diversa magnitud hacia la empresa.                                                                          |
| R_N_F_02                                       | Confiabilidad           | El sistema debe demostrar que es más eficiente que realizar la misma tarea de forma manual, para generar una dependencia hacia el sistema y por ende guiar el éxito del proyecto.                                                                                                                                                         |
| R_N_F_03                                       | Facilidad de uso        | Debe ser de aprendizaje rápido, intuitivo, para evitar problemas en la creación de paquetes, de fácil retención en el tiempo y que genere satisfacción hacia el operario y la empresa.                                                                                                                                                    |
| R_N_F_04                                       | Facilidad de Mantención | El sistema debe permitir realizar mantenciones de tipo correctivas, adaptivas y perfectivas de manera simple y sin involucrar costos muy grandes. Esto es debido a que la empresa está en constante contacto con sus clientes para mejorar las características del paquete de maderas introduciendo nuevas restricciones a la aplicación. |

También se debe tener en cuenta que el sistema cuenta con requerimientos mínimos de hardware, los cuales son solicitados por la empresa donde se instalará el equipo. Los requerimientos funcionales de hardware se muestran en la Tabla 4.3.

**Tabla 4. 3 Requerimiento Funcional de Hardware.**

| Requerimiento funcional de Hardware |                              |                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Referencia                          | Atributo                     | Descripción                                                                                                                                                                                             |
| R_F_H_01                            | Medir con precisión          | Para evitar errores significativos por márgenes de error la precisión del medidor láser debe ser igual o menor a +-2 milímetros                                                                         |
| R_F_H_02                            | Medir con rapidez            | Con la finalidad de que el sistema sea eficiente la medición se debe capturar en menos de 5 segundos.                                                                                                   |
| R_F_H_03                            | GUI de fácil visualización   | La pantalla donde se desplegará la aplicación debe ser lo suficientemente grande para poder verla a distancia con todos los datos necesarios.                                                           |
| R_F_H_04                            | Imprimir etiquetas adhesivas | La impresora a instalar debe poder imprimir etiquetas adhesivas de un tamaño tal que permita una lectura clara.                                                                                         |
| R_F_H_05                            | Robustez                     | El sistema debe ser construido tomando en cuenta que será implementado en un ambiente industrial, lo que implica condiciones desfavorables de suciedad, temperatura, humedad, vibraciones, entre otras, |

#### **4.3. Casos de Uso**

Luego de definir los requerimientos funcionales y no funcionales de nuestro sistema, se deben definir los casos de uso.

Los casos de uso son una técnica para especificar el comportamiento de un sistema. En una definición más formal “Un caso de uso es una secuencia de interacciones entre un sistema y alguien o algo que usa alguno de sus servicios”. Es una forma de expresar cómo alguien o algo externo al sistema lo usa.

Entre sus características están:

- Ayudar a definir los límites del sistema.
- Ayudar a definir las relaciones del sistema con su entorno.
- Encontrarse en lenguaje natural, por lo tanto accesible al usuario para su posterior validación en puntos conflictivos.
- Independientes de la implementación.
- Describen las acciones del actor y el sistema, pero su énfasis se encuentra en la interacción de éstos.
- Están acotados al uso de una determinada funcionalidad claramente diferenciada dentro del sistema.

#### Diagramas de Casos de Uso

La figura 4.1 muestra un esquema simplificado de los casos de uso más importantes dentro de la aplicación.

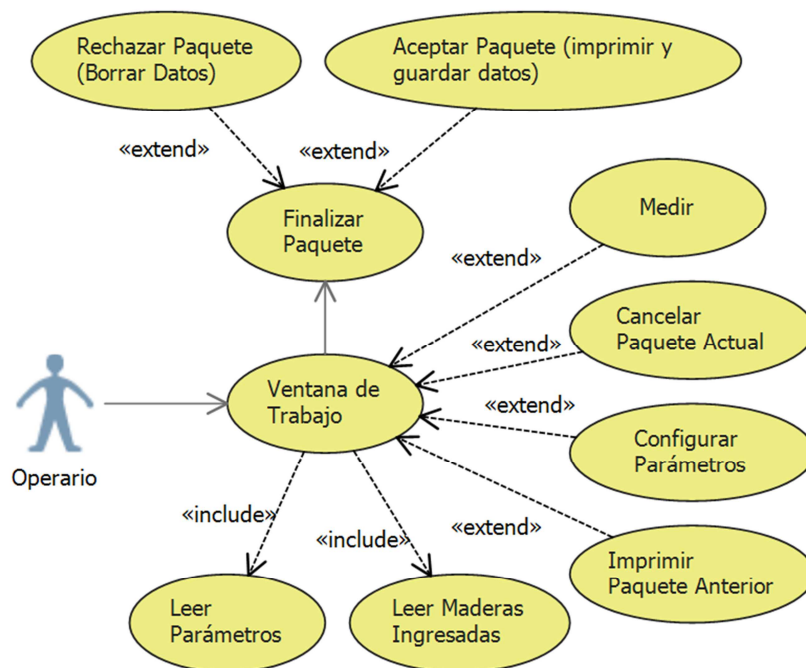


**Figura 4. 1 Casos de Uso.**

#### 4.4. Casos de Uso en Formato de Alto Nivel

El formato de alto nivel es necesario para entender de manera rápida y clara el nivel de complejidad y la funcionalidad del sistema, complementando los diagramas de casos de uso definiendo realmente lo que realiza el sistema de acuerdo a sus funcionalidades y su interacción con los actores que forman parte de este.

**Tabla 4. 4 CU\_AP\_01\_REV\_1.2 Formato Alto Nivel.**

| <b>Caso de Uso Ventana de Trabajo</b> |                                                                                                                |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                            | CU_AP_01_REV_1.2                                                                                               |
| <b>Fecha de Creación:</b>             | 10 de Marzo de 2015                                                                                            |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>     | 18 de Marzo de 2015                                                                                            |
| <b>Actores:</b>                       | Operador                                                                                                       |
| <b>Tipo:</b>                          | Primario                                                                                                       |
| <b>Descripción:</b>                   | El operario, al iniciar el sistema, hace un llamado a la ventana de trabajo la cual le permite armar paquetes. |

**Tabla 4. 5 CU\_AP\_02\_REV\_1.2 Formato Alto Nivel.**

| <b>Caso de Uso Medir</b>          |                                                                                            |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                        | CU_AP_02_REV_1.2                                                                           |
| <b>Fecha de Creación:</b>         | 10 de Marzo de 2015                                                                        |
| <b>Fecha Última Modificación:</b> | 18 de Marzo de 2015                                                                        |
| <b>Actores:</b>                   | Operador                                                                                   |
| <b>Tipo:</b>                      | Primario                                                                                   |
| <b>Descripción:</b>               | El operario puede realizar la medición de una madera y agregarla al paquete en el sistema. |

**Tabla 4. 6 CU\_AP\_03\_REV\_1.2 Formato Alto Nivel.**

| <b>Caso de Uso Cancelar Paquete Actual</b> |                     |
|--------------------------------------------|---------------------|
| <b>ID:</b>                                 | CU_AP_03_REV_1.2    |
| <b>Fecha de Creación:</b>                  | 10 de Marzo de 2015 |

|                      |               |                                                                                                                                                |
|----------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fecha</b>         | <b>Última</b> | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                            |
| <b>Modificación:</b> |               |                                                                                                                                                |
| <b>Actores:</b>      |               | Operador                                                                                                                                       |
| <b>Tipo:</b>         |               | Primario                                                                                                                                       |
| <b>Descripción:</b>  |               | En caso de existir algún problema el operario puede cancelar el paquete actual borrando las maderas ingresadas de dicho paquete en el sistema. |

**Tabla 4. 7 CU\_AP\_04\_REV\_1.2 Formato Alto Nivel.**

| <b>Caso de Uso Configurar Parámetros</b> |               |                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                               |               | CU_AP_04_REV_1.2                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Fecha de Creación:</b>                |               | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Fecha</b>                             | <b>Última</b> | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Modificación:</b>                     |               |                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Actores:</b>                          |               | Operador                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Tipo:</b>                             |               | Primario                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Descripción:</b>                      |               | El operario puede acceder a los parámetros de configuración para modificarlos como el ancho, grosor y tipo de madera, número de secado, número de paquete, área y tolerancia del paquete y calibrar el equipo de medición. |

**Tabla 4. 8 CU\_AP\_05\_REV\_1.2 Formato Alto Nivel.**

| <b>Caso de Uso Imprimir Paquete Anterior</b> |               |                                                                                                             |
|----------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                                   |               | CU_AP_05_REV_1.2                                                                                            |
| <b>Fecha de Creación:</b>                    |               | 10 de Marzo de 2015                                                                                         |
| <b>Fecha</b>                                 | <b>Última</b> | 18 de Marzo de 2015                                                                                         |
| <b>Modificación:</b>                         |               |                                                                                                             |
| <b>Actores:</b>                              |               | Operador                                                                                                    |
| <b>Tipo:</b>                                 |               | Primario                                                                                                    |
| <b>Descripción:</b>                          |               | Si el usuario desea puede imprimir la etiqueta del paquete creado anteriormente en caso de que lo necesite. |

**Tabla 4. 9 CU\_AP\_06\_REV\_1.2 Formato Alto Nivel.**

| <b>Caso de Uso Finalizar Paquete</b> |                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                           | CU_AP_06_REV_1.2                                                                                                                                                   |
| <b>Fecha de Creación:</b>            | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                                                |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>    | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                                                |
| <b>Actores:</b>                      | Operador                                                                                                                                                           |
| <b>Tipo:</b>                         | Primario                                                                                                                                                           |
| <b>Descripción:</b>                  | El operador al ingresar maderas al paquete fuerza en algún momento a que el paquete esté terminado activando una nueva ventana para aceptar o rechazar el paquete. |

**Tabla 4. 10 CU\_AP\_07\_REV\_1.2 Formato Alto Nivel.**

| <b>Caso de Uso Rechazar Paquete</b> |                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                          | CU_AP_07_REV_1.2                                                                                                                                  |
| <b>Fecha de Creación:</b>           | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                               |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>   | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                               |
| <b>Actores:</b>                     | Operador                                                                                                                                          |
| <b>Tipo:</b>                        | Primario                                                                                                                                          |
| <b>Descripción:</b>                 | Cuando un paquete es terminado se abre una nueva ventana para confirmar la creación de este paquete y el operador tiene la opción de descartarlo. |

**Tabla 4. 11 CU\_AP\_08\_REV\_1.2 Formato Alto Nivel.**

| <b>Caso de Uso aceptar Paquete</b> |                     |
|------------------------------------|---------------------|
| <b>ID:</b>                         | CU_AP_08_REV_1.2    |
| <b>Fecha de Creación:</b>          | 10 de Marzo de 2015 |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>  | 18 de Marzo de 2015 |
| <b>Actores:</b>                    | Operador            |
| <b>Tipo:</b>                       | Primario            |

|                     |                                                                                                                                   |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Descripción:</b> | Cuando un paquete es terminado se abre una nueva ventana para confirmar la creación de este paquete y el operador debe aceptarlo. |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4.5. Casos de Uso en Formato Expandido

En esta sección se detallan los casos de uso de alto nivel definidos en la sección 4.4, los cuales son más importantes y/o complejos en el sistema.

A continuación se muestran dos ejemplos de fichas de casos de uso en formato expandido. El detalle de todas las fichas de casos de uso del sistema se encuentran en el anexo A.

**Tabla 4. 12 Caso de uso Medir.**

| Caso de uso Medir                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|
| <b>ID:</b>                                                                         | CU_AP_02_REV_1.2                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |                       |
| <b>Fecha Creación:</b>                                                             | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |                       |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>                                                  | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |                       |
| <b>Actores:</b>                                                                    | Operario                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |                       |
| <b>Propósito:</b>                                                                  | Medir largo de una madera para ingresarla a un paquete                                                                                                                                                                                                                 |                  |                       |
| <b>Precondición</b>                                                                | La comunicación serial con el medidor láser y con el microcontrolador Arduino funciona sin problemas. Además el paquete aún no está terminado.                                                                                                                         |                  |                       |
| <b>Resumen:</b>                                                                    | El operador pone una madera en la mesa de trabajo presionando un final de carrera, el cual da la orden para que el láser realice la medición y muestre el resultado por pantalla. El usuario puede aceptar ingresar esta madera al paquete o en su defecto rechazarla. |                  |                       |
| <b>Tipo:</b>                                                                       | Primario                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |                       |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>                                                       | R_F_01<br>R_F_02<br>R_F_17<br>R_F_18                                                                                                                                                                                                                                   |                  |                       |
| <table> <tr> <th>Acción del Actor</th><th>Respuesta del Sistema</th></tr> </table> |                                                                                                                                                                                                                                                                        | Acción del Actor | Respuesta del Sistema |
| Acción del Actor                                                                   | Respuesta del Sistema                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Este caso de uso comienza cuando el usuario presiona el final de carrera con una madera<br><br>4. El usuario selecciona: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Presiona pedal para ingresar la madera al paquete.</li> <li>b) Quita la madera dejando de presionar el final de carrera para borrar la medición.</li> </ul> | 2. Le indica al láser que debe iniciar una medición y espera la respuesta.<br><br>3. Una vez que recibe la respuesta muestra la medición en pantalla.<br><br>5. Actualiza datos del paquete                                                                                                          |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| La madera a ingresar al paquete no cumple el largo mínimo de 0,3[m] por lo que no se ingresa al paquete y su valor de medición cambia a color rojo.                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Sección Presionar Pedal para Ingresar Madera</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2. El operador quita la madera dejando de presionar el final de carrera.                                                                                                                                                                                                                                                          | 1. La madera es ingresada al paquete cambiando el color de su texto a azul, agregándose en el archivo de datos de maderas ingresadas y en el listado de la interfaz gráfica de maderas. Se recalculan los valores del paquete.<br><br>3. La medición retorna a valor 0[m]. Con color de texto negro. |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| --.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Sección Quitar Madera Dejando de Presionar el Final de Carrera</b>                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | La medición retorna a valor 0[m].                                                                                                                                                                                                                                                                    |

**Tabla 4. 13 Caso de uso Cancelar Paquete Actual.**

| <b>Caso de uso Cancelar Paquete Actual</b> |                     |
|--------------------------------------------|---------------------|
| <b>ID:</b>                                 | CU_AP_03_REV_1.2    |
| <b>Fecha Creación:</b>                     | 10 de Marzo de 2015 |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>          | 18 de Marzo de 2015 |
| <b>Actores:</b>                            | Operario            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Propósito:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    | Cancelar Paquete Actual para comenzar uno nuevo                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
| <b>Precondición</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | --.                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |
| <b>Resumen:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      | Mientras el operador está en la ventana de trabajo mantiene presionado el pedal por 5 segundos. A continuación aparece una nueva venta de confirmación para eliminar el paquete actual. El usuario puede confirmar o cancelar. |                                                                                                                                                                                           |
| <b>Tipo:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         | Primario                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                           |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>                                                                                                                                                                                                                                                         | R_F_02<br>R_F_03<br>R_F_17                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                           |
| <b>Acción del Actor</b>                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                | <b>Respuesta del Sistema</b>                                                                                                                                                              |
| 1. Este caso de uso se genera cuando existe algún problema con las maderas ingresadas. El operario presiona el pedal durante 5 segundos y luego lo suelta<br><br>3. El usuario selecciona:<br>a) Presiona pedal para eliminar paquete actual.<br>b) El usuario cancela la operación. |                                                                                                                                                                                                                                | 2. El sistema sale de la ventana de trabajo y muestra una ventana de cancelación de paquete.<br><br>4. La aplicación vuelve a la ventana de trabajo recalculando los valores del paquete. |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
| --.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
| <b>Sección Presionar Pedal para Eliminar Paquete Actual</b>                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                | 1. El sistema borra las maderas que se han guardado en la memoria correspondiente al paquete actual.<br><br>2. Retorna a la ventana de trabajo la cual recalcula los datos del paquete.   |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
| --.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
| <b>Sección Usuario Cancela la Operación</b>                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                | 1. Si el sistema no recibe confirmación de eliminación de paquete durante 15                                                                                                              |

|  |                                                                |
|--|----------------------------------------------------------------|
|  | segundos retorna a la ventana de trabajo<br>sin hacer cambios. |
|--|----------------------------------------------------------------|



## ***CAPÍTULO 5: Diseño del Sistema***

La etapa de diseño tiene como objetivo conseguir una solución lógica que satisfaga los requerimientos planteados mediante el modelamiento del sistema considerando el diseño orientado a objetos. El diseño del sistema permite a los desarrolladores comprender la forma en que se soluciona el problema a nivel de hardware y software. De forma concisa este capítulo lleva el qué hacer definido en el análisis de requerimientos al cómo hacerlo para cumplir los objetivos.

