



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**"IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO CORTACÉSPED**  
**INTELIGENTE, APLICANDO TÉCNICAS DE VISIÓN**  
**ARTIFICIAL DIRECCIONADO A ESCENARIOS DEPORTIVOS"**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: PROYECTO TÉCNICO**  
**Para optar al Grado Académico de:**  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTORES: YANDRI GARY CASTILLO SOSA**  
**MARIO OMAR YANCHA SÁNCHEZ**  
**TUTOR: ING. EDWIN FERNANDO MEJÍA PEÑAFIEL MSC.**

Riobamba – Ecuador

2017

@2017, Yandri Gary Castillo Sosa y Mario Omar Yancha Sánchez.

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO CORTACÉSPED INTELIGENTE, APLICANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL DIRECCIONADO A ESCENARIOS DEPORTIVOS, de responsabilidad de los señores YANDRI GARY CASTILLO SOSA y MARIO OMAR YANCHA SÁNCHEZ, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Ing. Washington Gilberto Luna E.

**DECANO FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

\_\_\_\_\_

Ing. Freddy Chávez V.

**DIRECTOR ESCUELA  
DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

\_\_\_\_\_

Ing. Edwin Fernando Mejía P.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

Ing. Wilson Zúñiga V.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

Nosotros, YANDRI GARY CASTILLO SOSA y MARIO OMAR YANCHA SANCHEZ, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

-----  
Yandri Gary Castillo Sosa  
080308551-3

-----  
Mario Omar Yanca Sánchez  
180383464-5

## **DEDICATORIA**

Este título se lo dedico primeramente a Dios por bendecirme con estas dos hermosuras que tengo como hijos Dylan Damián y Melanie Luanna, porque ellos se merecen esto y mucho más de mí, también a mi madre y a mi padre por el incondicional apoyo pudiendo cumplir con esta meta establecida desde un principio que ingresé a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Yandri G. Castillo S.

Al creador de todas las cosas, a ti mi Dios que me has dado la salud, la fortaleza y la sabiduría para poder culminar mis estudios. A mis padres y hermanas que siempre han sido mi apoyo y el motivo de seguir adelante.

Mario O. Yancha S.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente quiero agradecerle a mi familia especialmente a mi madre, Isabel Verónica Sosa Mariscal y a mi padre, Gary Francisco Castillo Ortiz que fueron la base fundamental para estudiar Ingeniería Electrónica, brindándome todo su apoyo y sacrificándose día a día para proporcionar lo que me faltaba o lo que exigía la carrera en sus distintas áreas de enseñanza, también a mis hermanas Isabel, Kiabeth y Yuribeth porque desde la primera vez que vine a estudiar aquí todos los días pensaba en ellas y tenía fuerzas para estar aquí y no desmoronarme en esta ciudad.

A mi esposa, Aida Alvarado y mis dos hijos Dylan Damián y Melanie Luanna Castillo Alvarado, son lo más fundamental en mi vida aparte de mi madre, gracias a mis amigos, compañeros, profesores y a mi tutor de trabajo de titulación por sus consejos, sus palabras de motivación ya que sin estas cosas fundamentales no hubiese luchado muy fuerte para obtener este título.

Yandri G. Castillo S.

A Santa Marianita de Jesús por cuidarme y protegerme en todo el transcurso de mis estudios, gracias por levantarme y no dejarme caer en momentos difíciles de mi vida.

Infinitas gracias a mis padres Mario Salomón y Cecilia Genoveva son lo más importante que tengo en mi vida gracias a ustedes y a mis hermanas por siempre confiar en mí, nunca los defraude me satisface cumplir la promesa que os dije al empezar mi carrera, con todo mi corazón deseo que este éxito personal sea tomado como un éxito familiar.

Mario O. Yanca S

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xix
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xx
ÍNDICE DE ABREVIATURA .....	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xxii
RESUMEN .....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Robots.....</b>	<b>6</b>
<i>1.1.1 Definición .....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2 Arquitectura de un robot .....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3 Componentes de un robot.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.4 Robot Cortacésped .....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.4.1 Cortadoras manuales .....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.4.2 Cortadoras Automáticas.....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.4.2.1 Modelos cortacésped Automáticas .....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.4.3 Cortadoras de césped ejecutando diseño.....</i>	<i>10</i>
<i>1.1.4.3.1 Líneas paralelas .....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.4.3.2 Cuadrículado.....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.4.3.3 Líneas diagonales.....</i>	<i>11</i>
<b>1.2 Diseño e Implementación .....</b>	<b>12</b>
<i>1.2.1 Definición de Diseño .....</i>	<i>12</i>
<i>1.2.2 Definición de Implementación .....</i>	<i>12</i>
<b>1.3 Sistemas.....</b>	<b>12</b>

<b>1.3.1</b>	<b>Subsistemas</b> .....	13
<b>1.4</b>	<b>Sistema de Control</b> .....	14
<b>1.4.1</b>	<b>Sistema de control en lazo abierto</b> .....	14
<b>1.4.2</b>	<b>Sistema de control en lazo cerrado</b> .....	14
1.4.2.1	Subsistema de Control (Controladores) .....	15
1.4.2.2	Subsistema de Potencia .....	15
1.4.2.2.1	Puente H .....	15
1.4.2.2.2	Baterías .....	15
1.4.2.3	Subsistema Mecánico (Actuadores) .....	16
1.4.2.3.1	Motores .....	16
1.4.2.3.2	Servomotores .....	16
1.4.2.4	Sensores .....	17
<b>1.5</b>	<b>Sistema Mecánico</b> .....	18
<b>1.5.1</b>	<b>Componentes Mecánicos – Estructural</b> .....	18
1.5.1.1	Acero .....	18
1.5.1.2	Tipos de Acero .....	19
<b>1.5.2</b>	<b>Subsistema Locomoción o movimiento</b> .....	19
1.5.2.1	Tipos de locomoción .....	19
1.5.2.2	Sistema Locomoción .....	20
<b>1.6</b>	<b>Sistema de Comunicación (hombre - máquina)</b> .....	20
<b>1.6.1</b>	<b>Interfaz hombre máquina (HMI)</b> .....	20
<b>1.7</b>	<b>Visión artificial</b> .....	21
<b>1.7.1</b>	<b>Definición</b> .....	21
<b>1.7.2</b>	<b>Técnicas de localización</b> .....	21
1.7.2.1	Técnicas Sistema cooperativo .....	21
1.7.2.2	Técnicas sistema posicionamiento global Visual .....	22
1.7.2.3	Técnicas sistema marcas artificiales .....	22
<b>1.7.3</b>	<b>Algoritmos detección de imágenes</b> .....	23
1.7.3.1	Algoritmo de Canny .....	23



1.7.3.2	<i>Algoritmo SIFT (Transformación de característica invariante de escala)</i> .....	23
1.7.3.3	<i>Algoritmo E-M (Estimación –Maximización)</i> .....	24
1.7.3.4	<i>Algoritmo de Tracking</i> .....	24
<b>1.7.4</b>	<b><i>Clasificación</i></b> .....	<b>25</b>
1.7.4.1	<i>Software</i> .....	25
1.7.4.1.1	<i>PixyMon</i> .....	26
1.7.4.1.2	<i>CMUcam (Open Source Programmable Embedded Color Vision Sensors)</i> .....	26
1.7.4.2	<i>Librerías</i> .....	27
1.7.4.2.1	<i>OpenCV (Open Source Computer Visión Library)</i> .....	27
1.7.4.2.2	<i>Mavis</i> .....	27
<b>1.7.5</b>	<b><i>Sistema</i></b> .....	<b>27</b>
1.7.5.1	<i>Iluminación</i> .....	28
1.7.5.1.1	<i>Tipos de iluminación</i> .....	28
1.7.5.2	<i>Cámaras</i> .....	28
1.7.5.3	<i>CPU o computador</i> .....	28
<b>1.7.6</b>	<b><i>Aplicaciones</i></b> .....	<b>29</b>
<b>CAPITULO II</b>		
<b>2</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>30</b>
<b>2.1</b>	<b>Diseño del robot cortacésped</b> .....	<b>31</b>
2.1.1	<i>Diseño del sistema estructura</i> .....	32
2.1.2	<i>Diseño del sistema de tracción</i> .....	33
2.1.3	<i>Diseño del sistema de corte</i> .....	35
2.1.4	<i>Diseño del sistema de modelaje</i> .....	37
2.1.5	<i>Ensamble final del chasis</i> .....	38
<b>2.2</b>	<b>Selección de componentes</b> .....	<b>39</b>
2.2.1	<i>Selección del microcontrolador</i> .....	40
2.2.1.1	<i>Presentación de alternativas</i> .....	40
2.2.1.2	<i>Selección por el método de criterios ponderados</i> .....	41
2.2.1.3	<i>Peso específico de todos los criterios</i> .....	42