### **5.1. Arquitectura del Sistema**

La figura muestra la arquitectura del sistema de manera simplificada. La descripción de cada bloque es descrita a continuación:

- **Láser:** Es un sensor para medir longitudes mediante un haz luminoso en la longitud de onda de 635[nm] con una potencia inferior a 1[mW]. Mide la distancia entre el emisor láser y la superficie donde es reflejado. Es alimentado por un regulador de tensión que toma 5[V] desde el conector USB del computador y lo reduce a 2,5[V]. El láser fue adquirido en China mediante la plataforma de compra online Aliexpress.

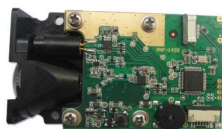


**Figura 5. 1 Sensor Láser.**

- **Convertor USB-Serial TTL:** Para conectar el sensor de distancia láser al computador se usa un convertor USB-Serial CH340, el cual se encarga de establecer un enlace asíncronico full dúplex de hasta 2Mbps con el computador.



**Figura 5. 2 USB-Serial CH340.**

- **Regulador 5V a 2.5V:** Este módulo se encarga de entregar 2,5[V] para el funcionamiento del láser. Está construido con un regulador de tensión LM317 en su configuración típica.

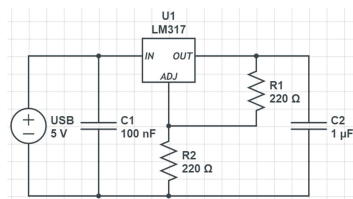


**Figura 5. 3 LM317 en su configuración típica.**

- Botones: Se usan 6 botones para que el operador del equipo interactúe con la aplicación, mostrados en la figura 5.4. El botón “final de carrera” es usado para detectar cuando una madera lo presiona para comenzar una medición, el cual es simulado por el botón “FC” ; el botón “pedal” se usa para insertar maderas, aceptar paquetes finalizados y confirmar la cancelación de un paquete; el botón “subir” y el botón “bajar” es usado para moverse entre las opciones de configuración; El botón “Ok” es para aceptar nuevas configuraciones y para imprimir etiquetas de forma manual; El botón “configuración-volver” es usado para ingresar al menú de configuración y/o regresar a una ventana anterior. Todos los botones son pull up con una resistencia de 10[kΩ] a 5V y conectados a una entrada digital del arduino.



**Figura 5. 4 Botonera de pruebas.**

- Arduino: Microcontrolador de la familia ARDUINO modelo Arduino Uno encargado de capturar las señales de los botones, eliminar los rebotes mediante programación y enviar la información del botón presionado al computador.
- CPU: Para poder correr la aplicación en java se usará un notebook HP420, el cual está sobredimensionado para los objetivos planteado, pero por motivos de recursos y disponibilidad se optará por este, ya que en esta etapa lo que más importa es demostrar que el sistema funciona.
- Etiquetadora: Por motivos de recursos y disponibilidad para efectos de prueba se usará una impresora BROTHER HL-L2320D puesto que se contaba ya este ítem con anterioridad.

- **Monitor:** Para entregar una imagen nítida visible a distancia de la interfaz gráfica se opta por usar un monitor HD 1080p LG, con el objetivo de reducir costos ya se tenía este monitor con anterioridad.

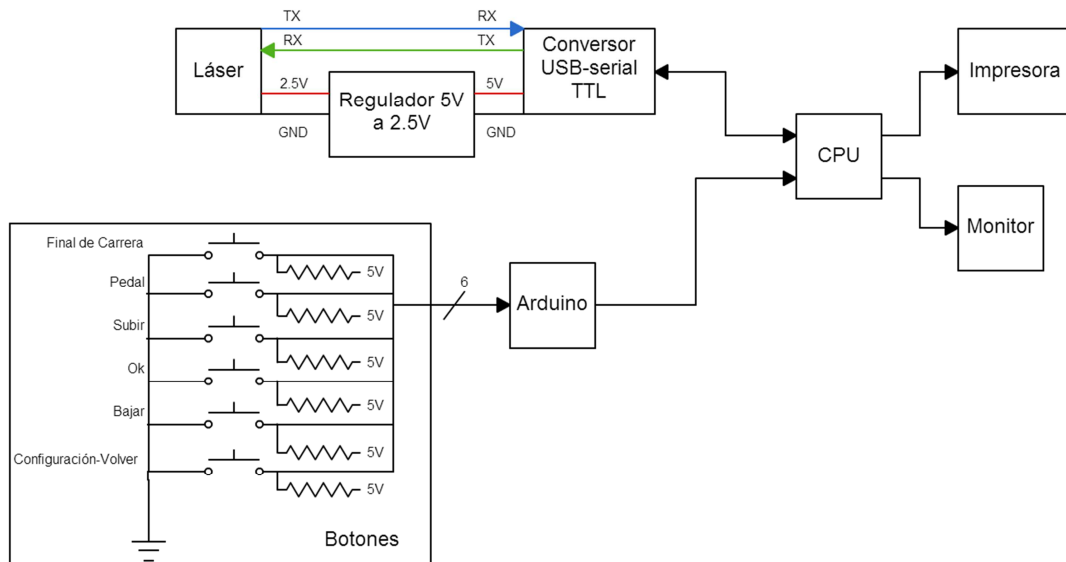


**Figura 5. 5 Arquitectura del sistema.**

## 5.2. Diagramas de Secuencia

En la sección se detallan los casos de uso, los cuales están clasificados como modelos estáticos de la aplicación. Sirven para ver como un actor (operario) interactúa con los elementos que componen el sistema. Los diagramas de secuencia muestran cómo los objetos se comunican entre sí al transcurrir el tiempo, entrando en la categoría de modelos dinámicos de la aplicación. Tiene como objetivo modelar el comportamiento del sistema mediante una secuencia de eventos generados por actores externos sobre el sistema.

La figura muestra el diagrama de secuencia basado en los casos de uso que forman parte del prototipo del proyecto cuando se desea medir una madera para ingresarla al paquete. Para ver todos los diagramas de secuencia ver anexo B.

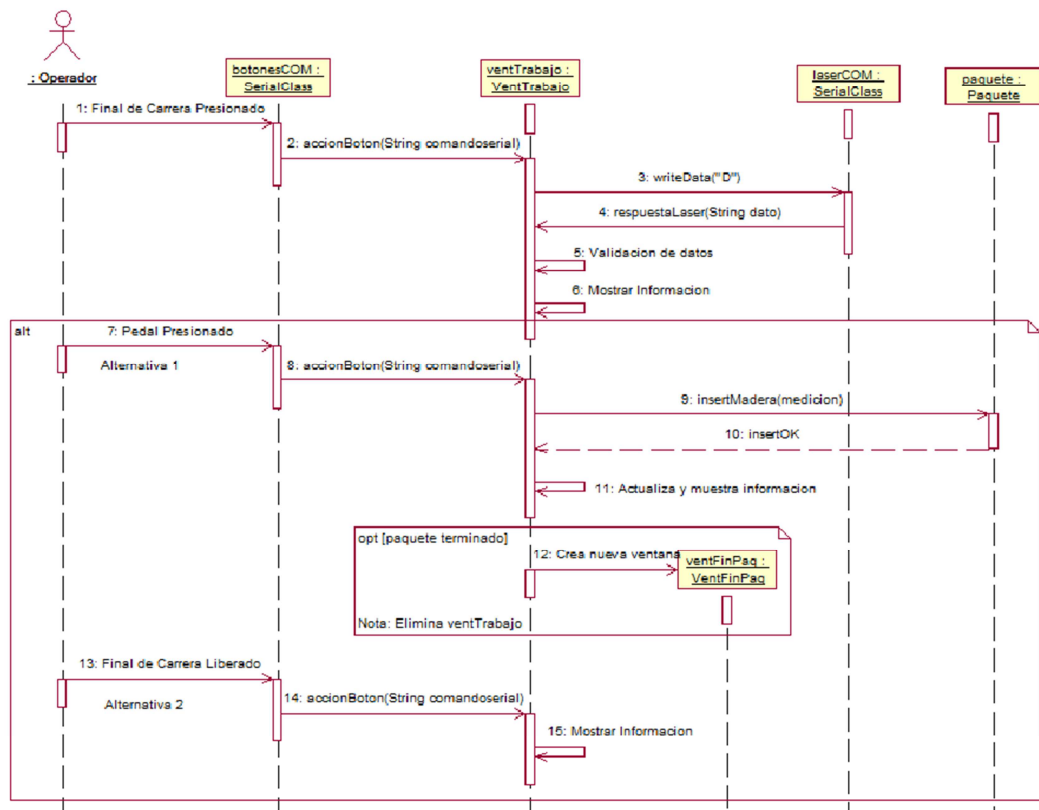


**Figura 5. 6 Diagrama de Secuencia para la medición de madera.**

### 5.3. Diagrama de Clases Integrado

La figura muestra el diagrama de clases integrado de la solución. Este diagrama integra todas las funcionalidades que relacionan a todo el sistema.

Por motivos de visibilidad los métodos y atributos de las clases no fueron expuestos, sin embargo las clases con sus métodos y atributos se pueden encontrar en el anexo C.

### 5.4. Mapa de Navegación

La figura 5.7 muestra el mapa de navegación del prototipo. Su objetivo es mostrar de forma gráfica la estructura de la aplicación al presentar una visión de conjunto, es decir, la forma de acceder a cada funcionalidad de la aplicación.

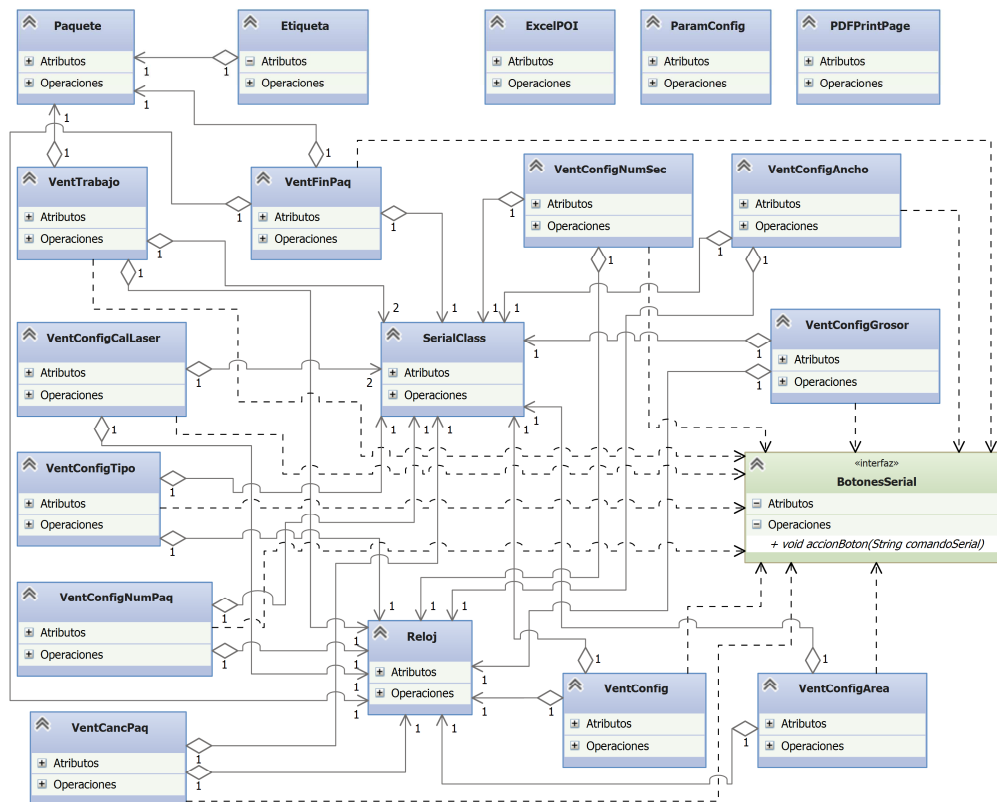


**Figura 5. 7 Diagrama de Clases de la aplicación en Java.**

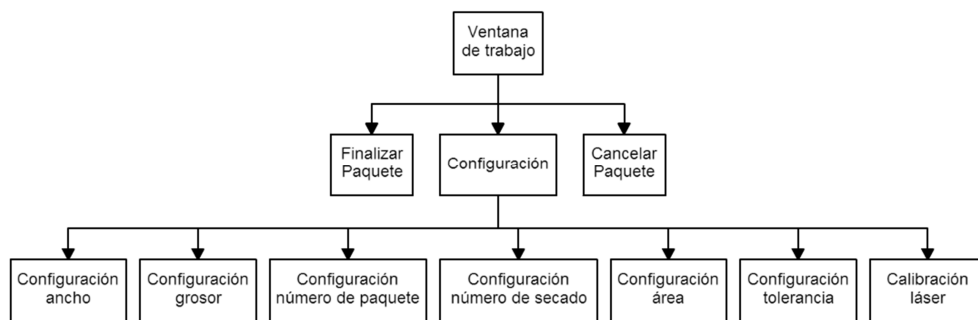


**Figura 5. 8 Mapa de Navegación del prototipo.**

### 5.5. Diseño de Interfaz Gráfica (GUI)

A continuación se muestra el diseño de la interfaz gráfica de usuario para la ventana de trabajo de la aplicación. El diseño de las interfaces es usado para obtener los lineamientos

generales de disposición de elementos y contenido en cada ventana. En el anexo D se pueden ver los diseños de las ventanas usadas en la aplicación y que fueron creados con la herramienta gratuita de dibujo online cacroo.

EUCASEC MD100

HH:MM:SS DD/MM/AA

Parametros Actuales:

Ancho = 104 milimetros

Grosor = 80 milimetros

Tipo de Madera = CA

Numero de Secado = 9999

Area del Paquete = 1.5 mts2

Tolerancia = 1.5 mts2

Numero de Paquete = 9999

Imagen

Instrucciones

Largo Madera=0.5 mts

Area Madera =0.5 mts2

|                  | Metros Lineales | Metros Cuadrados |
|------------------|-----------------|------------------|
| Madera Ingresada |                 |                  |
| Madera Faltante  |                 |                  |

Detalle Madera Ingresada (mts):

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

Subir

OK

Bajar

Config

Figura 5. 9 Diseño de Ventana de Trabajo.



## CAPÍTULO 6: Implementación

### 6.1. Comunicación Serial

Para implementar la comunicación serial en Java se usa la librería de comunicaciones RXTX, la cual es un conjunto de clases de Java que nos permite comunicar el computador con dispositivos que incorporen protocolo serial.

#### 6.1.1. Programación JAVA

La figura 6.1 muestra parte del código para la implementación de comunicación serial en Java.

```
116 public void init(String name, int baudios) {
117     portName = name;
118     DATA_RATE = baudios;
119     CommPortIdentifier portId = null;
120     Enumeration portEnum = CommPortIdentifier.getPortIdentifiers();
121     while (portEnum.hasMoreElements()) {
122         CommPortIdentifier currPortId = (CommPortIdentifier) portEnum.nextElement();
123         if (currPortId.getName().equals(portName)) {
124             portId = currPortId;
125             break;
126         }
127     }
128     if (portId == null) {
129         System.out.println("No se encuentra puerto COM");
130         return;
131     }
132     try {
133         serialPort = (SerialPort) portId.open(this.getClass().getName(), TIME_OUT);
134         serialPort.setSerialPortParams(DATA_RATE,
135             SerialPort.DATABITS_8,
136             SerialPort.STOPBITS_1,
137             SerialPort.PARITY_NONE);
138         input = new BufferedReader(new InputStreamReader(serialPort.getInputStream()));
139         output = serialPort.getOutputStream();
140         serialPort.addEventListener(this);
141         serialPort.notifyOnDataAvailable(true);
142     }
143     catch (Exception e) {
144         System.err.println(e.toString());
145     }
146 }
```

**Figura 6. 1 Implementación Comunicación Serial JAVA.**

La clase CommPortIdentifier (línea 119) es la parte central para controlar el acceso a los puertos de comunicación incluyendo métodos para determinar los puertos disponibles, abriendo los puertos para operaciones de entrada-salida, controlando la propiedad del puerto, administrando eventos que indican cambios en la propiedad del puerto, entre otras funciones. La aplicación usa esta clase para descubrir los puertos de comunicación disponibles y abrir el

indicado. Usa métodos presentes en otras clases abstractas como CommPort, ParallelPort y SerialPort para comunicarse a través del puerto.

Por defecto el microcontrolador Arduino se conecta en el puerto serial "/dev/ttyACM0" por lo que este parámetro es entregado al método init() de la clase con el objetivo de revisar en la lista de puertos disponibles si se encuentra presente, facilitada por el método getPortIdentifiers() (línea 120). En caso de encontrar el puerto disponible la instancia de la clase CommPortIdentifier, llamada portId, intenta abrir el puerto con el método open(this.getClass().getName(), TIME\_OUT) (línea 133). El método "open()" usa un tipo de retorno de la clase abstracta CommPort para que pueda ser casteado por alguna clase que extienda de ella y poder usar sus métodos, en este caso SerialPort (línea 133). En caso que exista algún problema abriendo el puerto se lanza una excepción (línea 143).

La figura 6.2 muestra un ejemplo del código implementado para recibir los datos desde el Arduino y el sensor de distancia láser.

```
163 public void serialEvent(SerialPortEvent oEvent) {
164     if (oEvent.getEventType() == SerialPortEvent.DATA_AVAILABLE) {
165         try {
166             String inputLine = input.readLine();
167             System.out.println(inputLine);
168
169             VentCancPaq ventanaAuxCancPaq;
170             VentConfigCalLaser ventanaAuxConfigCalLaser;
171             VentTrabajo ventanaAuxTrabajo;
172
173             if(ventana instanceof VentCancPaq){
174                 ventanaAuxCancPaq = (VentCancPaq)ventana;
175                 ventanaAuxCancPaq.accionBoton(inputLine);
176             }
177             else if(ventana instanceof VentConfigCalLaser){
178                 if(this.DATA_RATE == 9600){
179                     ventanaAuxConfigCalLaser = (VentConfigCalLaser)ventana;
180                     ventanaAuxConfigCalLaser.accionBoton(inputLine);
181                 }
182                 else if(this.DATA_RATE == 19200){
183                     ventanaAuxConfigCalLaser = (VentConfigCalLaser)ventana;
184                     ventanaAuxConfigCalLaser.respuestaLaser(inputLine);
185                 }
186             }
187             else if(ventana instanceof VentTrabajo){
188                 if(this.DATA_RATE == 9600){
189                     ventanaAuxTrabajo = (VentTrabajo)ventana;
190                     ventanaAuxTrabajo.accionBoton(inputLine);
191                 }
192                 else if(this.DATA_RATE == 19200){
193                     ventanaAuxTrabajo = (VentTrabajo)ventana;
194                     ventanaAuxTrabajo.respuestaLaser(inputLine);
195                 }
196             }
197         } catch (Exception e) {
198             System.err.println(e.toString());
199             e.printStackTrace();
200         }
201     }
202 }
```

**Figura 6. 2 Implementación método que recibe los datos del puerto serie.**

La instancia de la clase Serialclass que controla los puertos seriales tiene información de la ventana que el usuario está observando, y en base a eso llama a su método accionboton(inputLine) para enviar la información recibida. Para diferenciar entre el objeto que se comunica con el Arduino y el objeto que se comunica con el láser se observa la diferencia en los baudios, ya que el Arduino se comunica a 9600 baudios y el láser lo hace a 19200 baudios.

La figura 6.3 muestra el método writeData(String data), usado para enviar comandos al sensor láser.

```

207 public void writeData(String data) {
208     try {
209         output.write(data.getBytes());
210     }
211     catch (Exception e) {
212         System.out.println("puerto no disponible");
213     }
214 }

```

**Figura 6. 3 Implementación método para enviar datos por puerto serial.**

### 6.1.2.Programación Arduino

La figura 6.4 muestra el código implementado en el microcontrolador Arduino.

```

1  boolean pedalAnt = false;
2  boolean pedalAct = false;
3  int pedal = 12;
4  void setup() {
5      Serial.begin(9600);
6      pinMode(12, INPUT);
7  }
8
9  void loop() {
10     pedalAct = digitalRead(pedal);
11     if(pedalAnt != pedalAct){
12         delay(100);
13         pedalAct = digitalRead(pedal);
14         if(pedalAct == true){
15             Serial.println("pedalP");
16         }
17         else if(pedalAct == false){
18             Serial.println("pedalL");
19         }
20     }
21     pedalAnt = pedalAct;
22 }

```

**Figura 6. 4 Ejemplo código Arduino usando botones y puerto serial.**

Para eliminar los rebotes de los botones se analiza el estado actual del botón cuando ocurre algún cambio en su estado y se compara con su estado anterior, en caso de no coincidir se espera 100[ms] y se vuelve a consultar el estado. En caso de que no coincidir el

estado actual con el estado anterior significa que el botón fue presionado o liberado y se envía esa información por el puerto serial a 9600 baudios.

### 6.1.3. Comunicación Serial Láser

El sensor láser usa comunicación serial asincrónica a 19200 baudios, 8 bits de datos, sin paridad y un bit de stop. Los comandos definidos por el fabricante son los siguientes:

- Comando 'o': Enciende el láser.
- Comando 'c': Apaga el láser.
- Comando 'd': Mide la distancia y retorna los resultados.
- Comando 's': Envía la temperatura del módulo y su voltaje de alimentación.

## 6.2. Impresión de Etiquetas

Para poder imprimir una etiqueta en la aplicación se procede en primer lugar a crear una imagen con el código de barras Code128 que contenga el número del paquete para su rápida lectura, posteriormente se crea un archivo PDF que incluya toda la información relacionada con el paquete terminado incluyendo el código de barras e imágenes siendo este archivo la etiqueta a imprimir. Finalmente se imprime la etiqueta que será pegada en el paquete. La figura 6.5 muestra el método estático de la clase Etiqueta llamado imprimir(Paquete paquete) al cual sólo se le pasa como argumento una instancia de la clase paquete con todas las maderas ingresadas.

```
52 | public static void imprimir(Paquete paquete) throws IOException, COSVisitorException {  
53 |     Etiqueta.paquete = paquete;  
54 |     codeBar();  
55 |     crearPDF();  
56 |     impresora();  
57 | }
```

**Figura 6. 5 Método estático imprimir de la clase Etiqueta.**

La figura 6.6 muestra el método estático codeBar() perteneciente a la clase Etiqueta, la cual implementa la clase JBarcodeBean. JBarcodeBean usa el modelo de componentes JavaBeans el cual encapsula varios objetos en un solo objeto para facilitar su uso, creando códigos de barra en una gran variedad de formatos. En este caso se usa el código de barras

Code128, el cual contiene la información del número de paquete, guardándolo en un archivo de imagen.

```
63 private static void codeBar() throws IOException{
64     JBarcodeBean barcode = new JBarcodeBean();
65     barcode.setCodeType(new Code128());
66     barcode.setCode(Integer.toString(Etiqueta.paquete.getNumPaquete()));
67     barcode.setCheckDigit(true);
68     BufferedImage bufferedImage = barcode.draw(new BufferedImage(200, 80, BufferedImage.TYPE_INT_RGB));
69     File file = new File("/home/tomas/Escritorio/" + Integer.toString(Etiqueta.paquete.getNumPaquete()) + ".png");
70     ImageIO.write(bufferedImage, "png", file);
71 }
```

**Figura 6. 6 Figura 6.6 Implementación código de barras Java.**

La figura 6.7 muestra el método estático crearPDF usado para diseñar la etiqueta en formato PDF para posteriormente enviar este archivo a la impresora. Para trabajar con la creación de archivos PDF se usa la librería de código abierto Apache PDFBox, la cual entrega herramientas para trabajar con este tipo de documentos.

El código comienza creando un objeto PDDocument (línea 84), el cual es una representación del documento PDF en la memoria, debiendo ser cerrado con el método close() cuando se deje de usar. A continuación se crea un objeto PDPage (línea 85), el cual es una representación de una sola página de un archivo pdf, donde se creará la etiqueta. La página creada se agrega al documento PDF con el método addPage(page1) (línea 86). Posteriormente se configura las fuentes del texto que se escribirá en la página, en este caso “Helvética” y “Helvética-Bold”, y se crea un objeto de la clase PDPageContentStream para facilitar el flujo de contenido entre el documento y la página creada (línea 89). Para insertar texto e imagen se llama al método insertarTexto(...) e insertarImagen(...) respectivamente, cuyos códigos son mostrados en la figura 6.8 y figura 6.9. En resumen estos métodos reciben el contenido que se desea agregar en un determinado punto y son agregados al documento PDF. Finalmente se llama al método save(String ruta) del objeto PDDocument (línea 98) para guardar el archivo PDF creado.

```

82 private static void crearPDF() throws IOException, COSVisitorException{
83     String outputFileName = "/home/tomas/Escritorio/" + Integer.toString(Etiqueta.paquete.getNumPaquete()) + ".pdf";
84     PDDocument document = new PDDocument();
85     PDPage page1 = new PDPage(PDPage.PAGE_SIZE_LETTER);
86     document.addPage(page1);
87     PDFont fontPlain = PDType1Font.HELVETICA;
88     PDFont fontBold = PDType1Font.HELVETICA_BOLD;
89     PDPageContentStream cos = new PDPageContentStream(document, page1);
90     insertarTexto(cos, 25, 106, 722, "MADERERA EUCASEC LTDA.", fontBold);
91     insertarTexto(cos, 20, 156, 595, "Grosor: ", fontPlain);
92     insertarTexto(cos, 20, 230, 595, Etiqueta.paquete.getGrosorString() + " milímetros", fontPlain);
93     //... Líneas ocultas
94     insertarImagen(cos, 410, 662, "/home/tomas/NetBeansProjects/MemoriaPrincipal/src/memoria/imagenes/logo.jpg", document);
95     insertarImagen(cos, 126, 410, "/home/tomas/Escritorio/" + Integer.toString(Etiqueta.paquete.getNumPaquete()) + ".png", document);
96     insertarImagen(cos, 381, 410, "/home/tomas/NetBeansProjects/MemoriaPrincipal/src/memoria/imagenes/OR_web.png", document);
97     cos.close();
98     document.save(outputFileName);
99     document.close();
100     File fichero = new File("/home/tomas/Escritorio/" + Integer.toString(Etiqueta.paquete.getNumPaquete()) + ".png");
101     if (fichero.delete())
102         System.out.println("El fichero ha sido borrado satisfactoriamente");
103     else
104         System.out.println("El fichero no puede ser borrado o no existe");
105 }

```

**Figura 6. 7 Método crearPDF usando librerías de Apache PDFBox.**

```

137 private static void insertarTexto(PDPageContentStream page, float size, float x, float y, String texto, PDFont font)
138     throws IOException{
139     page.beginText();
140     page.setFont(font, size);
141     page.setNonStrokingColor(Color.BLUE);
142     page.moveTextPositionByAmount(x, y);
143     page.drawString(texto);
144     page.endText();
145 }

```

**Figura 6. 8 Método insertarTexto() en clase Etiqueta.**

```

116 private static void insertarImagen(PDPageContentStream page, float x, float y, String ruta, PDDocument doc)
117     throws IOException{
118     try {
119         BufferedImage awtImage = ImageIO.read(new File(ruta));
120         PDXObjectImage ximage = new PDXObjectImage(doc, awtImage);
121         page.drawXObject(ximage, x, y, ximage.getWidth(), ximage.getHeight());
122     } catch (FileNotFoundException ex) {
123         System.out.println("Imagen no disponible");
124     }
125 }

```

**Figura 6. 9 Método insertarImagen() en clase Etiqueta.**

La figura 6.10 muestra el ejemplo de una etiqueta creada en un archivo PDF. El archivo cuenta con la información replicada para tener dos etiquetas en una sola impresión.

## MADERERA EUCASEC LTDA.

CALLE LUIS CARRERA 1772 VITACURA, SANTIAGO  
FONO: 02-29181276 CELULAR: 09-33211963  
www.pisoseucasec.cl www.eucasec.cl



Ancho: 43 milímetros  
Grosor: 18 milímetros  
Número de Secado: 1234  
Superficie: 0.820 metros cuadrados  
Metros Lineales: 19.08 metros  
Tipo: RA



4348



## MADERERA EUCASEC LTDA.

CALLE LUIS CARRERA 1772 VITACURA, SANTIAGO  
FONO: 02-29181276 CELULAR: 09-33211963  
www.pisoseucasec.cl www.eucasec.cl



Ancho: 43 milímetros  
Grosor: 18 milímetros  
Número de Secado: 1234  
Superficie: 0.820 metros cuadrados  
Metros Lineales: 19.08 metros  
Tipo: RA



4348



**Figura 6. 10 Ejemplo de archivo PDF creado para imprimir etiqueta.**

La figura 6.11 muestra el método `impresora()` de la clase `Etiqueta`, el cual es el encargado de imprimir el documento PDF creado previamente. Este método abre el archivo PDF con la etiqueta a imprimir y la clase `PrinterJob` controla la impresión seleccionando la impresora por defecto conectada a la CPU.

```

192 private static void impresora() throws IOException {
193     File f = new File("/home/tomas/Escritorio/" + Integer.toString(Etiqueta.paquete.getNumPaquete()) + ".pdf");
194     FileInputStream fis = new FileInputStream(f);
195     FileChannel fc = fis.getChannel();
196     ByteBuffer bb = fc.map(FileChannel.MapMode.READ_ONLY, 0, fc.size());
197     PDFFile pdfFile = new PDFFile(bb);
198     PDFPrintPage pages = new PDFPrintPage(pdfFile);
199     PrinterJob pjob = PrinterJob.getPrinterJob();
200     PageFormat pf = PrinterJob.getPrinterJob().defaultPage();
201     Paper hoja = new Paper();
202     hoja.setSize(612.0, 792.0);
203     hoja.setImageableArea(0.0, 0.0, 612.0, 792.0);
204     pf.setPaper(hoja);
205     pjob.setJobName(f.getName());
206     Book book = new Book();
207     book.append(pages, pf, pdfFile.getNumPages());
208     pjob.setPageable(book);
209     try{
210         pjob.print();
211     }
212     catch(PrinterException ex){
213         System.out.println("impresora no valida");
214     }
215 }
216

```

**Figura 6. 11 Método impresora() en clase Etiqueta.**

### 6.3. Creación de archivos Excel

Para la creación de archivos Excel se usó la API Apache POI, la cual es una poderosa herramienta para trabajar con diferentes tipos de formatos de Microsoft Office tales como Excel, Power point, Visio, Word, etc. La implementación de esta clase se muestra en el anexo E.

### 6.4. GUI Diseñada vs GUI Implementadas

A continuación se presenta la comparativa mediante imágenes de las interfaces gráficas de usuario finalmente implementadas versus las interfaces gráficas de usuario previamente diseñadas, como puede apreciarse en las figuras 6.12 y 6.13. El resto de GUI's diseñadas se muestra en el anexo D.

# EUCASEC MD100

**Parámetros Actuales:**

Ancho = 104 milímetros  
 Grosor = 19 milímetros  
 Tipo de Madera = RR  
 Número de Secado = 3187  
 Área del Paquete = 1.0 mts2  
 Tolerancia = 0.1 mts2  
 Número de Paquete = 5005



Pendrive: Datos\_USB 7,3 GB libres 

Instrucciones: Poner madera cuidando que el boton final de carrera sea presionado. Esperar a que la medición aparezca en pantalla. Si desea agregar esta madera al paquete presione el pedal, la medición cambiará a color azul si es ingresada satisfactoriamente o cambiará a rojo si no cumple con la medida mínima para ser ingresada. Si desea Cancelar este paquete mantenga presionado el pedal por 5 segundos. Para modificar parámetros del paquete presione el botón configuración.