2.2.1.4	<i>Peso específico para cada una de las alternativas</i> .....	42
2.2.1.5	<i>Análisis de resultados</i> .....	43
<b>2.2.2</b>	<b><i>Selección del motor de tracción</i></b> .....	<b>43</b>
2.2.2.1	<i>Presentación de alternativas</i> .....	43
2.2.2.2	<i>Selección por el método de criterios ponderados</i> .....	45
2.2.2.3	<i>Peso específico de todos los criterios</i> .....	46
2.2.2.4	<i>Peso específico para cada una de las alternativas</i> .....	46
2.2.2.5	<i>Análisis de resultados</i> .....	48
<b>2.2.3</b>	<b><i>Selección del motor de corte</i></b> .....	<b>48</b>
2.2.3.1	<i>Presentación de alternativas</i> .....	48
2.2.3.2	<i>Selección por el método de criterios ponderados</i> .....	50
2.2.3.3	<i>Peso específico de todos los criterios</i> .....	50
2.2.3.4	<i>Peso específico para cada una de las alternativas</i> .....	50
2.2.3.5	<i>Análisis de resultados</i> .....	52
<b>2.2.4</b>	<b><i>Selección del actuador lineal para el modelaje</i></b> .....	<b>52</b>
2.2.4.1	<i>Presentación de alternativas</i> .....	52
2.2.4.2	<i>Selección por el método de criterios ponderados</i> .....	53
2.2.4.3	<i>Peso específico de todos los criterios</i> .....	54
2.2.4.4	<i>Peso específico para cada una de las alternativas</i> .....	54
2.2.4.5	<i>Análisis de resultados</i> .....	55
<b>2.2.5</b>	<b><i>Selección del dispositivo para visión artificial</i></b> .....	<b>55</b>
2.2.5.1	<i>Presentación de alternativas</i> .....	55
2.2.5.2	<i>Selección por el método de criterios ponderados</i> .....	57
2.2.5.3	<i>Peso específico de todos los criterios</i> .....	58
2.2.5.4	<i>Peso específico para cada una de las alternativas</i> .....	58
2.2.5.5	<i>Análisis de resultados</i> .....	60
<b>2.2.6</b>	<b><i>Selección del HMI</i></b> .....	<b>60</b>
2.2.6.1	<i>Presentación de alternativas</i> .....	60
2.2.6.2	<i>Selección por el método de criterios ponderados</i> .....	61

2.2.6.3	<i>Peso específico de todos los criterios</i> .....	62
2.2.6.4	<i>Peso específico para cada una de las alternativas</i> .....	62
2.2.6.5	<i>Análisis de resultados</i> .....	63
<b>2.3</b>	<b>Implementación del sistema de tracción</b> .....	<b>63</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Parámetros de tracción</b> .....	<b>64</b>
2.3.1.1	<i>Potencia</i> .....	64
2.3.1.2	<i>Módulo o Velocidad</i> .....	64
2.3.1.3	<i>Fuerza</i> .....	65
<b>2.3.2</b>	<b>Llantas o Ruedas</b> .....	<b>65</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Acoplamiento llanta a tornillo del motor de tracción</b> .....	<b>66</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Montaje del sistema de tracción al chasis</b> .....	<b>67</b>
<b>2.4</b>	<b>Implementación del sistema de corte</b> .....	<b>68</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Parámetros de corte</b> .....	<b>68</b>
2.4.1.1	<i>Fuente de energía</i> .....	68
2.4.1.1	<i>Ancho de Corte</i> .....	69
2.4.1.2	<i>Altura de Corte</i> .....	69
2.4.1.3	<i>Sistemas de propulsión</i> .....	70
<b>2.4.2</b>	<b>Acoplamiento cuchilla a motor</b> .....	<b>71</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Montaje del sistema de corte al chasis</b> .....	<b>72</b>
<b>2.5</b>	<b>Implementación del sistema de modelaje</b> .....	<b>72</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Parámetros de corte</b> .....	<b>72</b>
2.5.1.1	<i>Rodillo</i> .....	72
2.5.1.2	<i>Altura de corte</i> .....	72
2.5.1.3	<i>Hora del día</i> .....	73
<b>2.5.2</b>	<b>Mecanismo accionador de actuador lineal a rodillo</b> .....	<b>73</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Montaje del sistema de modelaje al chasis</b> .....	<b>74</b>
<b>2.6</b>	<b>Implementación del sistema de visión artificial</b> .....	<b>74</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Parámetros de visión</b> .....	<b>74</b>
2.6.1.1	<i>Localización</i> .....	74

2.6.1.2	<i>Reconocimiento.</i>	75
2.6.2	<i>Dispositivo de visión</i>	75
2.6.3	<i>Montaje del sistema de visión al chasis</i>	75
2.7	<b>Implementación del sistema electrónico</b>	76
2.7.1	<i>Parámetros para el sistema electrónicos</i>	77
2.7.1.1	<i>Dimensiones.</i>	77
2.7.1.2	<i>Protecciones.</i>	77
2.7.1.3	<i>Prueba de pistas.</i>	77
2.7.1.4	<i>Soldadura de componentes.</i>	77
2.7.2	<i>Tarjeta electrónica</i>	77
2.7.3	<i>Montaje del sistema electrónico al chasis</i>	78
2.8	<b>Control de sistemas del robot cortacésped</b>	79
2.8.1	<i>Diagrama final de control</i>	80
2.8.2	<i>Control principal</i>	80
2.8.2.1	<i>Control de locomoción</i>	81
2.8.2.2	<i>Control de sensores</i>	83
2.8.2.3	<i>Control de HMI</i>	83
2.8.2.3.1	<i>Software</i>	84
2.8.2.4	<i>Control de visión</i>	85
2.8.2.4.1	<i>Software</i>	86
2.9	<b>Ensamblaje final del robot cortacésped</b>	87
<b>CAPITULO III</b>		
3	<b>MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS</b>	90
3.1	<b>Funcionamiento del prototipo</b>	90
3.2	<b>Sistema de tracción</b>	91
3.2.1	<i>Tracción velocidad mínima</i>	91
3.2.2	<i>Tracción velocidad media</i>	93
3.2.3	<i>Tracción velocidad máxima</i>	94
3.3	<b>Sistema de corte césped</b>	95

<b>3.3.1</b>	<b><i>Prueba velocidad baja</i></b> .....	95
3.3.1.1	<i>Altura mínima (0.02 m)</i> .....	95
3.3.1.2	<i>Altura media (0.04 m)</i> .....	95
3.3.1.3	<i>Altura máxima (0.06 m)</i> .....	96
<b>3.3.2</b>	<b><i>Prueba velocidad máxima</i></b> .....	96
3.3.2.1	<i>Altura mínima (0.02 m)</i> .....	96
3.3.2.2	<i>Altura media (0.04 m)</i> .....	96
3.3.2.3	<i>Altura máxima (0.06 m)</i> .....	97
<b>3.4</b>	<b>Sistema de modelaje (diseño del césped)</b> .....	97
3.4.1	<i>Tracción y rodillo con velocidad mínima (0.32m/s)</i> .....	97
3.4.2	<i>Tracción y rodillo con velocidad media (0.34m/s)</i> .....	98
3.4.3	<i>Tracción y rodillo con velocidad alta (0.411 m/s)</i> .....	99
<b>3.5</b>	<b>Sistema Interfaz Hombre - Máquina</b> .....	100
3.5.1	<i>Tiempo de respuesta con bluetooth</i> .....	101
3.5.2	<i>Tiempo de respuesta con visión artificial</i> .....	102
<b>3.6</b>	<b>Sistema de Visión artificial</b> .....	102
3.6.1	<i>Prueba Adquisición de imagen diferentes distancias</i> .....	102
3.6.2	<i>Prueba con diferentes ambientes de trabajo</i> .....	103
<b>3.7</b>	<b>Prueba final todos los sistemas juntos.</b> .....	103
3.7.1	<i>Prueba tiempo de trabajo</i> .....	104
3.7.2	<i>Reacción de corte tiempo determinado</i> .....	105
<b>3.8</b>	<b>Comparación con máquinas similares semiautomática</b> .....	106
<b>CONCLUSIONES</b> .....		108
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		109
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1-1:</b>	Clasificación de un robot.....	6
<b>Tabla 2-1:</b>	Clasificación de sensores. ....	17
<b>Tabla 3-1:</b>	Transmisión de Potencia .....	19
<b>Tabla 4-1:</b>	Aplicación de la Visión Artificial .....	29
<b>Tabla 1-2:</b>	Presentación de alternativa A - selección del microcontrolador .....	40
<b>Tabla 2-2:</b>	Presentación de alternativa B - selección del microcontrolador .....	41
<b>Tabla 3-2:</b>	Peso específico de criterios de selección - microcontroladores .....	42
<b>Tabla 4-2:</b>	Ponderación para el criterio de la programación - microcontrolador .....	42
<b>Tabla 5-2:</b>	Ponderación para el criterio de E/S análogas y digitales- microcontrolador .....	42
<b>Tabla 6-2:</b>	Ponderación para el criterio del costo - microcontrolador.....	43
<b>Tabla 7-2:</b>	Resultado de la selección del microcontrolador .....	43
<b>Tabla 8-2:</b>	Presentación de alternativa A - selección motor de tracción .....	44
<b>Tabla 9-2:</b>	Presentación de alternativa B - selección motor de tracción .....	45
<b>Tabla 10-2:</b>	Pesos específico de criterios de selección - motores de tracción .....	46
<b>Tabla 11-2:</b>	Ponderación para el criterio del torque - motor de tracción.....	46
<b>Tabla 12-2:</b>	Ponderación para el criterio de tensión - motor de tracción .....	47
<b>Tabla 13-2:</b>	Ponderación para el criterio de costo- motor de tracción .....	47
<b>Tabla 14-2:</b>	Ponderación para el criterio del peso- motor de tracción .....	47
<b>Tabla 15-2:</b>	Ponderación para el criterio de consumo de energía - motor de tracción .....	47
<b>Tabla 16-2:</b>	Resultado de la selección de motor de tracción.....	48
<b>Tabla 17-2:</b>	Presentación de alternativa A - selección motor de corte .....	49
<b>Tabla 18-2:</b>	Presentación de alternativa B - selección motor de corte .....	49
<b>Tabla 19-2:</b>	Pesos específico de criterios de selección - motores de corte.....	50
<b>Tabla 20-2:</b>	Ponderación para el criterio de la potencia - motor de corte .....	50
<b>Tabla 21-2:</b>	Ponderación para el criterio alimentación - motor de corte.....	51
<b>Tabla 22-2:</b>	Ponderación para el criterio del costo - motor de corte .....	51
<b>Tabla 23-2:</b>	Ponderación para el criterio de peso - motor de corte .....	51
<b>Tabla 24-2:</b>	Resultado de la selección de motor de corte .....	51
<b>Tabla 25-2:</b>	Presentación de alternativa A – selección actuador lineal. ....	52
<b>Tabla 26-2:</b>	Presentación de alternativa B – selección actuador lineal. ....	53
<b>Tabla 27-2:</b>	Pesos específico de criterios de selección – actuador lineal. ....	54
<b>Tabla 28-2:</b>	Ponderación para el criterio tensión de operación – actuador lineal.....	54
<b>Tabla 29-2:</b>	Ponderación para el criterio costo – actuador lineal. ....	54
<b>Tabla 30-2:</b>	Ponderación para el criterio torque .....	55
<b>Tabla 31-2:</b>	Resultado de la selección del actuador lineal .....	55