## Largo Madera = 1.151 metros

## Área Madera = 0.119 mts2

|                  | Metros Lineales | Metros Cuadrados |
|------------------|-----------------|------------------|
| Madera Ingresada | 1.151           | 0.119            |
| Madera Faltante  | 8.464           | 0.880            |

**Detalle Madera Ingresada (mts):**

|   |       |  |  |  |  |  |
|---|-------|--|--|--|--|--|
| 1 | 1.151 |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |
|   |       |  |  |  |  |  |









# EUCASEC MD100

HH-MM:SS DD/MM/AA

Parametros Actuales:

Ancho = 104 milimetros  
Grosor = 80 milimetros  
Tipo de Madera = CA  
Numero de Secado = 9999  
Area del Paquete = 1.5 mts2  
Tolerancia = 1.5 mts2  
Numero de Paquete = 9999

Imagen

Instrucciones

Largo Madera= 0.5 mts

Area Madera = 0.5 mts2

|                  | Metros Lineales | Metros Cuadrados |
|------------------|-----------------|------------------|
| Madera Ingresada |                 |                  |
| Madera Faltante  |                 |                  |

Detalle Madera Ingresada (mts):

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

Subir

OK

Bajar

Config



## ***CAPÍTULO 7: Funcionamiento y resultados***

### **7.1. Sistema**

El sistema construido se puede observar en la figura 7.1. Al momento de su instalación en terreno se debe incorporar un tablero eléctrico que proteja el monitor, la CPU, el arduino y el cableado eléctrico como el ejemplo mostrado en la figura 7.2.



**Figura 7. 1 Sistema construido para pruebas.**



**Figura 7. 2 Ejemplo Instalación en terreno.**

Antes de usar el equipo para medir maderas y hacer paquetes, es necesario que se configure todos los parámetros relevantes del paquete como ancho, grosor, tipo y número de secado de la madera, como también el área que debe contener el paquete junto con su tolerancia.

Además, para que el sistema realice mediciones sin errores es necesario que el operario calibre el equipo. Para hacerlo debe tener definida su referencia, la cual es definida

como el punto donde apoyará un extremo de la madera, siendo el otro extremo de la madera donde el láser apuntará su haz de luz para medirla. Al calibrar no deben existir obstáculos entre la referencia y el láser. En la aplicación se debe ir a la ventana de configuración, seleccionar la opción “Calibrar Láser” y presionar el botón “ok”. Al hacer esto el láser mide la distancia que existe entre sí mismo y la referencia, siendo almacenado en memoria para que, al realizar una medición calcular la distancia entre sí mismo y la madera obteniendo finalmente el largo de la madera por la diferencia entre estas mediciones (figura 7.3). Cabe destacar que todas las configuraciones y la calibración quedan almacenadas en un archivo para no tener que ingresarlas cada vez que se inicie el equipo.



**Figura 7. 3 Obtención de longitud de la madera.**

Una vez que ya está el equipo calibrado y bien configurado, es posible construir paquetes. Para hacerlo es necesario que el operador tome una madera y la apoye en el punto de referencia, el cual tendrá un final de carrera que activará el láser para tomar una medición. Esta medición será mostrada en el monitor junto a la etiqueta “Largo Madera =” y su área será indicada junto a la etiqueta “Área Madera =”. Si el operador desea ingresar la madera al paquete sólo debe presionar el pedal que tendrá al alcance de su pie, al hacerlo el valor medido mostrado en el monitor cambia de color negro a azul y se agrega su valor a un rectángulo en la zona de detalle de maderas ingresadas. Si el pedal se vuelve a presionar no ocurre ningún cambio, sólo al retirar la madera la medición vuelve a valor cero pudiéndose medir otra madera (figura 7.4).

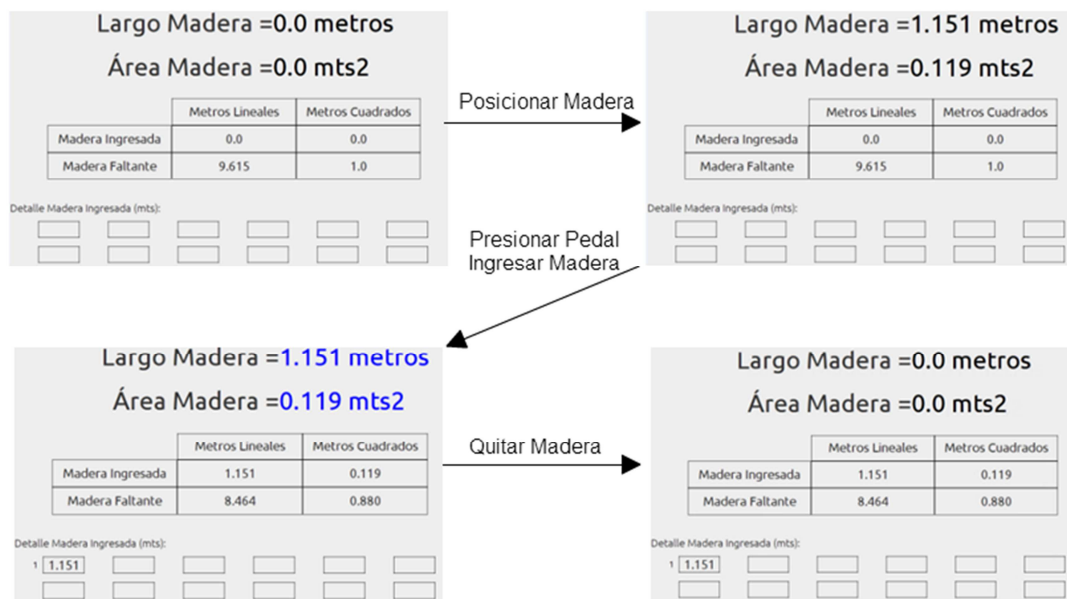


**Figura 7. 4 Medición de Madera.**

Las maderas ingresadas al paquete son almacenadas en un archivo como prevención en caso de algún problema que afecte al equipo. En caso de querer borrar todas las maderas ingresadas, se debe mantener presionado el pedal por 5 segundos, lo cual abrirá una nueva ventana que nos dará la opción de borrar las maderas. Para hacerlo se debe presionar el botón “OK” o presionar el pedal y, en caso de no querer borrar las maderas, basta con esperar 15 segundos o el botón volver para regresar a la ventana de trabajo. Cuando se ingrese una madera que logre terminar un paquete se abrirá automáticamente otra ventana para confirmar que un paquete está listo. Si se desea agregar este paquete a los registros se debe presionar el botón “SI” ante lo cual se imprimirá una etiqueta con la información relevante para ser pegada en el paquete. En caso que no se deba ingresar el paquete a los registros se debe presionar el botón “NO”. Ambas opciones borran las maderas ingresadas y retornan a la ventana de trabajo.

La figura 7.5 muestra el diagrama de flujo de la aplicación.

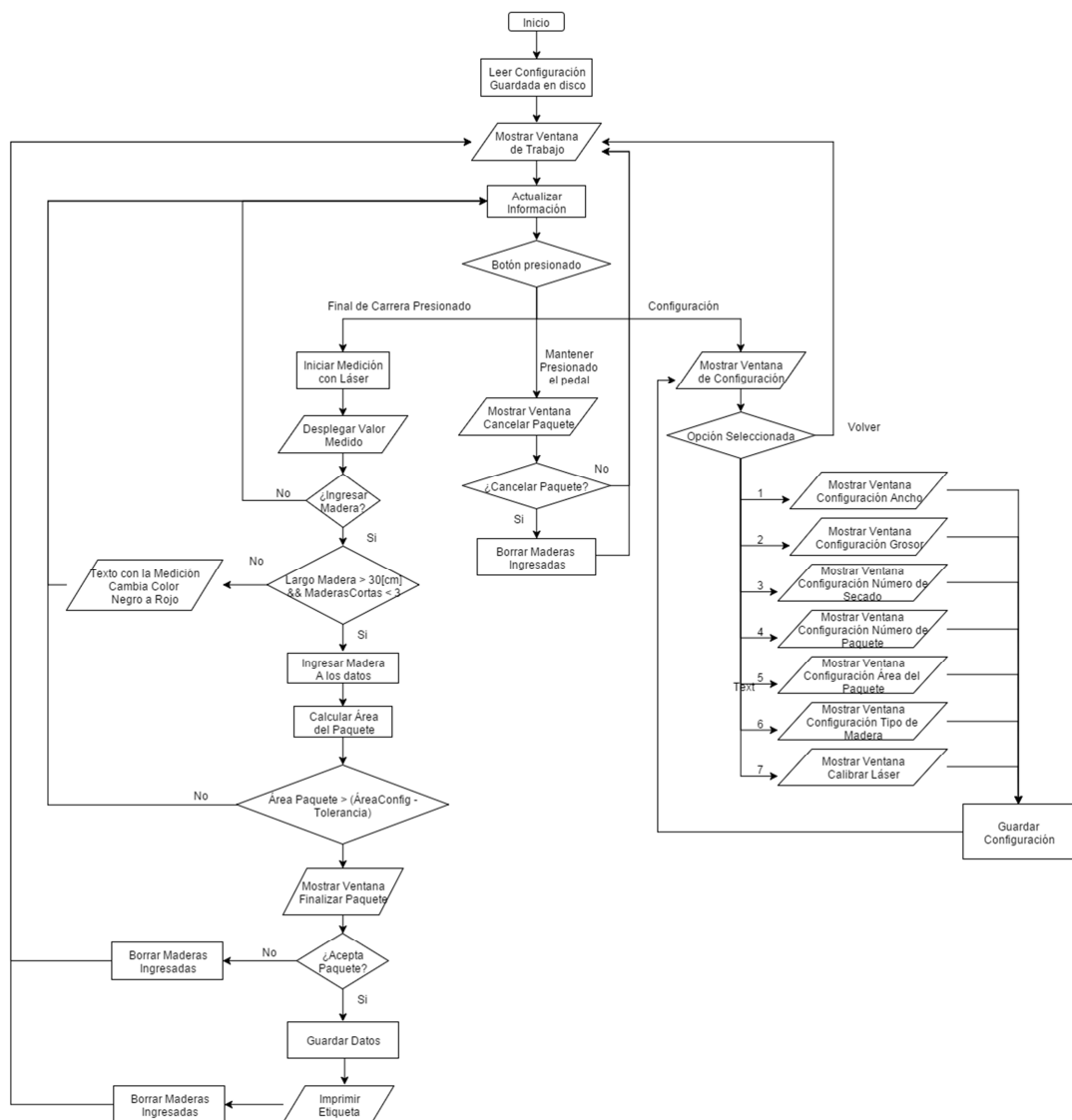


**Figura 7. 5 Diagrama de flujo de la aplicación.**

## 7.2. Verificación

Se debe comprobar que el sistema cumple con los requerimientos funcionales, no funcionales y de hardware solicitados por la empresa EUCASEC LTDA. La tabla 7.1 indica el estado de implementación de los requerimientos establecidos.

**Tabla 7. 1 Avance de requerimientos.**

| Referencia | Atributo                                 | % de avance | Observación                        |
|------------|------------------------------------------|-------------|------------------------------------|
| R_F_01     | Medir Madera                             | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_02     | Comunicación de botones                  | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_03     | Cancelar Paquete Actual                  | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_04     | Imprimir Etiqueta                        | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_05     | Respalda Datos en CPU                    | 90%         | Implementado pero puede mejorar.   |
| R_F_06     | Respalda Datos en Pendrive               | 90%         | Implementado pero puede mejorar.   |
| R_F_07     | Configurar Ancho de Madera               | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_08     | Configurar Grosor de Madera              | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_09     | Configurar Tipo de Madera                | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_10     | Configurar Número de Secado              | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_11     | Configurar Número de Paquete             | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_12     | Configurar área y Tolerancia del Paquete | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_13     | Calibrar Láser                           | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_14     | Indicar Finalización de Paquete          | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_15     | Generar etiqueta en PDF                  | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_16     | Calcular Parámetros del Paquete          | 100%        | Ya implementado.                   |
| R_F_17     | Crear interfaz Gráfica                   | 90%         | Implementado pero puede mejorar.   |
| R_F_18     | Monitorear                               | 90%         | Implementado pero sujeto a cambios |

|          |                              |      |                                                             |
|----------|------------------------------|------|-------------------------------------------------------------|
|          | Restricciones del Paquete    |      | en los requerimientos de la empresa.                        |
| R_N_F_01 | Correctitud                  | 90%  | Falta Probar en terreno.                                    |
| R_N_F_02 | Confiabilidad                | 90%  | Falta Probar en terreno.                                    |
| R_N_F_03 | Facilidad de uso             | 90%  | Falta Probar en terreno.                                    |
| R_N_F_04 | Facilidad de Mantenimiento   | 100% | Software y hardware de fácil mantenimiento.                 |
| R_F_H_01 | Medir con precisión          | 100% | Cumple margen mínimo de error.                              |
| R_F_H_02 | Medir con rapidez            | 100% | Promedio 7 segundos más rápido que hacerlo de forma manual. |
| R_F_H_03 | GUI de fácil visualización   | 100% | Implementado.                                               |
| R_F_H_04 | Imprimir etiquetas adhesivas | 100% | Implementado.                                               |
| R_F_H_05 | Robustez                     | 20%  | Falta protección contra polvo y agua de hardware.           |

De acuerdo a la tabla 7.1 se puede apreciar que los requerimientos funcionales y no funcionales se han desarrollado de acuerdo a los requerimientos de la empresa EUCASEC, con un porcentaje de avance aproximado de 94,4%, lo cual es considerado satisfactorio para el desarrollo de este proyecto. Se debe destacar que los porcentajes de avance de cada requerimiento han sido asignados por la persona que desarrolla el proyecto por motivo que falta instalar el equipo en terreno para pruebas finales.

### 7.3. Validación

La validación del sistema comprueba que el equipo cumple con las expectativas que el cliente espera. La tabla 7.2 presenta los resultados de las pruebas basadas en casos de uso pertenecientes al prototipo del proyecto, realizando 50 paquetes de prueba finalizados, 20 descartados y 30 eliminados.

**Tabla 7. 2 Resultado de pruebas de casos de uso.**

| Caso de Uso Probado | Total de operaciones | Operaciones Exitosas | Operaciones No Completadas | % de éxito |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|------------|
| CU_AP_01_REV_1.2    | 100                  | 70                   | 0                          | 100%       |
| CU_AP_02_REV_1.2    | 1322                 | 1214                 | 108                        | 91,8%      |
| CU_AP_03_REV_1.2    | 30                   | 30                   | 0                          | 100%       |
| CU_AP_04_REV_1.2    | 20                   | 20                   | 0                          | 100%       |
| CU_AP_05_REV_1.2    | 50                   | 50                   | 0                          | 100%       |
| CU_AP_06_REV_1.2    | 70                   | 70                   | 0                          | 100%       |
| CU_AP_07_REV_1.2    | 20                   | 20                   | 0                          | 100%       |
| CU_AP_08_REV_1.2    | 50                   | 50                   | 0                          | 100%       |

Estos resultados validan los casos de uso del sistema a utilizar. Cabe destacar que el caso de uso CU\_AP\_02\_REV\_1.2 correspondiente a la medición de madera, luego de reiteradas mediciones el sistema no respondía a la misma velocidad producto de su temperatura de funcionamiento, lo cual fue solucionado apagando el láser mientras no era usado.

Para validar la reducción de tiempo en la construcción de un paquete se obtuvo un promedio con los 50 paquetes realizados anteriormente para validar los casos de uso, el cual es mostrado en la tabla 7.3.

**Tabla 7. 3 Reducción de tiempo alcanzada con el sistema.**

| TIEMPOS ACTUALES VERSUS TIEMPOS ESPERADOS |                                 |                              |                                 |
|-------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Tarea                                     | Promedio Tiempo Manual[Minutos] | Tiempo con Sistema [Minutos] | Disminución de tiempo [Minutos] |
| Medir Total de maderas de un paquete      | 8                               | 3                            | 5                               |
| Registrar maderas                         | 3                               | 0                            | 3                               |
| Calcular área del paquete                 | 5                               | 0                            | 5                               |
| Imprimir y pegar etiqueta                 | 3                               | 1                            | 2                               |

Al implementar el sistema se obtiene un ahorro de tiempo de 15 minutos por paquete, lo cual es un minuto más de ahorro que el estimado, con lo cual se valida su utilidad para automatizar el proceso de medición de maderas.



## ***CAPÍTULO 8: Conclusiones***

Con el objetivo de mostrar los resultados obtenidos en este proyecto, las conclusiones son divididas en 4 secciones:

- Visión General
- Cumplimiento de Objetivos
- Expectativas Futuras y
- Apreciaciones personales

### **8.1. Visión General**

El presente proyecto tiene como finalidad automatizar el proceso de medición de madera dentro de la empresa EUCASEC, creando un sistema que sea más rápido, confiable, creando respaldos de toda la información relevante a los paquetes de madera e imprimiendo las etiquetas respectivas.

En la actualidad el proceso de medición de la madera se realiza de forma manual, lo cual puede generar errores por factor humano debido a los cálculos y a la cantidad de datos ingresados. El hecho de integrar tecnología en esta etapa logra que el proceso sea más eficiente y confiable tanto para la propia empresa como para sus clientes ya que el contenido de sus paquetes de madera es más detallado y preciso.

En el mercado actual existen máquinas que realizan mediciones de forma automáticas, pero que son muy caras y orientadas a un modelo de ventas distinto al de la empresa EUCASEC el cual es la venta de madera de largo fijo, por este motivo se busca una solución para automatizar la medición de maderas de largo variable.

### **8.2. Cumplimiento de Objetivos**

De acuerdo a los objetivos planteados se puede concluir lo siguiente:

- Hardware: Se cumple el contar con un dispositivo de medición de no contacto con resolución inferior a 2 [mm] y con un tiempo de entrega de la información menor a 5[s]. Además cuenta con una CPU capaz de procesar toda la información necesaria y

almacenarla de forma interna y externa, contando con un monitor de despliegue de información lo suficientemente grande para su clara visualización. Por el momento no cuenta con el nivel de protección que se necesita en un ambiente industrial por motivo que no es imperativo para el alcance de este proyecto en lo que respecta a demostración de funcionamiento.

- **Software:** Permite la configuración de parámetros de la madera y del paquete, almacena la información en planillas Excel en la memoria interna y externa si es que tiene una conectada. La interfaz gráfica de la aplicación es ordenada y visible a un par de metros del monitor. La aplicación indica cuando un paquete ha finalizado, imprimiendo la respectiva etiqueta o cancelar el paquete cuando sea necesario.
- **Consideraciones no funcionales:** La interfaz gráfica es clara e intuitiva para ser usada, maneja la información sin errores, de aprendizaje rápido y el sistema en general es más eficiente que una persona haciendo la misma tarea.

Considerando estos logros, se puede concluir que se ha cumplido con los objetivos planteados, los cuales son respaldados por las validaciones y verificaciones de software.

### **8.3. Expectativas Futuras**

A futuro se espera una continuidad de este proyecto el cual abarque más funciones generando un crecimiento continuo y de ser posible abarcar más áreas como la medición de humedad de la madera el cual es un parámetro importante en este negocio. La metodología de desarrollo permite a futuro incorporar nuevas funcionalidades como:

- Envío de información a una base de datos para contar siempre con datos actualizados.
- Añadir gráficos de estadísticas que puedan ser útiles para la empresa.
- Integrar seguridad por nivel de usuarios, etc.

### **8.4. Apreciaciones personales**

Como opinión personal, se destaca el aporte que realiza este proyecto a este tipo de empresas, creando un sistema a su medida con una toma de requerimientos completa y utilizando

lenguajes de entendimiento mutuo entre quien desarrolla el proyecto y personas que no forman parte del área informática. También se destaca la planificación detallada, plan de pruebas, y aseguramiento de la funcionalidad del sistema, lo cual abre posibilidades a otras mejoras sobre este sistema o sobre otras áreas dentro de la empresa.

Además es posible con este sistema abarcar otras empresas que necesiten realizar mediciones de sus productos que tengan distinto largo, como por ejemplo la industria metalúrgica.

## REFERENCIAS

### Libros

- Paul Deitel, Harvey Deitel, (2011). Cómo Programar en Java, Novena Edición.
- Joseph Schmuller (2001). Aprendiendo UML en 24 horas.
- Ben Shneiderman, Catherine Plaisant, (2009). El Diseño de la Interfaz de Usuario.

### Memorias

- Felipe Tapia Ojeda (2010). Sistema de Gestión de Procesos Internos y Calendarización de Eventos Administrativos para Corretaje y Administración de Bienes Raíces.

### Medios Electrónicos

- Proveedor sensor de distancia Láser. <http://www.aliexpress.com...70m-Laser-Rangefinder>
- Principios de sensores de triangulación láser. <http://archives.sensorsmag.com/articles/0598/tri0598/>
- Walt Pastorius, Sensores de triangulación. <http://tu-dresden.de/...content/elearn/triangulsensor>
- Dispositivo sensor de posición (PSD). <http://pdf.dzsc.com/S12/S1200.pdf>
- Herramienta online gratuita para hacer diagramas de flujo. <https://www.draw.io/>
- Índice TIOBE para medir la popularidad de los lenguajes de programación. <http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html>
- Maderera EUCASEC LTDA. <http://www.eucasec.cl/>
- Diseñando una GUI Swing en Netbeans. <https://netbeans.org/kb/docs/java/quickstart-gui.html>
- Documentación Package RXTX Java. <http://users.frii.com/jarvi/rxtx/doc/>
- Documentación Apache POI Java. <https://poi.apache.org/apidocs/>
- Documentación Package Apache PDFBox Java. <https://pdfbox.apache.org/docs/2.0.0-SNAPSHOT/javadocs/>
- Documentación JBarcodeBean. <http://jbarcodebean.sourceforge.net/apidocs/index.html>
- Herramienta online de diseño Cacao. <https://cacao.com/lang/en/home>
- Página web oficial Arduino. <https://www.arduino.cc/>

## ANEXO A: Casos de Uso Formato Expandido

**Tabla A. 1 Caso de Uso Ventana de Trabajo**

| Caso de Uso Ventana de Trabajo                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                                                           | CU_AP_01_REV_1.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Fecha Creación:</b>                                               | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>                                    | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Actores:</b>                                                      | Operario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Propósito:</b>                                                    | Indicar al operador las maderas ingresadas y parámetros del paquete.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Precondición</b>                                                  | La comunicación serial con el medidor láser y con el microcontrolador Arduino funciona sin problemas. Además el paquete aún no está terminado.                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Resumen:</b>                                                      | El programa al iniciarse carga los parámetros de configuración del paquete y las maderas ingresadas si es que existen. Muestra todo lo relacionado al paquete que se está trabajando y es la ventana principal para interactuar con el equipo para configurar parámetros, medir madera, cancelar paquetes o imprimir etiquetas de un paquete ya terminado. |
| <b>Tipo:</b>                                                         | Primario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>                                         | R_F_02<br>R_F_14<br>R_F_17<br>R_F_18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Acción del Actor                                                     | Respuesta del Sistema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1. Este caso de uso se inicia cuando el operador inicia el programa. | 2. El programa lee la configuración de parámetros almacenada y maderas ingresadas.<br><br>3. Muestra interfaz gráfica para que el operador pueda interactuar con el equipo.                                                                                                                                                                                |
| Curso Alternativo de eventos                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

**Tabla A. 2 Caso de Uso Medir**

| <b>Caso de Uso Medir</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   | CU_AP_02_REV_1.2                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Fecha Creación:</b>                                                                                                                                                                                                                                                       | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>                                                                                                                                                                                                                                            | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Actores:</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | Operario                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Propósito:</b>                                                                                                                                                                                                                                                            | Medir largo de una madera para ingresarla a un paquete                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Precondición</b>                                                                                                                                                                                                                                                          | La comunicación serial con el medidor láser y con el microcontrolador Arduino funciona sin problemas. Además el paquete aún no está terminado.                                                                                                                         |
| <b>Resumen:</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | El operador pone una madera en la mesa de trabajo presionando un final de carrera, el cual da la orden para que el láser realice la medición y muestre el resultado por pantalla. El usuario puede aceptar ingresar esta madera al paquete o en su defecto rechazarla. |
| <b>Tipo:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | Primario                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>                                                                                                                                                                                                                                                 | R_F_01<br>R_F_02<br>R_F_17<br>R_F_18                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Acción del Actor</b>                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Respuesta del Sistema</b>                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2. Este caso de uso comienza cuando el usuario presiona el final de carrera con una madera<br><br>5. El usuario selecciona:<br>c) Presiona pedal para ingresar la madera al paquete.<br>d) Quita la madera dejando de presionar el final de carrera para borrar la medición. | 4. Le indica al láser que debe iniciar una medición y espera la respuesta.<br><br>5. Una vez que recibe la respuesta muestra la medición en pantalla.<br><br>6. Actualiza datos del paquete                                                                            |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| La madera a ingresar al paquete no cumple el largo mínimo de 0,3[mt] por lo que no se ingresa al paquete y su valor de medición cambia a color rojo.                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Sección Presionar Pedal para Ingresar Madera                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. El operador quita la madera dejando de presionar el final de carrera. | <p>2. La madera es ingresada al paquete cambiando el color de su texto a azul, agregándose en el archivo de datos de maderas ingresadas y en el listado de la interfaz gráfica de maderas. Se recalculan los valores del paquete.</p> <p>4. La medición retorna a valor 0[mt]. Con color de texto negro.</p> |
| Curso Alternativo de eventos                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| --.                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Sección Quitar Madera Dejando de Presionar el Final de Carrera           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                          | La medición retorna a valor 0[mt].                                                                                                                                                                                                                                                                           |

**Tabla A. 3 Caso de Uso Cancelar Paquete Actual**

| Caso de Uso Cancelar Paquete Actual |                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                          | CU_AP_03_REV_1.2                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Fecha Creación:</b>              | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>   | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Actores:</b>                     | Operario                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Propósito:</b>                   | Cancelar Paquete Actual para comenzar uno nuevo                                                                                                                                                                                |
| <b>Precondición</b>                 | La comunicación serial con el microcontrolador Arduino funciona sin problemas. Además el paquete aún no está terminado.                                                                                                        |
| <b>Resumen:</b>                     | Mientras el operador está en la ventana de trabajo mantiene presionado el pedal por 5 segundos. A continuación aparece una nueva venta de confirmación para eliminar el paquete actual. El usuario puede confirmar o cancelar. |
| <b>Tipo:</b>                        | Primario                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>        | R_F_02<br>R_F_03<br>R_F_17                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Acción del Actor</b>             | <b>Respuesta del Sistema</b>                                                                                                                                                                                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2. Este caso de uso se genera cuando existe algún problema con las maderas ingresadas. El operario presiona el pedal durante 5 segundos y luego lo suelta</p> <p>4. El usuario selecciona:</p> <p>c) Presiona pedal para eliminar paquete actual.</p> <p>d) El usuario cancela la operación.</p> | <p>3. El sistema sale de la ventana de trabajo y muestra una ventana de cancelación de paquete.</p> <p>5. La aplicación vuelve a la ventana de trabajo recalculando los valores del paquete.</p> |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                  |
| --.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Sección Presionar Pedal para Eliminar Paquete Actual</b>                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>3. El sistema borra las maderas que se han guardado en la memoria correspondiente al paquete actual.</p> <p>4. Retorna a la ventana de trabajo la cual recalcula los datos del paquete.</p>   |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                  |
| --.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Sección Usuario Cancela la Operación</b>                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>2. Si el sistema no recibe confirmación de eliminación de paquete durante 15 segundos retorna a la ventana de trabajo sin hacer cambios.</p>                                                  |

**Tabla A. 4 Caso de Uso Configurar Parámetros**

| <b>Caso de Uso Configurar Parámetros</b> |                                                        |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                               | CU_AP_04_REV_1.2                                       |
| <b>Fecha Creación:</b>                   | 10 de Marzo de 2015                                    |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>        | 18 de Marzo de 2015                                    |
| <b>Actores:</b>                          | Operario                                               |
| <b>Propósito:</b>                        | Seleccionar parámetro de configuración                 |
| <b>Precondición</b>                      | La comunicación serial con el microcontrolador Arduino |

|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                         | funciona sin problemas.                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                       |
| <b>Resumen:</b>                                                                                         | El operador accede a este caso de uso desde la ventana de trabajo y puede seleccionar el parámetro que desea configurar como ancho, grosor, número de secado, número de paquete, tipo de madera, calibrar láser, área y tolerancia del paquete |                                                                                                       |
| <b>Tipo:</b>                                                                                            | Primario                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                       |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>                                                                            | R_F_02<br>R_F_07<br>R_F_08<br>R_F_09<br>R_F_10<br>R_F_11<br>R_F_12<br>R_F_13<br>R_F_17                                                                                                                                                         |                                                                                                       |
| <b>Acción del Actor</b>                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Respuesta del Sistema</b>                                                                          |
| 1. Este caso de uso se inicia cuando desde la ventana de trabajo se presiona el botón de configuración. |                                                                                                                                                                                                                                                | 2. Se muestra interfaz gráfica de configuración. El operador puede seleccionar la opción a configurar |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                       |
|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                       |

**Tabla A. 5 Caso de Uso Imprimir Paquete Anterior**

| Caso de Uso Imprimir Paquete Anterior |                                                                                |  |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>ID:</b>                            | CU_AP_05_REV_1.2                                                               |  |
| <b>Fecha Creación:</b>                | 10 de Marzo de 2015                                                            |  |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>     | 18 de Marzo de 2015                                                            |  |
| <b>Actores:</b>                       | Operario                                                                       |  |
| <b>Propósito:</b>                     | Imprimir último paquete finalizado.                                            |  |
| <b>Precondición</b>                   | La comunicación serial con el microcontrolador Arduino funciona sin problemas. |  |
| <b>Resumen:</b>                       | Al finalizar un paquete y aceptarlo, se imprime de forma                       |  |

|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                       |                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                 | automática una etiqueta. Esta función es útil en caso de que exista algún problema con la impresora como falta de papel o tinta, para volver a imprimir el último paquete finalizado. |                                                                          |
| <b>Tipo:</b>                                                                                                    | Primario                                                                                                                                                                              |                                                                          |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>                                                                                    | R_F_02<br>R_F_04<br>R_F_15<br>R_F_17                                                                                                                                                  |                                                                          |
| <b>Acción del Actor</b>                                                                                         |                                                                                                                                                                                       | <b>Respuesta del Sistema</b>                                             |
| 1. El operador presiona el botón ok en la ventana de trabajo para imprimir la información del paquete anterior. |                                                                                                                                                                                       | 2. La aplicación busca la información del paquete anterior y la imprime. |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                                                             |                                                                                                                                                                                       |                                                                          |
|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                       |                                                                          |

**Tabla A. 6 Caso de Uso Finalizar Paquete**

| <b>Caso de Uso Finalizar Paquete</b> |                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                           | CU_AP_06_REV_1.2                                                                                                                                 |
| <b>Fecha Creación:</b>               | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                              |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>    | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                              |
| <b>Actores:</b>                      | Operador                                                                                                                                         |
| <b>Propósito:</b>                    | Dar por finalizado un paquete                                                                                                                    |
| <b>Precondición</b>                  | La comunicación serial con el microcontrolador Arduino funciona sin problemas.                                                                   |
| <b>Resumen:</b>                      | Despliega interfaz gráfica para indicar la finalización de un paquete. El operador puede interactuar con el sistema para aceptarlo o rechazarlo. |
| <b>Tipo:</b>                         | Primario                                                                                                                                         |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>         | R_F_02<br>R_F_04<br>R_F_05<br>R_F_06                                                                                                             |

|                                                                         |                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                         | R_F_14<br>R_F_15<br>R_F_16<br>R_F_17                                                                                                           |
| <b>Acción del Actor</b>                                                 | <b>Respuesta del Sistema</b>                                                                                                                   |
| 1. El operador ingresa una madera con la cual el paquete es finalizado. | 2. El sistema despliega otra interfaz gráfica para indicar que el paquete ha finalizado y dar la opción al operador de aceptarlo o rechazarlo. |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b>                                     |                                                                                                                                                |
|                                                                         |                                                                                                                                                |