<b>Tabla 32-2:</b>	Presentación de alternativa A – selección dispositivo visión artificial. ....	56
<b>Tabla 33-2:</b>	Presentación de alternativa B – selección dispositivo visión artificial. ....	57
<b>Tabla 34-2:</b>	Pesos específico de criterios de selección - motores de tracción .....	58
<b>Tabla 35-2:</b>	Ponderación para el criterio del torque – dispositivo visión artificial. ....	58
<b>Tabla 36-2:</b>	Ponderación para el criterio de compatibilidad con el microcontrolador .....	58
<b>Tabla 37-2:</b>	Ponderación para el criterio de software – dispositivo visión artificial. ....	59
<b>Tabla 38-2:</b>	Ponderación criterio del costo – dispositivo visión artificial. ....	59
<b>Tabla 39-2:</b>	Ponderación criterio de consumo de energía – dispositivo visión artificial. ....	59
<b>Tabla 40-2:</b>	Resultado de la selección del dispositivo de visión artificial. ....	59
<b>Tabla 41-2:</b>	Presentación de alternativa A - selección del HMI .....	60
<b>Tabla 42-2:</b>	Presentación de alternativa B - selección del HMI.....	61
<b>Tabla 43-2:</b>	Pesos específico de criterios de selección – HMI.....	62
<b>Tabla 44-2:</b>	Ponderación para el criterio de costo – HMI.....	62
<b>Tabla 45-2:</b>	Ponderación para el criterio de programación - HMI.....	62
<b>Tabla 46-2:</b>	Ponderación para el criterio alimentación - HMI. ....	63
<b>Tabla 47-2:</b>	Resultado de la selección del HMI.....	63
<b>Tabla 48-2:</b>	Características de la tarjeta electrónica. ....	78
<b>Tabla 1-3:</b>	Toma de datos velocidad mínima.....	91
<b>Tabla 2-3:</b>	Toma de datos velocidad media. ....	93
<b>Tabla 3-3:</b>	Toma de datos velocidad máxima. ....	94
<b>Tabla 4-3:</b>	Prueba de la cuchilla altura de 0.04 m.....	95
<b>Tabla 5-3:</b>	Prueba de la cuchilla altura de 0.06 m.....	96
<b>Tabla 6-3:</b>	Prueba de la cuchilla altura de 0.04 m.....	96
<b>Tabla 7-3:</b>	Prueba de la cuchilla altura de 0.06 m.....	97
<b>Tabla 8-3:</b>	Tiempo con rodillo en una distancia constante. ....	97
<b>Tabla 9-3:</b>	Tiempo con rodillo en una distancia constante. ....	98
<b>Tabla 10-3:</b>	Tiempo con rodillo en una distancia constante. ....	99
<b>Tabla 11-3:</b>	Manejo y agrado para el usuario, donde Malo = 1; Regular = 2; Bueno = 3. ....	100
<b>Tabla 12-3:</b>	Comprobando obtención de datos a una distancia máxima de un metro .....	102
<b>Tabla 13-3:</b>	Resultado distancia hasta un metro en distintos ambientes .....	103
<b>Tabla 14-3:</b>	Resultado del tiempo de ejecución en varias áreas de trabajo .....	104
<b>Tabla 15-3:</b>	Comparación Prototipo – Máquina cortadora de césped BRill .....	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Cortacésped de budding .....	8
<b>Figura 2-1:</b>	Cortadora Automata .....	9
<b>Figura 3-1:</b>	Cortadora de césped Bosch Indego.....	10
<b>Figura 4-1:</b>	Cortadora de Césped Spider Mini.....	10
<b>Figura 5-1:</b>	Diseño líneas paralelas .....	11
<b>Figura 6-1:</b>	Diseño líneas cuadrículas .....	11
<b>Figura 7-1:</b>	Diseño líneas diagonales .....	12
<b>Figura 8-1:</b>	Sistematización de un Sistema .....	13
<b>Figura 9-1:</b>	Sistema de control lazo abierto.....	14
<b>Figura 10-1:</b>	Sistema de control lazo cerrado.....	14
<b>Figura 11-1:</b>	Forza 12v 7 amp.....	16
<b>Figura 12-1:</b>	Acero.....	18
<b>Figura 13-1:</b>	Nextion HMI.....	20
<b>Figura 14-1:</b>	Visión artificial.....	21
<b>Figura 15-1:</b>	Formación triangulo y convoy.....	22
<b>Figura 16-1:</b>	Detección por marcas artificiales.....	22
<b>Figura 17-1:</b>	Detección de bordes .....	23
<b>Figura 18-1:</b>	Algoritmo SIFT .....	24
<b>Figura 19-1:</b>	Algoritmo de Tracking .....	25
<b>Figura 20-1:</b>	Detección objeto PixyMon.....	26
<b>Figura 21-1:</b>	Proceso del sistema de visión artificial.....	27
<b>Figura 1-2:</b>	Etapas de diseño e implementación de un robot cortacésped .....	30
<b>Figura 2-2:</b>	Diagrama de bloques general .....	31
<b>Figura 3-2:</b>	Estructura lateral del chasis .....	32
<b>Figura 4-2:</b>	Conector transversal del chasis.....	32
<b>Figura 5-2:</b>	Forma de enlazar .....	33
<b>Figura 6-2:</b>	Montaje de la estructura. ....	33
<b>Figura 7- 2:</b>	Diagrama de bloques subsistema tracción. ....	34
<b>Figura 8-2:</b>	Soporte de tracción.....	34
<b>Figura 9-2:</b>	Montaje de soportes al chasis .....	35
<b>Figura 10- 2:</b>	Diagrama de bloques subsistema corte.....	35
<b>Figura 11- 2:</b>	Cuchilla y su eje .....	36
<b>Figura 12- 2:</b>	Cuchilla, protección y soporte .....	36
<b>Figura 13- 2:</b>	Montaje de cuchilla, protección y soporte al chasis.....	36
<b>Figura 14- 2:</b>	Diagrama de bloques subsistema modelaje. ....	37



<b>Figura 15- 2:</b>	Rodillo.....	37
<b>Figura 16- 2:</b>	Mecanismo accionador y soportes.....	38
<b>Figura 17- 2:</b>	Montaje de soportes y sistema del rodillo al chasis .....	38
<b>Figura 18- 2:</b>	Ensamblaje final del chasis .....	39
<b>Figura 19- 2:</b>	Pintura, ensamblaje final del chasis.....	39
<b>Figura 20- 2:</b>	Microcontrolador PIC.....	40
<b>Figura 21- 2:</b>	Varios tipos de Arduino. ....	41
<b>Figura 22- 2:</b>	Motor paso a paso Nema 34 .....	44
<b>Figura 23- 2:</b>	Servomotor A&J con caja Drive-Electric .....	45
<b>Figura 24- 2:</b>	Motor Eléctrico Custom Brushless 4372.....	48
<b>Figura 25- 2:</b>	Motor Briggs & Stratton Serie 625E .....	49
<b>Figura 26- 2:</b>	Actuador Lineal DealMux DC24V.....	52
<b>Figura 27- 2:</b>	Actuador Lineal Heavy Duty 12Vdc .....	53
<b>Figura 28- 2:</b>	Raspberry Pi cámara.....	56
<b>Figura 29- 2:</b>	Cámara CMUcam5 Pixy .....	57
<b>Figura 30- 2:</b>	Winstar Display, LCD TFT/WF70HTIAGDNN0 .....	60
<b>Figura 31- 2:</b>	Pantalla Nextion NX8048T070; 7pulg .....	61
<b>Figura 32- 2:</b>	Rueda .....	66
<b>Figura 33- 2:</b>	Motor de tracción .....	66
<b>Figura 34- 2:</b>	Pieza de acoplamiento llanta-motor.....	66
<b>Figura 35- 2:</b>	Acoplamiento final de la llanta y el motor.....	67
<b>Figura 36- 2:</b>	Montaje del sistema de tracción al chasis .....	67
<b>Figura 37- 2:</b>	Motor de corte.....	71
<b>Figura 38- 2:</b>	Pieza de acoplamiento cuchilla-motor.....	71
<b>Figura 39- 2:</b>	Acoplamiento final de la llanta y el motor.....	71
<b>Figura 40- 2:</b>	Montaje del sistema de corte al chasis.....	72
<b>Figura 41- 2:</b>	Actuador Lineal.....	73
<b>Figura 42- 2:</b>	Acoplamiento final del actuador lineal y el rodillo.....	73
<b>Figura 43- 2:</b>	Montaje del sistema de modelaje al chasis .....	74
<b>Figura 44- 2:</b>	Cámara de adquisición de datos .....	75
<b>Figura 45- 2:</b>	Montaje del sistema de visión al chasis .....	76
<b>Figura 46- 2:</b>	Zoom del sistema de modelaje en chasis .....	76
<b>Figura 47- 2:</b>	Tarjeta electrónica .....	78
<b>Figura 48- 2:</b>	Montaje del sistema electrónico al chasis .....	79
<b>Figura 49- 2:</b>	Zoom del sistema electrónico al chasis.....	79
<b>Figura 50- 2:</b>	Diagrama final de control.....	80
<b>Figura 51- 2:</b>	Tarjeta principal de control .....	81

<b>Figura 52- 2:</b>	Sabertooth 2x60. ....	81
<b>Figura 53- 2:</b>	Control del sistema de locomoción.....	82
<b>Figura 54- 2:</b>	Acondicionamiento del sabertooth-código ID Arduino .....	82
<b>Figura 55- 2:</b>	Subrutina sensor humedad, temperatura-código ID Arduino.....	83
<b>Figura 56- 2:</b>	Acondicionamiento Nextion-código ID Arduino.....	84
<b>Figura 57- 2:</b>	Software Nextion Editor.....	84
<b>Figura 58- 2:</b>	Interfaz usuario-máquina principal.....	85
<b>Figura 59- 2:</b>	Interfaz usuario-máquina set up .....	85
<b>Figura 60- 2:</b>	Acondicionamiento PixyCam-código ID Arduino.....	86
<b>Figura 61- 2:</b>	Software PixyMon.....	86
<b>Figura 62- 2:</b>	Programación en PixyCam .....	87
<b>Figura 63- 2:</b>	Piezas sistema de corte .....	87
<b>Figura 64- 2:</b>	Ensamblaje piezas de corte.....	88
<b>Figura 65- 2:</b>	Cableado de sistemas.....	88
<b>Figura 66- 2:</b>	Montaje final del robot vista isométrica – SolidWorks.....	89
<b>Figura 67- 2:</b>	Montaje final del robot vista isométrica .....	89
<b>Figura 1-3:</b>	Funcionamiento del prototipo.....	90
<b>Figura 2-3:</b>	Cancha de futbol medidas oficiales. ....	104

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3 :</b> Tiempo por vuelta a una velocidad baja.....	92
<b>Gráfico 2-3 :</b> Tiempo por vuelta a una velocidad media.....	93
<b>Gráfico 3-3 :</b> Tiempo por vuelta a una velocidad máxima.....	94
<b>Gráfico 4-3 :</b> Tiempo sin y con rodillo .....	98
<b>Gráfico 5-3 :</b> Tiempo que se demora con el rodillo en dar una vuelta .....	99
<b>Gráfico 6-3 :</b> Tiempo que tarda con el rodillo a una velocidad máxima. ....	100
<b>Gráfico 7-3 :</b> Tiempo que tarda con el rodillo a una velocidad máxima. ....	101
<b>Gráfico 8-3 :</b> Tiempo de respuesta bluetooth .....	101
<b>Gráfico 9-3 :</b> Tiempo de respuesta visión.....	102

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 2-1:</b>	Fórmula de potencia.....	64
<b>Ecuación 2-2:</b>	Obtención de la velocidad.....	64
<b>Ecuación 2-3:</b>	Obtención de la fuerza entre potencia y velocidad.....	65
<b>Ecuación 1-3:</b>	Obtención de la media.....	92
<b>Ecuación 2-3:</b>	Velocidad entre distancia tiempo.....	92
<b>Ecuación 3-3:</b>	Área de un campo deportivo.....	105
<b>Ecuación 4-3:</b>	Relación entre área escalar y la real.....	106

## ÍNDICE DE ABREVIATURA

<b>V</b>	Voltaje (Voltios)
<b>I</b>	Corriente
<b>A</b>	Amperios
<b>P</b>	Potencia
<b>VDC</b>	Voltaje corriente Directa
<b>CC</b>	Corriente continua
<b>Kg</b>	Kilogramo.
<b>G</b>	Gramos
<b><math>\Omega</math></b>	Ohmio unidad de medida de la resistencia.
<b>mm</b>	Milímetros
<b>m</b>	Metros
<b>PULG</b>	Pulgadas
<b>SEG</b>	Segundo
<b>COMUNI</b>	Comunicación

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Diseño final del robot cortacésped - vista isométrica.
- Anexo B.** Diseño final del robot cortacésped - vista superior.
- Anexo C.** Diseño final del robot cortacésped - vista lateral izquierda.
- Anexo J.** Planos, actuadores robot cortacésped – SolidWorks2016
- Anexo D.** Implementación final del robot cortacésped - vista isométrica.
- Anexo E.** Implementación final del robot cortacésped - vista superior.
- Anexo F.** Implementación final del robot cortacésped - vista lateral izquierda.
- Anexo K.** Código Robot – Sección Visión – Algoritmo Colour Tracking - Arduino IDE1.8.5
- Anexo L.** Nextion editor – Pantalla NX8048T070
- Anexo M.** Sabertooth 2x60 - Guía de inicio rápido
- Anexo N.** Pixy CMUcam5 - PixyMon

## **RESUMEN**

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo principal implementar un prototipo cortacésped inteligente, aplicando técnicas de visión artificial, direccionado a escenarios deportivos. Este trabajo de titulación se realizó en tres etapas diferentes, la primera etapa empleó el software SolidWorks para la construcción de piezas y ensamblaje del prototipo, la segunda etapa consistió en controlar el prototipo por medio de un mando a distancia, la comunicación se realizó por medio de una aplicación móvil y un módulo bluetooth para un controlador ATmega 2560 de Arduino, se utilizó una interfaz hombre máquina (HMI) que permite al usuario interactuar con el prototipo, permitiendo realizar el monitoreo visual de las variables obtenidas por sensores y una cámara de adquisición de datos, es decir solo acciona el sistema de corte cuando estas variables asimilen una superficie con césped. Finalmente, la tercera etapa consistió en transformar el prototipo cortacésped en autónomo mediante técnicas de visión artificial por lo que se usó un sensor para la adquisición y procesamiento de imágenes llamado PixyCMcam5, esta etapa fue mucho más difícil de diseñar y controlar debido a la variedad de hardware, software y tecnologías nuevas que se debió integrar para desarrollar este prototipo. Se concluye que el prototipo es accesible para el mercado local, su motor eléctrico es amigable para el medio ambiente, la altura de la cuchilla es variable mediante un mecanismo de elevación por lo que posibilita su acción de corte en varios terrenos, el punto culminante es la adición del sistema de modelaje al prototipo porque aún no existe ningún dispositivo en el mercado que utilice técnicas de visión para cortar y modelar al mismo tiempo. Seguridad, confiabilidad, rentabilidad, facilidad de uso, efectividad, eficiencia y durabilidad son característica que nos brindara este prototipo. Se recomienda realizar mantenimiento mensual en el sistema electrónico del prototipo.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TECNOLOGÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <INTELIGENCIA ARTIFICIAL>, <ARDUINO (SOFTWARE-HARDWARE)>, <ALGORITMO DETECTOR DE BORDES>, <INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI)>, <VISIÓN ARTIFICIAL>, <SISTEMA AUTÓNOMO>.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to implement an intelligent lawn mower prototype by applying artificial vision techniques to use it in sports scenarios. This research was developed in three different stages. For the first stage the Solid works software was used to build the parts and assemble the prototype. The second stage consisted of controlling the prototype through a remote control, the communication was managed by applying a mobile application and a Bluetooth model for a controller AT mega 2560 of Arduino; in addition, a human machine interface (HMI) was used so the user could interact with the prototype, in this way a visual monitoring could be made to the obtained variables through sensors and a data acquisition camera, which means that it only activates the cutting system when the variables assimilate a grass surface. Finally, the third stage consisted of the transformation of the lawn mower prototype in autonomous by using visual artificial techniques; for this purpose a sensor was used to obtain and process images, the sensor is called PixyCMcam5. This last stage was more difficult to design and control due to the hardware variety, the software, and the new techniques which needed to be integrated so that this prototype could be developed. It is concluded that the prototype is accessible to the local market, its electric motor is friendly with the environment, and the height of the blade is variable since it works with a lifting mechanism which enables its cutting action in various fields. The crucial point is the addition of the modeling system to the prototype since there is not any device in the market with the needed characteristics, this means a device which uses vision techniques to cut and shape the grass at the same time. This prototype is safe, reliable, cost-effective, ease to use, effective, efficient, and durable. It is recommended to perform the prototype electric system maintenance monthly.

**KEY WORDS:** TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES, AUTOMATIC CONTROL TECHNOLOGY, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, ARDUINO (SOFTWARE-HARDWARE), EDGE DETECTOR ALGORITHM, HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI), ARTIFICIAL VISION, AUTONOMOUS SYSTEM.



## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, empresas potencias en la robótica como Japón, China y Estados Unidos canalizan todos sus esfuerzos e invierten parte de sus capitales para desarrollar tecnologías basadas en técnicas de visión artificial con el fin de satisfacer tareas específicas que surgen en ámbitos industrial, medicinales e incluso domésticos y que no se las realiza por personas comunes por el hecho de tener un grado de peligrosidad o necesidad de esfuerzos extrahumanos en tareas de difícil desenvolvimiento, recurrentes o aburridas.

A nivel mundial la visión artificial es conocida como una disciplina que involucra otras ciencias e incluye estudios de física, matemáticas y de algunas ingenierías como la electrónica. La visión artificial busca un continuo desarrollo de nuevos algoritmos, funciones y aplicaciones, que hacen de esta disciplina y del procesamiento digital de imágenes una tecnología perenne y en constante evolución.

El corte de césped es una de esas tareas que requiere máquinas con mecanismos de gran peso o en su defecto vehículos voluminosos, que no solo pueden ser difíciles de operar, sino que pueden ser peligrosas tanto para el operario, como las personas que estén en los alrededores, ya que estas podadoras, al pasar por objetos sólidos, las arrojan con gran fuerza haciendo del objeto un proyectil mortal, además de que algunos cuentan con mecanismos de corte sin ninguna protección.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo la implementación de un prototipo cortacésped inteligente mejorará la calidad y reducirá los tiempos en el proceso del corte de césped?

## **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

- ❖ ¿Cómo influirán los algoritmos de visión artificial en la localización y navegación del prototipo cortacésped en un escenario deportivo?
- ❖ ¿Cuál serían los inconvenientes de nuestro prototipo para no realizar un corte ordenado y equilibrado?
- ❖ ¿Para qué servirá el trabajo en conjunto de sensores, algoritmos de visión y elementos electrónicos como los microcontroladores en el prototipo?
- ❖ ¿Se podrá verificar el proceso del corte en un escenario deportivo y su influencia hacia los operarios para examinar su funcionalidad?