**Tabla A. 7 Caso de Uso Rechazar Paquete**

| <b>Caso de Uso Rechazar Paquete</b>                                |                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                                                         | CU_AP_07_REV_1.2                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Fecha Creación:</b>                                             | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                              |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>                                  | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                              |
| <b>Actores:</b>                                                    | Operario                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Propósito:</b>                                                  | Rechazar paquete finalizado para que sus datos no sean registrados en el sistema.                                                                                                                                |
| <b>Precondición</b>                                                | La comunicación serial con el microcontrolador Arduino funciona sin problemas.                                                                                                                                   |
| <b>Resumen:</b>                                                    | El operador puede percatarse que existe un problema en el paquete finalizado y descartarlo para que no sea registrado en los archivos de respaldo. No se imprime etiqueta y las maderas ingresadas son borradas. |
| <b>Tipo:</b>                                                       | Primario                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>                                       | R_F_02<br>R_F_17                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Acción del Actor</b>                                            | <b>Respuesta del Sistema</b>                                                                                                                                                                                     |
| 1. El operador Presiona el botón indicado para rechazar el paquete | 2. El sistema descarta las maderas ingresadas y vuelve a la ventana de                                                                                                                                           |

|                                     |                                                        |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                     | trabajo para hacer un nuevo paquete desde el comienzo. |
| <b>Curso Alternativo de eventos</b> |                                                        |
|                                     |                                                        |

**Tabla A. 8 Caso de Uso Aceptar Paquete**

| <b>Caso de Uso Aceptar Paquete</b>                       |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ID:</b>                                               | CU_AP_08_REV_1.2                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Fecha Creación:</b>                                   | 10 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Fecha Última Modificación:</b>                        | 18 de Marzo de 2015                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Actores:</b>                                          | Operario                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Propósito:</b>                                        | Respaldar datos del paquete e imprimir etiqueta.                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Precondición</b>                                      | La comunicación serial con el microcontrolador Arduino funciona sin problemas.                                                                                                                                                                    |
| <b>Resumen:</b>                                          | Aceptación de paquete para respaldo de datos e impresión de etiqueta                                                                                                                                                                              |
| <b>Tipo:</b>                                             | Primario                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Referencias Cruzadas:</b>                             | R_F_02<br>R_F_04<br>R_F_05<br>R_F_06<br>R_F_15<br>R_F_16<br>R_F_17                                                                                                                                                                                |
| <b>Acción del Actor</b>                                  | <b>Respuesta del Sistema</b>                                                                                                                                                                                                                      |
| 1. El operador presiona el botón para aceptar el paquete | 2. El sistema respalda los datos del paquete en archivos Excel en la memoria del computador y, si se encuentra conectado, en una memoria USB. Posteriormente retorna a la ventana de trabajo para comenzar nuevamente un paquete desde el inicio. |

|                                     |
|-------------------------------------|
| <b>Curso Alternativo de eventos</b> |
|                                     |

## ANEXO B: Diagramas de Secuencia.

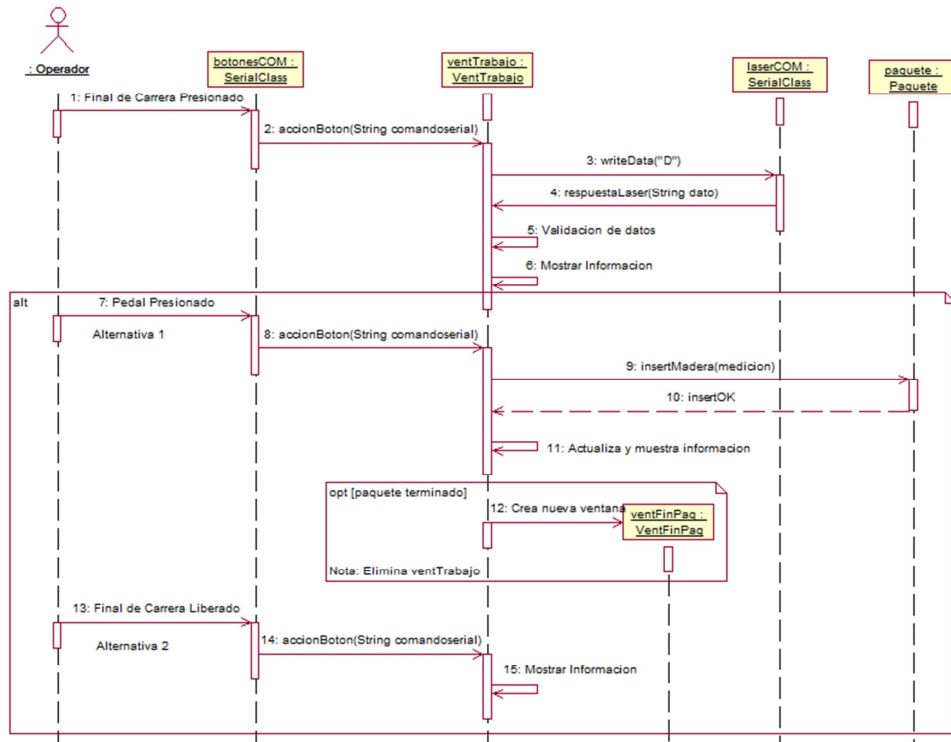


**Figura B. 1 Diagrama de Secuencia para acción Medir.**

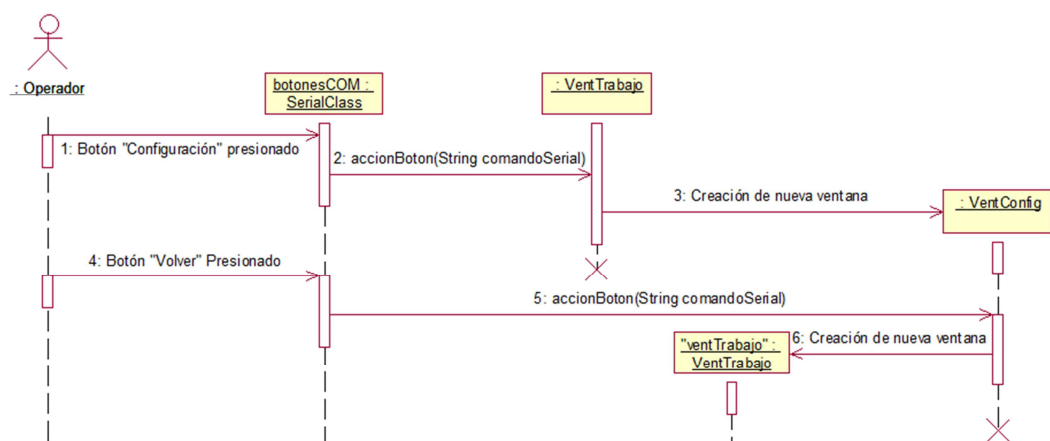


**Figura B. 2 Diagrama de Secuencia para opción Configurar.**

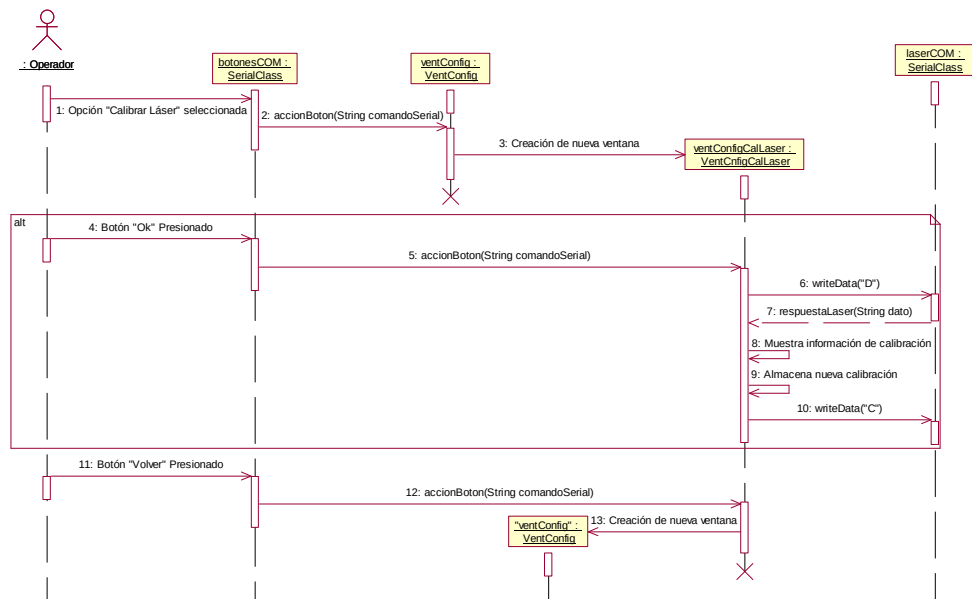


**Figura B. 3 Diagrama de Secuencia para calibrar el laser.**

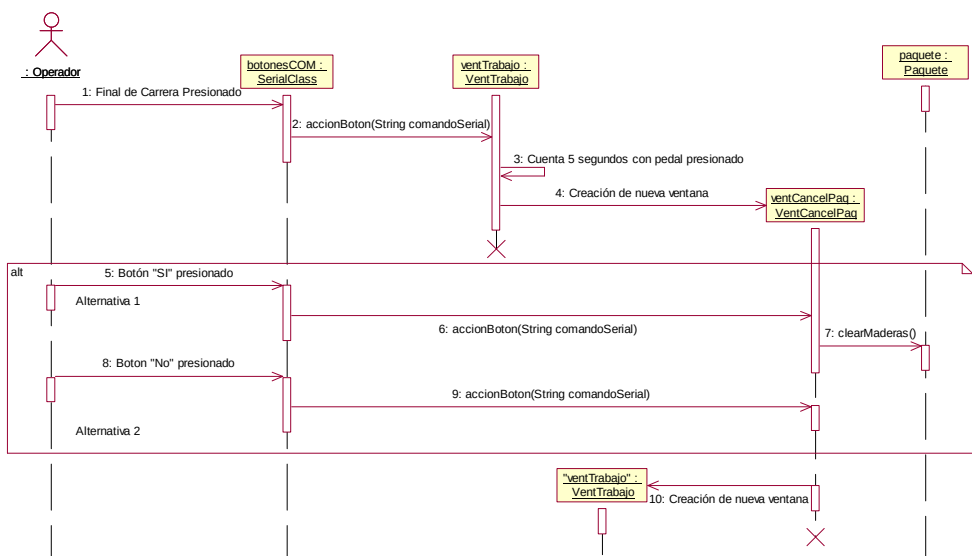


**Figura B. 4 Diagrama de Secuencia para Cancelar Paquete.**



## ANEXO C: Clases implementadas.

| Paquete     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atributos   | <ul style="list-style-type: none"><li>- float area</li><li>- Float maderas[0..*]</li><li>- float tolerancia</li><li>- int ancho</li><li>- int grosor</li><li>- int numPaquete</li><li>- int numsecado</li><li>- String ruta</li><li>- String tipo</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Operaciones | <ul style="list-style-type: none"><li>+ ArrayList getMaderas()</li><li>+ float getArea()</li><li>+ float getAreaTotal()</li><li>+ float getLargoLineal()</li><li>+ float getTolerancia()</li><li>+ int getAncho()</li><li>+ int getGrosor()</li><li>+ int getNumPaquete()</li><li>+ int getNumSecado()</li><li>+ int getSizeMaderas()</li><li>+ int insertMadera(float madera)</li><li>+ int loadMaderas()</li><li>+ int saveMadera(float dato)</li><li>+ Paquete(int ancho, int grosor, int numsecado, int numPaquete, float area, float tolerancia, String tipo)</li><li>+ String getAnchoString()</li><li>+ String getAreaString()</li><li>+ String getAreaTotalString()</li><li>+ String getGrosorString()</li><li>+ String getLargoLinealString()</li><li>+ String getNumPaqueteString()</li><li>+ String getNumSecadoString()</li><li>+ String getTipo()</li><li>+ String getToleranciaString()</li><li>+ void clearMaderas()</li><li>+ void setAncho(int ancho)</li><li>+ void setArea(float area)</li><li>+ void setGrosor(int grosor)</li><li>+ void setNumPaquete(int numPaquete)</li><li>+ void setNumSecado(int numSecado)</li><li>+ void setTipo(String tipo)</li><li>+ void setTolerancia(float tolerancia)</li></ul> |

**Figura C. 1 Atributos y métodos clase paquete.**

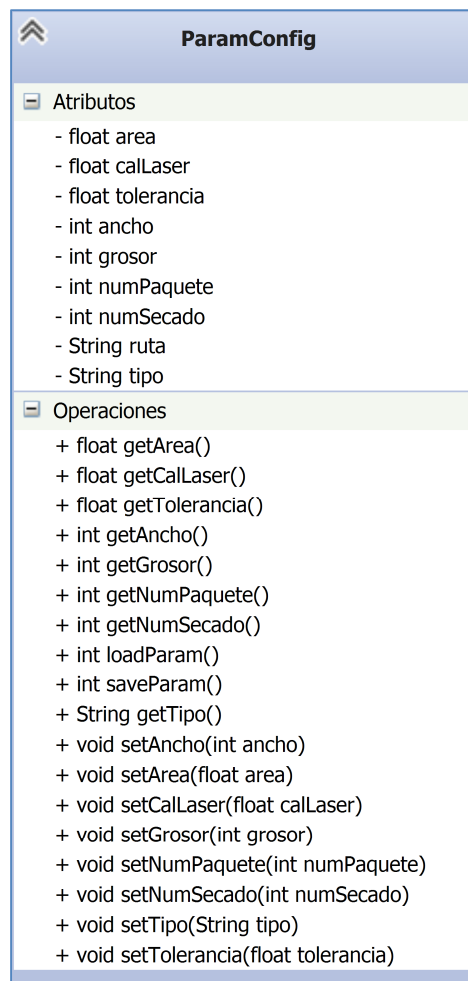


**Figura C. 2 Atributos y métodos clase ParamConfig.**

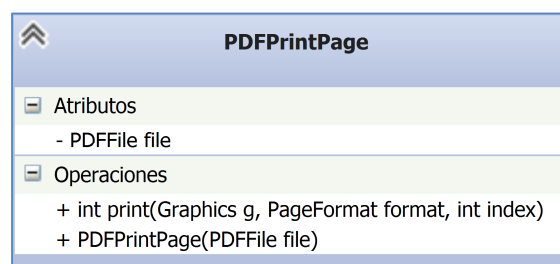


**Figura C. 3 Atributos y métodos clase PDFPrintPage.**

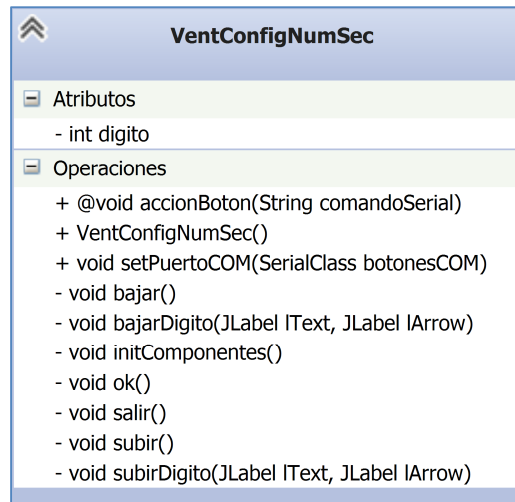


**Figura C. 4 Atributos y métodos clase VentConfigNumSec.**

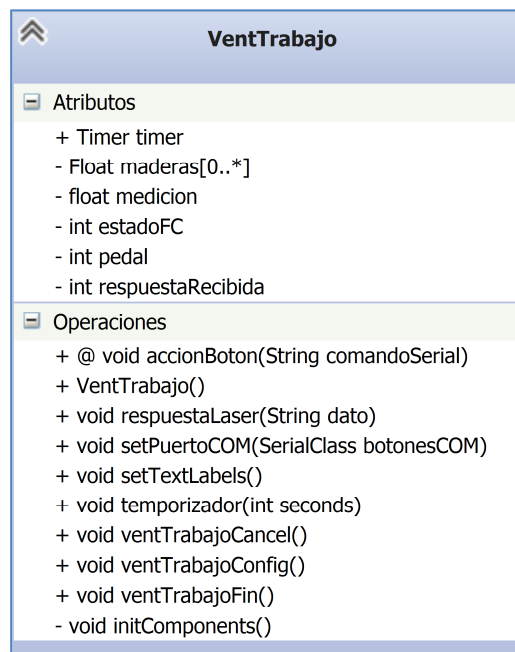


**Figura C. 5 Atributos y métodos clase VentTrabajo.**

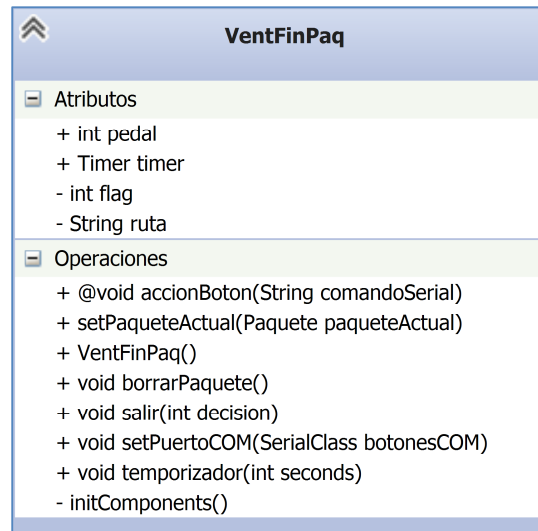


**Figura C. 6 Atributos y métodos clase VentFinPaq.**

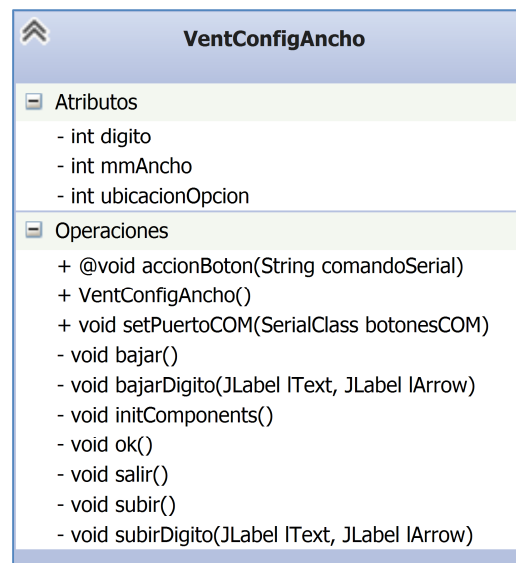


**Figura C. 7 Atributos y métodos clase VentConfigAncho.**

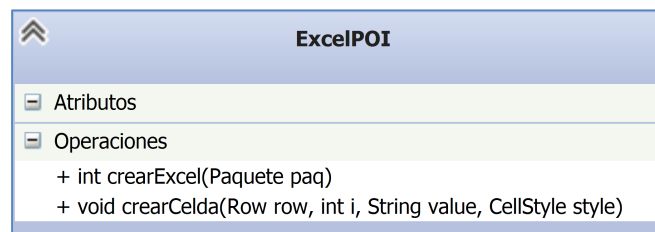


**Figura C. 8 Atributos y métodos clase ExcelPOI.**

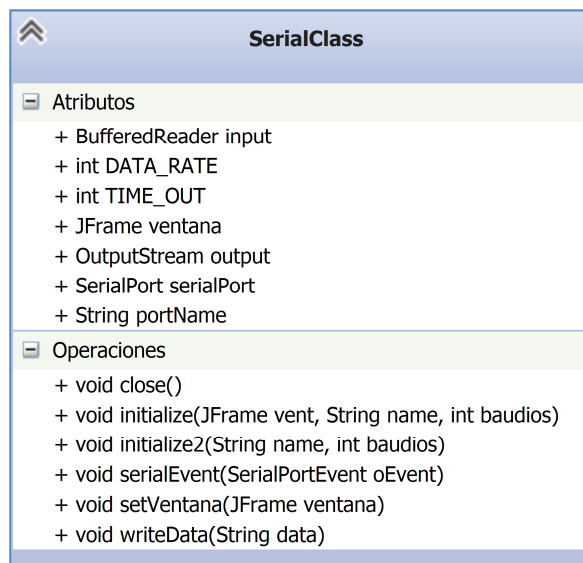


**Figura C. 9 Atributos y métodos clase SerialClass.**

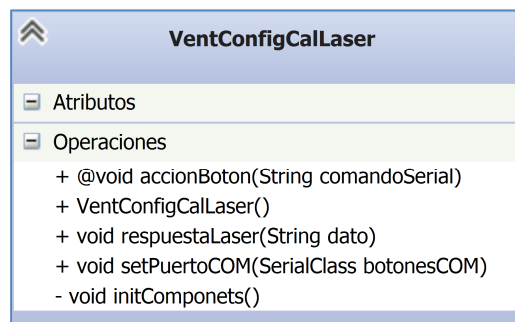


**Figura C. 10 Atributos y métodos clase VentConfigCalLaser.**

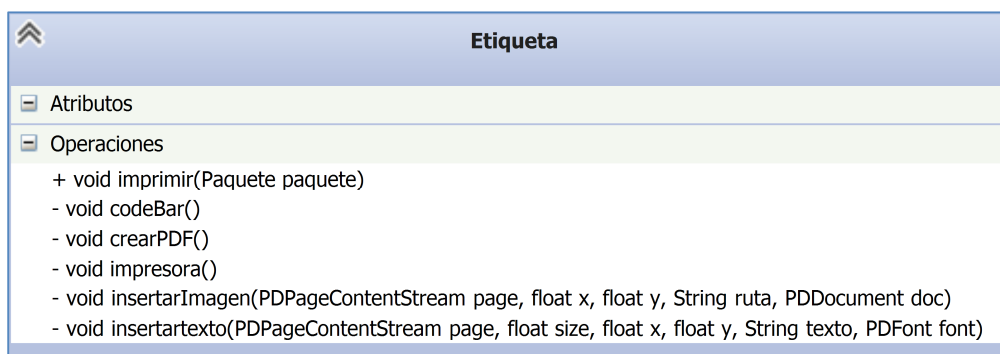


**Figura C. 11 Atributos y métodos clase Etiqueta.**

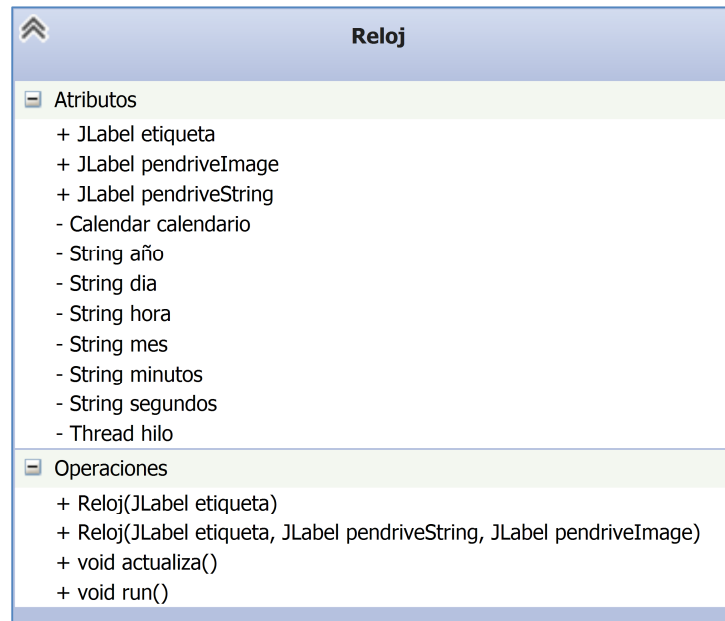


**Figura C. 12 Atributos y métodos clase Reloj.**

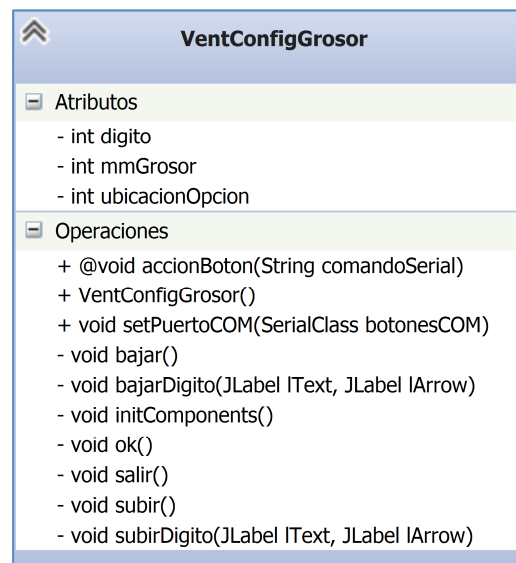


**Figura C. 13 Atributos y métodos clase VentConfigGrosor.**

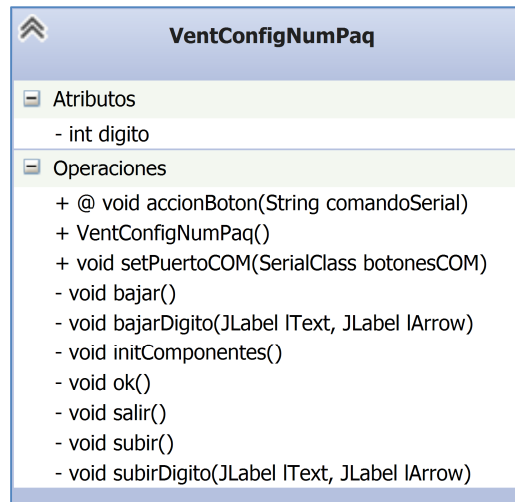


**Figura C. 14**Atributos y métodos clase VentConfigNumPaq.

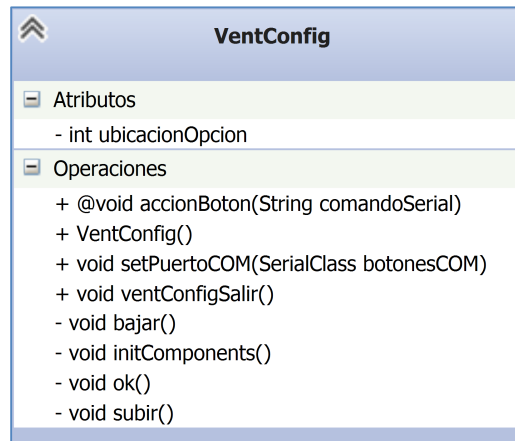


**Figura C. 15** VentConfig.

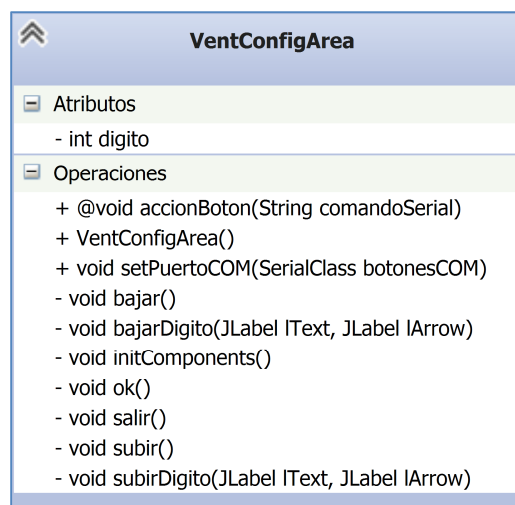


**Figura C. 16** Atributos y métodos clase VentConfigArea.

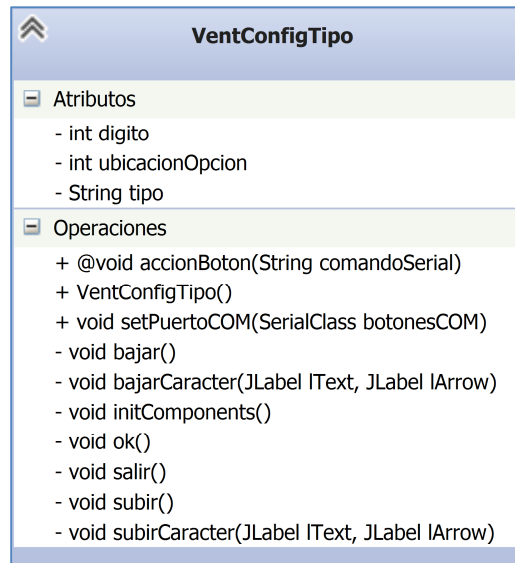


**Figura C. 17 Atributos y métodos clase VentConfigTipo.**

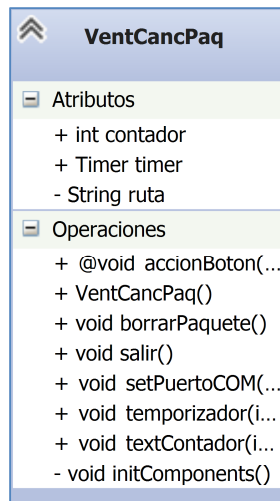


**Figura C. 18 Atributos y métodos clase VentCancPaq**

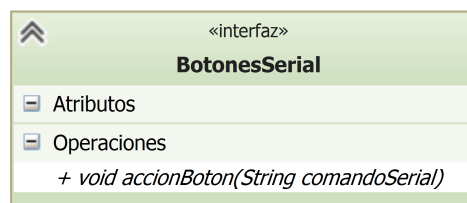


**Figura C. 19 Atributos y métodos clase BotonesSerial.**

## ANEXO D: GUI's Implementadas vs GUI's diseñadas.

[illegible]

**Figura D. 1 Ventana de Trabajo.**

[illegible]

**Figura D. 2 Diseño Ventana de Trabajo.**

EUCASEC MD100

23 / 12 / 2015 2:07:03

FINALIZAR PAQUETE



Instrucciones: Esta ventana indica que el paquete está terminado de acuerdo a los parámetros configurados. Para aceptar este paquete debe presionar el botón Si o presionar el pedal. Será impresa una etiqueta de forma automática y en caso de tener un pendiente concretado se guardará dentro de este un registro del paquete.

Si desea cancelar este paquete presionar el botón NO o mantener el pedal presionado por 5 segundos.

Detalle Paquete:

Ancho = 104 milímetros  
Grosor = 19 milímetros  
Numero de Secado = 3187  
Numero de Paquete = 5005  
Área del Paquete = 1.0 mts<sup>2</sup>  
Tipo de Madera = RR  
Metros Lineales = 8.995 metros  
Metros Cuadrados = 0.93548 mts<sup>2</sup>

¿Desea aceptar este paquete?

SI

NO

**Figura D. 3 Finalizar Paquete.**

EUCASE MD100

HHMM-SS DDMM/A

FINALIZAR PAQUETE

Imagen

Instrucciones

Detalle Paquete:

Ancho =  
Grosor =  
Numero de Secado =  
Numero de Paquete =  
Area del Paquete =  
Tipo de Madera =  
Metros Lineales =  
Metros Cuadrados =

¿Desea aceptar este paquete?

SI

NO  
30

Subir

OK

Bajar

Volver

**Figura D. 4 Diseño Finalizar Paquete.**

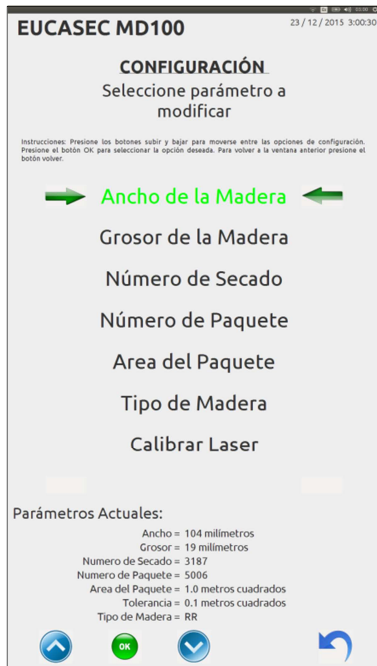


Figura D. 5 Configuración.