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

- ❖ Implementar un prototipo cortacésped inteligente, aplicando técnicas de visión artificial, direccionado a escenarios deportivos.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ❖ Investigar los diferentes algoritmos de visión artificial para controlar la localización y navegación del prototipo cortacésped.
- ❖ Construir un sistema de suspensión motriz para el desplazamiento y la estabilidad del prototipo y del sistema de corte.
- ❖ Diseñar un sistema electrónico que contenga todos los componentes necesarios para adquirir información del área de trabajo.
- ❖ Montar una interfaz que permita la interacción y elección del diseño que desea aplicar el usuario en el campo deportivo.
- ❖ Evaluar el prototipo mediante pruebas experimentales en el estadio principal de la ESPOCH.

## ANTECEDENTES

Cada vez más consumidores comprarán los robots de última generación para cortar césped, aspirar suelos y realizar otras tareas en el hogar ya que los últimos avances tecnológicos en el campo de la robótica permiten que estos robots domésticos sean más eficaces, menos aparatosos y ruidosos. En Latinoamérica se imparte algunos cursos relacionados con esta temática, por lo general en cursos como ingeniería en computación y desarrollo de software.

En muchas de ellas se intenta ver de manera superficial algunos de los principales algoritmos para gobernar sistemas de visión artificial. Como Norte América ha crecido de manera muy rápida a diferencia de sur América se logra evidenciar numerosos trabajos relacionados al tema de titulación, planteado por Ivonne Muñoz, México D.F. 2010 denominada: “Automatización de un prototipo de una podadora eléctrica con una Red Neuronal de Hopfield”, del INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, para obtener el título de ingeniero en control y automatización donde podemos constatar el análisis de este prototipo para el desplazamiento del mismo que será guía para nuestro trabajo de titulación.

En nuestro país, gran porcentaje de la industria emplea mecanismos basados en la utilización de técnicas visuales para control de calidad, sistemas de navegación y para otras tareas específicas que se utilizan en la agricultura o en áreas domésticas. Las investigaciones realizadas en las principales ciudades (Quito, Cuenca y Guayaquil) han permitido establecer un panorama de la situación de la robótica y la visión en el Ecuador. A continuación, se presenta un resumen de los alcances más relevantes desarrollados en las universidades ecuatorianas que han incursionado en el área de visión artificial y la robótica: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA sede CUENCA (UPS). Uno de los primeros proyectos fue el Robot Cartesiano Didáctico, desarrollado por la carrera de Ingeniería Electrónica para ser usado en aplicaciones de automatización industrial, basado en el uso de visión artificial (Morales Carreon , 2010).

En el área de mecánica, se han desarrollado sistemas neumáticos e hidráulicos orientados a procesos de automatización y proyectos de tesis en mecatrónica, diseñándose y construyéndose un primer proyecto piloto que actualmente se encuentra funcionando en los laboratorios de la Universidad. En el área de robots caminantes se han tenido algunos avances, como el robot hexápodo basado en el uso de alambres musculares desarrollado en el 2002. Se han diseñado también como proyectos de grado, robots móviles, tal como el robot móvil diferencial basado en algoritmos de reconocimiento de color (Almeida Hernández & Ochoa Urgiles, 2013).

De igual manera existen, trabajos realizados en la provincia de Chimborazo cantón Riobamba que aportan temas como: “Locomoción De Un Robot Cuadrúpedo Basada En Redes Neuronales Artificiales” por Cristian Rodrigo Machuca Mendoza y Luis Fernando López Ayala ESCUELA POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO (ESPOCH), previo a la obtención del título de ingeniero en electrónica, control y redes industriales (2015). Los resultados de esta investigación permitieron comprobar que el funcionamiento de su locomoción basada en redes neuronales artificiales no muestra una variación significativa de inclinaciones comparadas con la media ideal, por lo cual mantiene la estabilidad a pesar de irregularidades y obstáculos presentes en el terreno sobre el cual se desplaza. “Diseño E Implementación De Un Prototipo De Asistente De Hogar, Caso Practico Aspiradora Autónoma” por Edison Javier Samaniego Paucar (2009). ESCUELA POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO (ESPOCH), previo a la obtención del título de Ingeniero En Electrónica y Computación, donde se evidenció el control total de los movimientos básicos del prototipo del robot, por lo que tomamos parte de esta tesis como referencia para nuestro sistema motriz.

En definitiva, ninguno de los trabajos abarca por completo el tema que se presenta como proyecto de titulación, ya que éste busca mejorar la calidad del corte de césped, seleccionar su respectivo diseño, reducir tiempos de ejecución y proporcionar entera comodidad a los usuarios.

## **JUSTIFICACIÓN**

La implementación de un prototipo corta césped inteligente, aplicando técnicas de visión artificial, se sustenta en el desarrollo de la tecnología que está en una constante evolución siendo la visión artificial un componente fundamental al momento de desarrollar un trabajo específico, siendo en la industria o en un campo al aire libre, utilizando diferentes herramientas que proporcionan los software de control como PixyMon, Labview o Matlab, las mismas que permiten resolver el problema establecido.

Con la ejecución de este trabajo de titulación se pretende facilitar el corte del césped en campos de fútbol, estadios, áreas verdes cuadradas que posean una superficie plana, utilizando visión artificial y algoritmos del mismo, también se implementará un control odométrico visual para posicionar y orientar nuestro prototipo, sin desatender su causa principal que es un corte parejo y uniforme mediante una combinación de mecanismos a la cual se le van añadir una compensación a las cuchillas y un sistema de tracción, similares al robot “National Aeronautics and Space Administration” (NASA) que es utilizado en la exploración de la superficie del planeta Marte.

## **ALCANCE Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En el presente trabajo de titulación se pretende implementar un prototipo para el corte de césped que permita poner de manera automática el equipo y reducir el recurso humano durante el funcionamiento del dispositivo.

Este sistema tiene parámetros establecidos por el usuario, el diseño que se realiza en el escenario deportivo. Si el césped crece a una altura moderada el usuario tiene toda la posibilidad de colocar la medida de forma manual y un respectivo diseño de forma táctil por medio de la INTOUCH.

Para el direccionado del prototipo se dispone de un algoritmo de visión artificial que facilita el traslado que tiene el robot por todo el campo de juego, este tipo de algoritmo de segmentación que es la detección de bordes y regiones, permite separar los diferentes objetos de la escena, el mismo que trabaja en base a la información recibida por la cámara y permitiendo que no se salga del objetivo a realizar el prototipo.

Un sistema de comunicación usuario máquina para tener una mejor interacción y poder monitorear constantemente la variable distancia, con el fin de prevenir distintas tragedias, las etapas de corte que realiza de acuerdo a la circunstancia que se encuentre, dicha interfaz se encarga de dar a conocer constantemente las variables. Razones por la cual el presente proyecto genera una solución rápida y eficiente utilizando tecnología como visión artificial pudiendo proporcionar al operador un entorno seguro de trabajo.

# CAPITULO I

## 1 MARCO TEÓRICO

### 1.1 Robots

#### 1.1.1 Definición



Es un mecanismo electrónico programable o agente artificial que realiza diversas funciones, utilizado para desplazar materiales o partes mecánicas donde su principal objetivo es realizar dicho objetivo.





Los robots son muy utilizados en diferentes ámbitos ya sean espaciales, industriales o en el área de aprendizaje, pero también han tratado de representar que los robots pueden ser malos o máquinas dañinas y amenazadoras como se los han vistos en algunas películas, pero también se los han visto como ayudantes del hombre.

#### 1.1.2 Arquitectura de un robot

En base a su arquitectura los robots se pueden dividir.

**Tabla 1-1:** Clasificación de un robot

TIPOS	DEFINICION	IMÁGENES
<b>Poliarticulados</b>	Tienen un número limitado de articulaciones	
<b>Móviles</b>	Pueden moverse y constan de ruedas para trasladarse.	

<b>Androides</b>	Intentan imitar el movimiento del ser humano, teniendo estabilización y movimiento en su estructura.	
<b>Zoomórficos</b>	Estos tipos de robots imitan los movimientos de los seres vivos, como arañas y otros.	
<b>Híbridos</b>	Es una mezcla de todos los tipos de robots anteriores.	
<b>Industriales</b>	Ayudan a realizar operaciones de forma automática los procesos de fabricación	

Realizado por: Yanca. O y Castillo. Y. 2017

### 1.1.3 Componentes de un robot

Las diferentes partes que componen a un robot tenemos.

- ❖ Estructura mecánica.
- ❖ Actuadores.
- ❖ Sensores.
- ❖ Procesadores (sistema de control).

La robótica ha tenido un impacto muy fuerte en el mundo y hace uso de diferentes recursos de otras ciencias como la mecánica, cinemática, dinámica, matemática, electrónica, inteligencia y visión artificial.

Como vemos la robótica ha tenido un impacto profundo en la educación, porque algunos estudiantes tienen interés de aprender de la tecnología que está revolucionando y cambiando el mundo a nivel industrial.

#### **1.1.4 Robot Cortacésped**

Como sabemos tenemos cortadoras de césped manual y automático.

##### **1.1.4.1 Cortadoras manuales**

Las cortadoras de césped son máquinas que las utilizamos mucho hoy en día, de forma comercial o personal siendo esta la necesidad de cada persona, son utilizadas en terrenos regulares e irregulares. Las más utilizadas son las manuales con una regulación de nivel de corte y el motor funcionando con combustión para la cuchilla, con la ventaja que se adapta a todo tipo de césped.

El cortacésped de Budding compuesto principalmente para podar el césped de los campos deportivos y los jardines extensos como alternativa superior a la guadaña (Ruiz Gamboa , 2015).