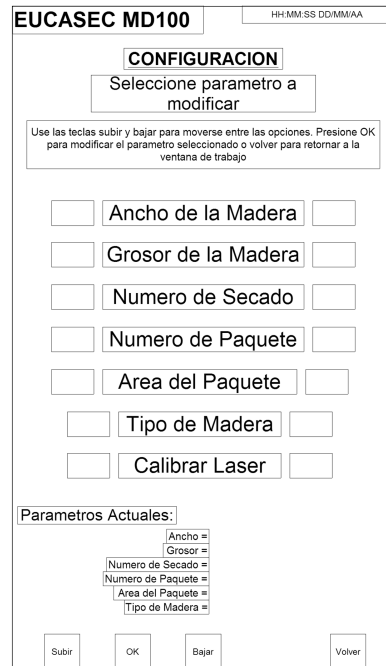


Figura D. 6 Diseño Configuración.



Figura D. 7 Calibrar Laser.

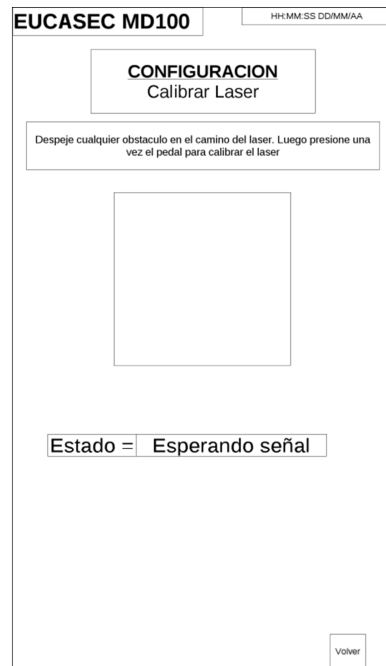


Figura D. 8 Diseño Calibrar Láser.

**EUCASEC MD100** 23 / 12 / 2015 3:00:55

**CONFIGURACIÓN**  
Ancho de la Madera

Instrucciones: Presione los botones para subir o bajar entre las opciones predeterminadas. Para aceptar una opción predeterminada presione el botón ok.  
Si desea ingresar otro ancho muevasse entre los dígitos en la parte inferior con los botones subir o bajar y presione ok en el dígito a modificar. Para cambiar su valor presione nuevamente los botones subir o bajar y presione ok. Una vez que esté listo el valor con las teclas subir o bajar ubíquese en la opción ACEPTAR y presione el botón ok. Para regresar presione el botón volver.

Ancho Actual de la Madera = 104 milímetros

→ 104 milímetros ←

90 milímetros  
83 milímetros  
63 milímetros  
58 milímetros  
35 milímetros  
19 milímetros  
15 milímetros

Nuevo Valor:

0 0 0 0 milímetros

ACEPTAR

Subir OK Bajar Volver

Figura D. 9 Ancho de la Madera.

**EUCASEC MD100** HH:MM:SS DD/MM/AA

**CONFIGURACION**  
Ancho de la Madera

Use las teclas subir y bajar para moverse entre las opciones. Presione OK para modificar el ancho de la madera o volver para retornar a la ventana anterior

Ancho Actual de la Madera = 104 milímetros

104 milímetros  
90 milímetros  
83 milímetros  
63 milímetros  
58 milímetros  
35 milímetros  
19 milímetros  
15 milímetros

Nuevo Valor:

0 0 0 0 Milímetros

Subir OK Bajar Volver

Figura D. 10 Diseño Ancho de la Madera.

**EUCASEC MD100** 23 / 12 / 2015 3:02:04

**CONFIGURACIÓN**  
Grosor de la Madera

Instrucciones: Presione los botones para subir o bajar entre las opciones predeterminadas. Para aceptar una opción predeterminada presione el botón ok.  
Si desea ingresar otro grosor muevasse entre los dígitos en la parte inferior con los botones subir o bajar y presione ok en el dígito a modificar. Para cambiar su valor presione nuevamente los botones subir o bajar y presione ok. Una vez que esté listo el valor con las teclas subir o bajar ubíquese en la opción ACEPTAR y presione el botón ok. Para regresar presione el botón volver.

Grosor Actual de la Madera = 19 milímetros

→ 20 milímetros ←

19 milímetros  
18 milímetros  
15 milímetros  
14 milímetros  
10 milímetros

Nuevo Valor:

0 0 0 0 milímetros

ACEPTAR

Subir OK Bajar Volver

Figura D. 11 Grosor de la Madera.

**EUCASEC MD100** HH:MM:SS DD/MM/AA

**CONFIGURACION**  
Grosor de la Madera

Use las teclas subir y bajar para moverse entre las opciones. Presione OK para modificar el grosor de la madera o volver para retornar a la ventana anterior

Grosor Actual de la Madera = 20 milímetros

20 milímetros  
19 milímetros  
18 milímetros  
15 milímetros  
14 milímetros  
10 milímetros

Nuevo Valor:

0 0 0 0 Milímetros

Subir OK Bajar Volver

Figura D. 12 Diseño Grosor de la Madera.

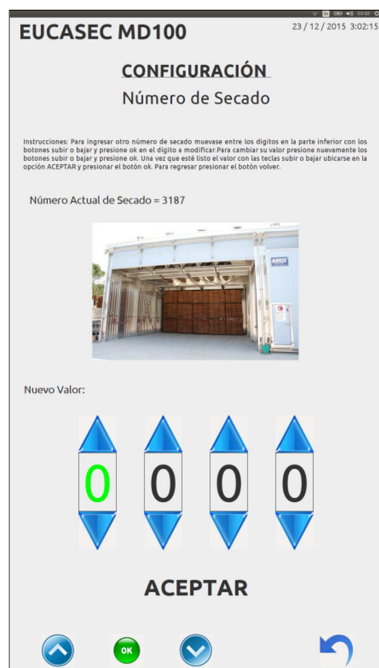


Figura D. 13 Número de Secado.

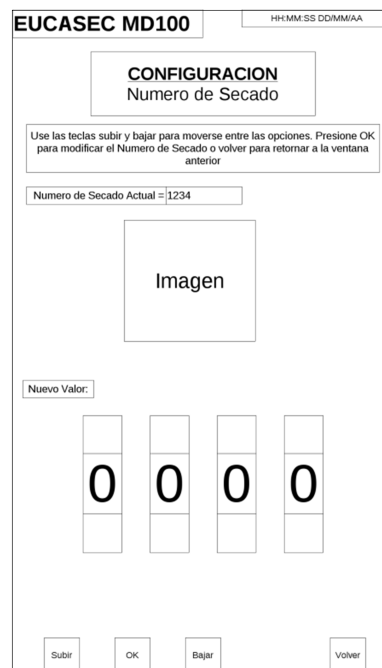


Figura D. 14 Diseño Número de Secado.

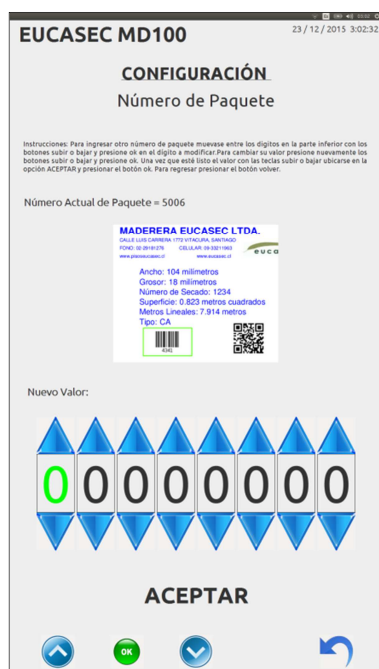


Figura D. 15 Número de Paquete.

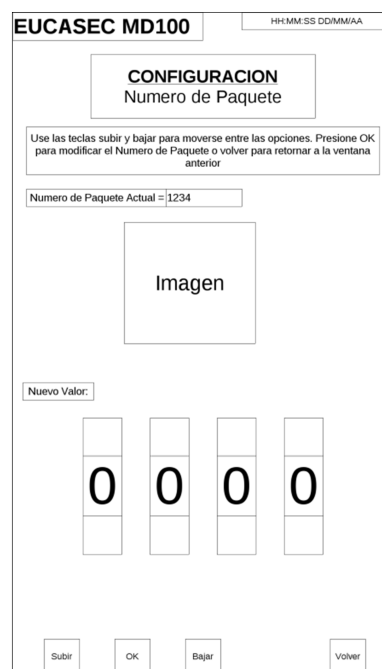


Figura D. 16 Diseño Número de Paquete.

**EUCASEC MD100** 23 / 12 / 2015 3:02:44

**CONFIGURACIÓN**  
Área del Paquete

Instrucciones: Use los botones subir o bajar para moverse entre las casillas para configurar el área y la tolerancia del paquete. Presione ok para habilitar la modificación de la casilla seleccionada. Use los botones subir o bajar para cambiar el valor de la casilla y presione nuevamente ok para volver a moverse entre las casillas. Una vez que se tenga el valor correcto del área y tolerancia del paquete use los botones subir o bajar hasta llegar a la opción ACEPTAR y presione ok. Para volver a la ventana anterior presione botón volver.

Área Actual del Paquete = 1.0 metros cuadrados  
Tolerancia Actual del Paquete = 0.1 metros cuadrados

Nuevo Valor de Área:

0 0 . 0 0 Mts<sup>2</sup>

Nuevo Valor de Tolerancia:

0 0 . 0 0 Mts<sup>2</sup>

**ACEPTAR**

⏮ OK ⏭ ↺

**Figura D. 17 Área del Paquete.**

**EUCASEC MD100** HH:MM:SS DD/MM/AA

**CONFIGURACION**  
Area del Paquete

Use las teclas subir y bajar para moverse entre las opciones. Presione OK para modificar el area del paquete o volver para retornar a la ventana anterior

Area Actual del Paquete = 1.5 mts2  
Tolerancia Actual del Paquete = 1.5 mts2

Nuevo Valor de Área:

0 0 . 0 0 mts2

Nuevo valor de Tolerancia:

0 0 . 0 0 mts2

Subir OK Bajar Volver

**Figura D. 18 Diseño Área del Paquete.**

## ANEXO E: Implementación código Excel.

```
package memoria;

import java.util.Calendar;
import java.io.File;
import java.io.FileOutputStream;
import java.util.ArrayList;
import org.apache.poi.hssf.usermodel.HSSFWorkbook;
import org.apache.poi.ss.usermodel.Cell;
import org.apache.poi.ss.usermodel.CellStyle;
import org.apache.poi.ss.usermodel.Font;
import org.apache.poi.ss.usermodel.IndexedColors;
import org.apache.poi.ss.usermodel.Row;
import org.apache.poi.ss.usermodel.Sheet;
import org.apache.poi.ss.usermodel.Workbook;

/**
 * Esta clase está diseñada para crear archivos excel
 * @author Tomas Rodenas Espinoza
 * @version 2015.1.0.0
 */
public class excelPOI {

    /**
     * Método para escribir el contenido de una celda
     * @param row fila donde se modificará celda
     * @param i posicion en la fila.
     * @param value texto a escribir.
     * @param style estilo de la celda.
     */
    public static void crearCelda(Row row, int i, String value, CellStyle style) {
        Cell cell = row.createCell(i);
        value = value+" ";
        cell.setCellValue(value);
        // si no hay estilo, no se aplica
        if (style != null)
            cell.setCellStyle(style);
    }

    /**
     * Método para crear archivo excel con los datos de um paquete
     * @param paq Paquete de interés para almacenar datos en archivo excel
     * @return 0 si no hubo problemas guardando archivo excel en memoria extraíble
     *         1 si es que no está conectada una memoria extraíble
     *        -1 si es que hubo problemas guardando archivo excel
     * @throws Exception Si ocurre algún error creando o guardando archivo excel
     */
    public static int crearExcel(Paquete paq) throws Exception {
        int pendrive = 0;
        try {
            Calendar fecha = Calendar.getInstance();
            int año = fecha.get(Calendar.YEAR);
            int mes = fecha.get(Calendar.MONTH);
        }
    }
}
```

```

int dia = fecha.get(Calendar.DAY_OF_MONTH);
mes = mes + 1;
File file = new File("/media/tomas");
String[] names = file.list();
String rutaPendrive;
String rutaPC;
File Datos = new File("/home/tomas/Escritorio/Datos/");
if (!Datos.exists()) {
    Datos.mkdirs();
}
rutaPendrive = "/media/tomas/" + names[0] + "/" + año + "/" + mes + "/" + dia;
rutaPC = "/home/tomas/Escritorio/Datos/" + año + "/" + mes + "/" + dia;
File storageUSB = new File("/media/tomas/" + names[0]);
if (!storageUSB.exists()) {
    pendrive = 1;
}
if(pendrive == 0){
    File folderPendrive = new File(rutaPendrive);
    if (!folderPendrive.exists()) {
        folderPendrive.mkdirs();
    }
    rutaPendrive = rutaPendrive + "/" + paq.getNumPaquete() + ".xls";
    File filePendrive = new File(rutaPendrive);
    int j = 1;
    while(filePendrive.exists()){
        rutaPendrive = "/media/tomas/" + names[0] + "/" + año + "/" + mes + "/" + dia +
            "/" + paq.getNumPaquete() + "(" + j + ")" + ".xls";
        j++;
        filePendrive = new File(rutaPendrive);
    }
}
File folderPC = new File(rutaPC);
if (!folderPC.exists()) {
    folderPC.mkdirs();
}
rutaPC = rutaPC + "/" + paq.getNumPaquete() + ".xls";
File filePC = new File(rutaPC);
int j = 1;
while(filePC.exists()){
    rutaPC = "/home/tomas/Escritorio/Datos/" + año + "/" + mes + "/" + dia + "/" +
        paq.getNumPaquete() + "(" + j + ")" + ".xls";
    j++;
    filePC = new File(rutaPC);
}
ArrayList<Float> maderas = paq.getMaderas();
Workbook wb = new HSSFWorkbook();
Sheet sheet = wb.createSheet("Detalle_Paquete");
Row row = sheet.createRow((short) 0);
CellStyle style = wb.createCellStyle();
style.setFillForegroundColor(IndexedColors.BLUE_GREY.getIndex());
style.setFillPattern(CellStyle.SOLID_FOREGROUND);
Font font = wb.createFont();
font.setFontName("Courier New");
font.setBoldweight(Font.BOLDWEIGHT_BOLD);
font.setColor(IndexedColors.WHITE.getIndex());
style.setFont(font);

```

```

        crearCelda(row, 0, "Ancho", style);
        crearCelda(row, 1, "Grosor", style);
        crearCelda(row, 2, "Tipo de Madera", style);
        crearCelda(row, 3, "Número de Secado", style);
        crearCelda(row, 4, "Número de Paquete", style);
        crearCelda(row, 5, "Área del Paquete", style);
        crearCelda(row, 6, "Metros Lineales", style);
        row = sheet.createRow((short) 1);
        crearCelda(row, 0, Integer.toString(paq.getAncho()), null);
        crearCelda(row, 1, Integer.toString(paq.getGrosor()), null);
        crearCelda(row, 2, paq.getTipo(), null);
        crearCelda(row, 3, Integer.toString(paq.getNumSecado()), null);
        crearCelda(row, 4, Integer.toString(paq.getNumPaquete()), null);
        crearCelda(row, 5, Float.toString(paq.getAreaTotal()), null);
        crearCelda(row, 6, Float.toString(paq.getLargoLineal()), null);
        row = sheet.createRow((short) 2);
        row = sheet.createRow((short) 3);
        row = sheet.createRow((short) 4);
        crearCelda(row, 0, "Detalle Maderas", style);
        for(int i = 5; i < (paq.getSizeMaderas() + 5); i++){
            row = sheet.createRow((short) i);
            crearCelda(row, 0, Float.toString(maderas.get(i-5)), null);
        }
        for (int i = 0; i < (paq.getSizeMaderas() + 5); i++) {
            sheet.autoSizeColumn((short) i);
        }
        FileOutputStream fileOut;
        if(pendrive == 0){
            fileOut = new FileOutputStream(rutaPendrive);
            wb.write(fileOut);
            fileOut.close();
        }
        fileOut = new FileOutputStream(rutaPC);
        wb.write(fileOut);
        fileOut.close();
        return pendrive;
    }
    catch (Exception e){
        e.printStackTrace();
        return -1;
    }
}
}

```