**Figura 1-1:** Cortacésped de budding

**Fuente:** <http://www.plumita.com/wp-content/uploads/2014/03/428-red.jpg>

Una cortadora con mejoras en el rotor y las paletas de corte con la colocación de un cambio en la rueda, rotor y las paletas, para mejorar su rendimiento, una de las máquinas inglesas más conocida fue la Ransomes Autómata disponible en varios modelos (Ruiz Gamboa , 2015).





**Figura 2-1:** Cortadora Automata

Fuente: <https://www.oldlawnmowerclub.co.uk/sites/default/files/images/rsjpca01.jpg>

#### *1.1.4.2 Cortadoras Automáticas*

Las cortadoras de césped automática hacen fácil la forma de cortar el terreno, cuando presenta objetos en el terreno tales como piedras, la maquina las desprende por el movimiento que realiza la cuchilla manteniendo al operario de sufrir ciertas circunstancias por estos objetos. Su teleoperación es por medio de un control en el del driver ayudando a manipular los motores o servomotores, proporcionando un respectivo funcionamiento en su orientación (Yanchapaxi Canchig, 2008).

##### *1.1.4.2.1 Modelos cortacésped Automáticas*

Cortadora que se observa en la figura 4-1 realiza medición del jardín y proporciona un corte perfecto de forma rápida y limpia, es un modelo con movimiento inteligente permitiendo que realice el corte dentro de su área especificada en un patrón aleatorio y también pudiendo ser controlada por control remoto.



**Figura 3-1:** Cortadora de césped Bosch Indego

**Fuente:** [http://www.tysvirtual.com/3502-thickbox\\_default/robot-cortacesped-bosch-indego-1300.jpg](http://www.tysvirtual.com/3502-thickbox_default/robot-cortacesped-bosch-indego-1300.jpg)

Una cortadora de césped controlada con un mando a distancia, con un alcance de hasta 100 metros y posee un alternador evitando que se descargue la batería.



**Figura 4-1:** Cortadora de Césped Spider Mini

**Fuente:** <http://www.cortacespedspider.com/wp-content/uploads/2016/02/detail-model.jpg>

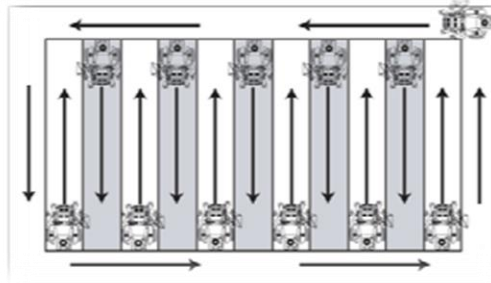
#### *1.1.4.3 Cortadoras de césped ejecutando diseño*

Hoy en día hay máquinas cortacésped que realizan distintos diseños en el terreno o campo deportivo, estas máquinas utilizan un rodillo en la parte trasera donde al momento de podar el césped este aplasta a la hoja dando diferentes perspectivas por medio de la luz solar, causando diferentes brillos.

Los diseños de corte no solo hacen que el césped tenga una apariencia más particular sino también previenen problemas como la compactación al cortar en diferentes direcciones. Es importante no cortar el césped siempre en la misma dirección, hay que tratar de cambiar los diseños y los lugares de partida del corte para minimizar problemas. Podemos realizar distintos diseños tales como:

#### 1.1.4.3.1 Líneas paralelas

Para la ejecución de este diseño se comienza cortando el perímetro del jardín, Luego corte en direcciones opuestas (este-oeste, norte-sur, arriba-abajo como Ud. lo estime conveniente), observe en la figura 6-1.

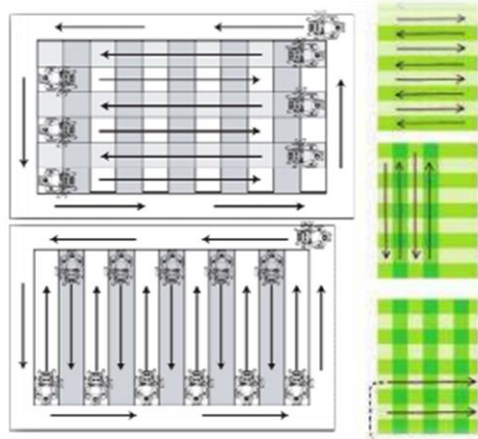


**Figura 5-1:** Diseño líneas paralelas

Fuente: <http://www.newgrass.cl/pdf/DisenodeCorte.pdf>

#### 1.1.4.3.2 Cuadrulado

Básicamente son dos diseños de líneas superpuestas, donde se realiza el corte en el perímetro del área a diseñar, elija una dirección, por ejemplo, Este-Oeste como indica la figura, Luego pasar en la dirección perpendicular, Norte- Sur.

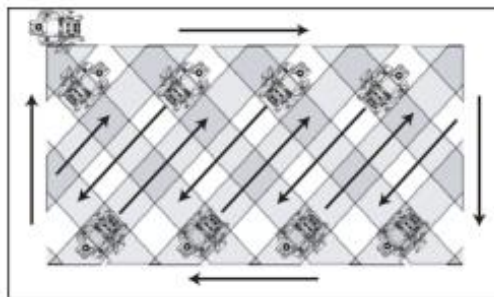


**Figura 6-1:** Diseño líneas cuadruladas

Fuente: <http://www.newgrass.cl/pdf/DisenodeCorte.pdf>

#### 1.1.4.3.3 Líneas diagonales

Básicamente es lo mismo que en el diseño de cuadros, lo único diferente es que se debe comenzar de manera diagonal.



**Figura 7-1:** Diseño líneas diagonales

Fuente: <http://www.newgrass.cl/pdf/DisenodeCorte.pdf>

## 1.2 Diseño e Implementación

El diseño y la implementación van enganches de la mano, puesto que el diseño es la primera etapa que se debe efectuar para desarrollar un sistema de ingeniería o en la generación de un producto y así simbolizar una forma que se va a construir consecutivamente. La segunda etapa es la implementación, posteriormente de que se haya ejecutado una respectiva investigación siendo está muy meticulosa deberá ser efectuada de forma mecánica o física.

### 1.2.1 Definición de Diseño

Diseño se puede entender a la casa de inventar o crear los distintos detalles y partes estructurales ya sean sistemas mecánicos o sistema eléctrico para conseguir un objetivo específico.

### 1.2.2 Definición de Implementación

La definición de un diseño es un concepto amplio ya que se puede aplicar en distintas disciplinas como el arte, la arquitectura, la ingeniería y otras más. El diseñar implica plantearse una solución y plasmarla en el mundo físico, este proceso se lo realiza mediante distintas fases como observar, investigar, analizar, ajustar y modelar, todas necesarias para que el producto final cumpla con su propósito y sea de agrado al público a quien va dirigido (Montalvo Solorio, 2013).

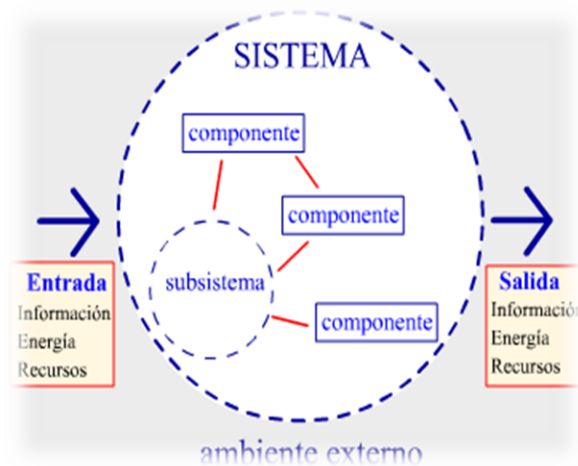
## 1.3 Sistemas

Podemos definir a un sistema como un arreglo, vinculado o composición de cosas acopladas de modo que componen un todo, también se puede decir que es una combinación de mecanismos que operan colectivamente, con un determinado objetivo a efectuar.

Entonces el término sistema no está direccionado solo a objetivos físicos, si no puede ser aplicado a fenómenos abstractos y dinámicos. Por tanto, cuando se hable de sistemas involucrará a fenómenos físicos, biológicos, económicos, sociológicos, etc (Perez, Perez Hidalgo, & Perez Berenguer, 2007).

La distribución de un sistema está relacionada por la planta y el proceso, a continuación, tenemos los distintos componentes de un sistema:

- ❖ Control.
- ❖ Sistema de control.
- ❖ Entrada de un sistema.
- ❖ Salida de un sistema.
- ❖ Entrada de un sistema de control.
- ❖ Salida de un sistema de control.
- ❖ Realimentación.



**Figura 8-1:** Sistematización de un Sistema

Fuente: <http://www.alegsa.com.ar/Diccionario/Imagenes/sistema.png>

### **1.3.1**      *Subsistemas*

Los subconjuntos de distintos elementos se lo denomina subsistemas, existen varios tipos de subsistemas, por ejemplo, sistemas mecánicos, biológicos, eléctricos, humanos, neumáticos.

Entonces podemos decir que el sistema que utiliza una podadora automática es gracias a un sistema electromecánico. Como resultado, se puede decir que está compuesto por subsistemas, ya que no solo es el mecánico y eléctrico, sino que cuenta con un sistema de control y automatización (Muñoz Lopez, 2010).

## 1.4 Sistema de Control

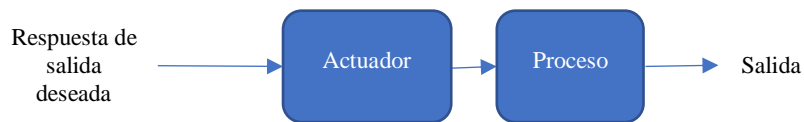
Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará una respuesta deseada. Un componente o proceso es la relación entre causa y efecto o entrada y salida (Dorf & Bishop, 2005, pág. 2).

Tenemos dos tipos de sistemas de control:

- ❖ Sistema de control en lazo abierto.
- ❖ Sistema de control en lazo cerrado.

### 1.4.1 Sistema de control en lazo abierto

Utiliza un regulador o actuador de control para controlar el proceso directamente sin emplear realimentación (Dorf & Bishop, 2005, pág. 2).

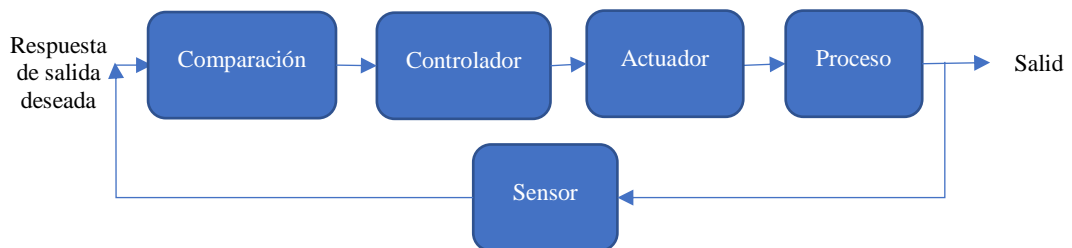


**Figura 9-1:** Sistema de control lazo abierto

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

### 1.4.2 Sistema de control en lazo cerrado

Este sistema usa una medida de la salida y la realimentación de esta señal para compararla con la salida deseada (Dorf & Bishop, 2005, pág. 3).



**Figura 10-1:** Sistema de control lazo cerrado

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

El sistema empleado en el trabajo de titulación es el sistema de control en lazo cerrado, los distintos componentes que estamos utilizando son:

- ❖ Sensores
- ❖ Subsistemas de Control
- ❖ Subsistema de Potencia
- ❖ Subsistema Mecánico

#### *1.4.2.1 Subsistema de Control (Controladores)*

Controlador o compensador es una herramienta que realiza una comparación entre un valor medido y un valor que se deseado, gracias a esta comparación hay un error, la finalidad del controlador es realizar una corrección gracias a su retroalimentación.

Los controladores más usados son de tipos manual, neumático y electrónico, los controladores que más se usan a nivel electrónico son las tarjetas de adquisición de datos.

- ❖ Microcontroladores (PIC)
- ❖ Arduino (Nano, uno, mega, etc)
- ❖ PLC

#### *1.4.2.2 Subsistema de Potencia*

Se puede decir que un sistema eléctrico es la unión o el conjunto de los elementos que están relacionados en una forma dinámica, los cuales permiten generar conducir y recibir corriente eléctrica (Muñoz Lopez, 2010).

##### *1.4.2.2.1 Puente H*

Un puente H se lo puede tomar como un controlador electrónico que establece el cambio de giro del motor en ambos sentidos (avance y retroceso), son muy utilizados en proyectos electrónicos ya sean de robótica o de potencia, estos circuitos electrónicos están disponibles como circuitos integrados o a su vez puedes crearlos a partir de componentes electrónicos.

##### *1.4.2.2.2 Baterías*

Las baterías son componentes electrónicos encargados de almacenar voltaje y amperaje para poder utilizarlos en diferentes proyectos electrónicos, Los distintos proyectos electrónicos requieren de energía eléctrica para realizar la función que se le valla a dar, para poder operar un

robot o proyecto electrónico hay que tener en cuenta su amperaje para que función respectivamente.



**Figura 11-1:** Forza 12v 7 amp

**Fuente:**

[http://static.wixstatic.com/media/49f9a8\\_884993471c2c4174aa47280bf0de16c1.png\\_256](http://static.wixstatic.com/media/49f9a8_884993471c2c4174aa47280bf0de16c1.png_256)

#### 1.4.2.3 Subsistema Mecánico (Actuadores)

Es un dispositivo mecánico cuya función es realizar una fuerza lineal o rotatoria para mover o actuar a otro mecanismo, por medio de una fuente de alimentación y una señal de control.

##### 1.4.2.3.1 Motores

Transforman la energía eléctrica en energía mecánica, tiene una similitud a los generadores. Estos dispositivos pueden impulsar otros componentes como bombas, carros ve ventiladores. La característica de par o momento de torsión debe ser adaptada al tipo de torsión que tiene que impulsar (Wildi, 2007).

Tenemos diferentes tipos de motores, por ejemplo:

- ❖ Motores en serie.
- ❖ Motores en derivación o Shunt.
- ❖ Motores Compuestos.

##### 1.4.2.3.2 Servomotores

Los servomotores son dispositivos que pueden ofrecer muchas ventajas porque se los puede controlar, estos mecanismos son muy utilizados por su precisión, para realizar distintos diseños o utilizarlos en sistemas de construcción o manipulación.



Los servomotores se pueden clasificar en:

- ❖ Eléctricos
- ❖ Neumáticos
- ❖ Hidráulicos
- ❖ Magnéticos

#### 1.4.2.4 Sensores

Un sensor o también transductor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida traducible que es función de la variable medida, este adquiere u conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no puede ser percibida directamente por los sentidos (Ramon Pallas, 2004, pág. 3).

A continuación, se presenta una clasificación de sensores exhaustiva.

**Tabla 2-1:** Clasificación de sensores.

<b>CRITERIO</b>	<b>CLASES</b>	<b>EJEMPLOS</b>
<b>Aporte de energía</b>	Moduladores Generadores	Termistor Termopar
<b>Señal de salida</b>	Analógicos Digitales	Potenciómetro Codificador de posición
<b>Modos de operación</b>	Deflexión Comparación	Acelerómetro de deflexión Servo acelerómetro

**Realizado por:** Yancha. O y Castillo. Y. 2017.

**Fuente:** (Ramon Pallas, 2004, pág. 7).

Hay diferentes tipos de sensores como:

- ❖ Mecánicos
- ❖ Ultrasónicos
- ❖ Inductivos
- ❖ Capacitivos
- ❖ Fotoeléctricos

## 1.5 Sistema Mecánico

Estos sistemas están constituidos por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función concreta transformar o transferir el movimiento desde las fuentes que lo generan, en convertir distintos tipos de energía.

Los sistemas mecánicos se identifican por mostrar elementos o piezas sólidas, con el fin de realizar movimientos por trabajo o efecto de una fuerza, en algunos momentos, pueden asociarse con los sistemas eléctricos y generar diferentes movimientos a partir de un motor accionado gracias a la energía eléctrica (Maciel Almiron, 2008).

### 1.5.1 Componentes Mecánicos – Estructural

#### 1.5.1.1 Acero

El acero es una aleación del hierro y el carbono, es más fuerte y más ligero, también fue una revolución a nivel industrial, fue el principal producto por el que se realizaron distintas industrias entonces el acero se lo puede llamar que es una industria, este producto tiene varias utilidades en las industrias o a nivel de construcción en los que tenemos, construcción de viviendas, construcción de carros, construcción de tubos.



**Figura 12-1:** Acero

**Fuente:** <http://www.aceroselizondo.com/images/productos/aceros-3.jpg>

### 1.5.1.2 Tipos de Acero

Los diferentes tipos de hacer son los siguientes:

- ❖ Acero Corten.
- ❖ Acero Calmado.
- ❖ Acero Corrugado.
- ❖ Acero Galvanizado.
- ❖ Acero Inoxidable.
- ❖ Acero Laminado.
- ❖ Acero al Carbono.
- ❖ Acero de Aleación.

### 1.5.2 Subsistema Locomoción o movimiento

Para poder realizar el diseño del mecanismo de necesita conocer el movimientos que vamos a emplear, en la mayoría los sistemas mecánicos son impulsados por motores de combustión interna, en estos sistemas se utilizan varios elementos relacionados para transmitir un movimiento, como el movimiento tiene una intensidad y una dirección, en algunos momentos es necesario cambiar esa dirección y/o aumentar la intensidad, y para ello se manejan mecanismos que en general son el sentido de movimiento circular (movimiento de rotación) o lineal (Maciel Almiron, 2008).

**Tabla 3-1:** Transmisión de Potencia

<b>TRANSMISION DE POTENCIA</b>		
<b>MOV. DE ENTRADA</b>	<b>MOV. DE SALIDA</b>	<b>MECANISMOS QUE SE EMPLEAN</b>
<b>Giratorio</b>	Giratorio	Ruedas de fricción
<b>Giratorio</b>	Giratorio	Cuchilla
<b>Lineal Alternativo</b>	Lineal Alternativo	Levantamiento Rodillo

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

#### 1.5.2.1 Tipos de locomoción

A continuación, se presenta diferentes tipos de locomoción.

- ❖ Con ruedas

- Diferencial
  - Síncrona
  - Triciclo
  - Ackerman
  - Omnidireccionales
- ❖ Con patas
  - ❖ Con cinta de deslizamiento u orugas

#### 1.5.2.2 Sistema Locomoción

Es la capacidad de mover de un lugar a otro todo su cuerpo, teniendo que realizar actos involuntarios o voluntarios, coordinados o sincronizados, por los diferentes motores.

### 1.6 Sistema de Comunicación (hombre - máquina)

#### 1.6.1 Interfaz hombre máquina (HMI)

Es un programa que ayuda a la interacción del usuario y de la máquina, el usuario puede controlar y ver como los diferentes componentes electrónicos (como sensores, baterías, actuadores, controladores, etc) están funcionando en tiempo real lo que te facilita poder intervenir en el proceso que se esté realizando.



**Figura 13-1:** Nextion HMI

Fuente: <https://www.itead.cc/wiki/images/thumb/d/d3/Nextion.png/400px-Nextion.png>

Una interfaz hombre máquina HMI Nextion por su fácil uso y para poder reemplazar al LCD, la pantalla Nextion utiliza un solo puerto de serie para su comunicación y evitar el cableado. Nextion tiene componentes de masa como botón, texto, barra de progreso, control deslizante, panel de instrumentos, etc. para disminuir la carga de trabajo y enriquecer el diseño de su interfaz.

## 1.7 Visión artificial

### 1.7.1 Definición

Es un método donde capta las imágenes y las proceso en función de las acciones que extrajo para realizar su proceso designado. El sistema de visión artificial es muy dificultoso a aire libre o a campo abierto porque las condiciones cambian muy drásticamente, a diferencia de trabajar en un campo cerrado como en una industria nuestro sistema funciona muy bien y realizará los trabajos designados anteriormente.



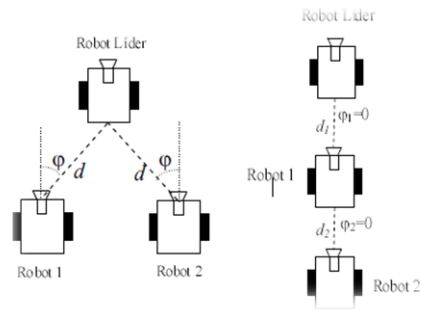
**Figura 14-1:** Visión artificial

Fuente: [http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/MIP\\_VisionArtificial/iconoMIP\\_VA.jpg](http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/MIP_VisionArtificial/iconoMIP_VA.jpg)

### 1.7.2 Técnicas de localización

#### 1.7.2.1 Técnicas Sistema cooperativo

El robot líder lleva montado en su parte posterior una imagen o patrón, de la cual se sacan características por medio de las cuales los robots seguidores obtienen información sobre la ubicación del robot líder, y de ese modo pueden ubicarse detrás de él. A continuación en la figura 15-1 se muestran los tipos de robot cooperativo (Soria , Carelli , Kelly, & Ibarra Zannatha).



**Figura 15-1:** Formación triángulo y convoy

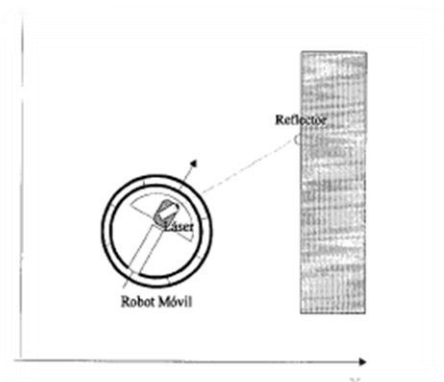
**Fuente:** [http://ebanov.inaut.unsj.edu.ar/publicaciones/Ca1661\\_04.pdf](http://ebanov.inaut.unsj.edu.ar/publicaciones/Ca1661_04.pdf)

### 1.7.2.2 Técnicas sistema posicionamiento global Visual

Su característica principal es situar un móvil en tiempo real en cualquier punto de la tierra con una precisión de pocos metros, en coordenadas y con control de la velocidad. El sistema de posicionamiento global está constituido por tres sectores: sector espacial, sector de control y sector de utilidades (Armingol Moreno, 1997).

### 1.7.2.3 Técnicas sistema marcas artificiales

La detección de las marcas artificiales es mucho más sencilla, al ser conocido su tamaño y forma, permitiendo poder determinar la posición del robot a través de la relación posicional existente entre la cámara y la marca, por la proyección bidimensional de ésta última sobre el plano de imagen (Armingol Moreno, 1997).



**Figura 16-1:** Detección por marcas artificiales

**Fuente:** [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11629/tesis\\_armingol\\_1997.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11629/tesis_armingol_1997.pdf)

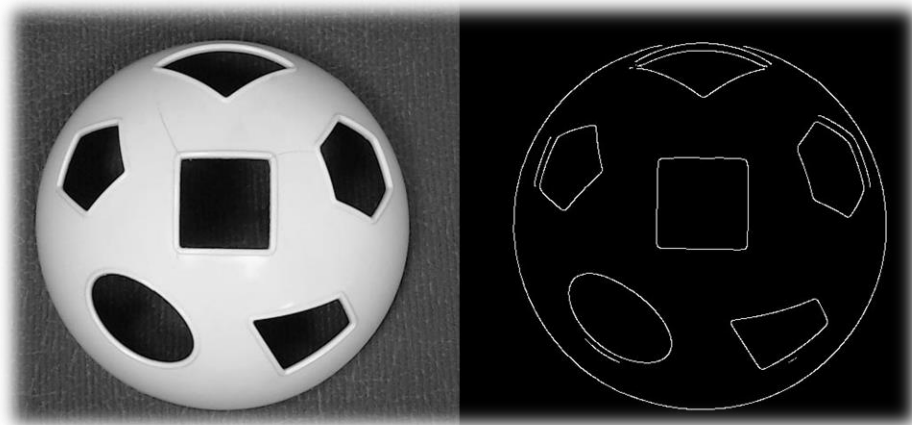
### 1.7.3 Algoritmos detección de imágenes

#### 1.7.3.1 Algoritmo de Canny

Para la detección de bordes usa un método relacionado en la matemática llamado primera derivada, esta es utilizada por que adquiere el valor de cero en las regiones donde no se altera la intensidad y tiene un valor constante en toda la transición de intensidad (Valverde Rebaza, 2014).

Este Algoritmo contiene tres grandes pasos:

- ❖ Obtención del gradiente. - Se calcula la magnitud y orientación del vector gradiente por cada píxel.
- ❖ Supresión no máxima. - Se obtiene un adelgazamiento del ancho de los bordes, logrando bordes de un píxel de ancho.
- ❖ Histéresis de umbral: Se pretende reducir la posibilidad de aparición de contornos falsos.



**Figura 17-1:** Detección de bordes

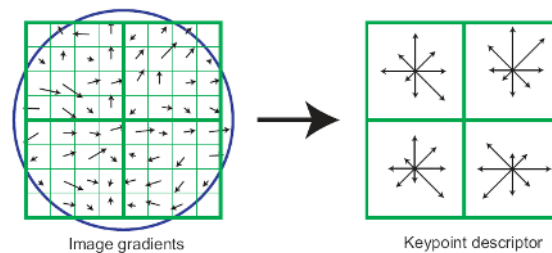
**Fuente:** [http://www.walrusvision.com/wordpress/wp-content/uploads/2013/10/walrusvisiontoolbox\\_edge\\_detection.jpg](http://www.walrusvision.com/wordpress/wp-content/uploads/2013/10/walrusvisiontoolbox_edge_detection.jpg)

#### 1.7.3.2 Algoritmo SIFT (Transformación de característica invariante de escala)

El algoritmo se encarga de obtener o extraer características de las imágenes en una escala de grises, reconociendo dicha imagen dentro de una base de datos. Es un algoritmo utilizado en la visión artificial que usarse para el reconocimiento de objetos, detección de movimientos, registros de imagen y otras tareas (Flores & Braun, 2011).

Mediante cuatro pasos se puede realizar este algoritmo:

- ❖ Detección de extremos en el espacio-escala.- Encuentra puntos invariantes a la traslación, el escalado y la rotación de la imagen teniendo una afectación mínima por el ruido.
- ❖ Localización exacta punto clave.- Utiliza una función matemática por medio de la diferenciación Gaussiana entorno a un punto y la serie de Taylor de grado 2.
- ❖ Asignación de orientación.- Puntos claves son descritos en la imagen logrando invariantes a las rotaciones.
- ❖ Descriptor de puntos clave.- A cada punto se le asigna una escala, localización y una orientación.



**Figura 18-1:** Algoritmo SIFT

**Fuente:** <https://researchweb.iiit.ac.in/~wasif.mpg08/SIFT/image.jpg>

### 1.7.3.3 Algoritmo E-M (Estimación –Maximización)

La segmentación de la imagen según patrones de color consiste en la comparación de los distintos grupos de píxeles que componen la imagen con una serie de patrones previamente entrenados. A partir de dicha comparación se obtiene la probabilidad de pertenencia a cada uno de los patrones, obteniendo de esta forma una matriz de las mismas dimensiones que la imagen con valores de probabilidad entre 0 y 1.0 susceptible de ser transformada en una imagen en escala de grises y segmentada a partir de un cierto umbral (Camarena Ibarrola).

El algoritmo E-M (Expectation-Maximization) estima los parámetros de una función de densidad de probabilidad multivariable en forma de mezcla de distribuciones gaussianas con un número total de mezclas.

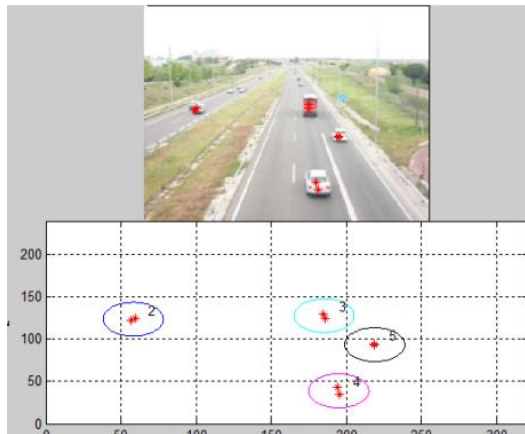
### 1.7.3.4 Algoritmo de Tracking

El algoritmo de seguimiento o tracking es la última etapa que interviene en la detección de los objetos. El algoritmo determina, sigue y contabiliza las trayectorias de cada una de las regiones recuadradas marcadas por el segmentador, controlando distintos parámetros (posición parámetros y zoom). El tracking es útil para descartar aquellas regiones que marcó el segmentador por causa del ruido (López Paredes, 2011).



Tenemos algunos parámetros que son:

- ❖ Radio umbral: El radio umbral es el valor que permite decidir cuántos de los puntos parecen en la imagen.
- ❖ Flag de borrado: Cuantas imágenes como máximo pueden estar sin aparecer puntos en torno al centro del posible objeto.
- ❖ Flag de validación: Determina durante cuántas imágenes como mínimo debe aparecer un posible objeto.



**Figura 19-1:** Algoritmo de Tracking

Fuente: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20110930HectorLopezParedes.pdf>

#### 1.7.4 Clasificación

Para trabajar con un software de visión artificial debemos utilizar software y librerías que permitan adquirir las imágenes que se quiere trabajar y los formatos que tienen las mismas. Las librerías representan distintas funciones que necesita algún software sobre los compiladores que se va a trabajar, C++, C, NET, etc.

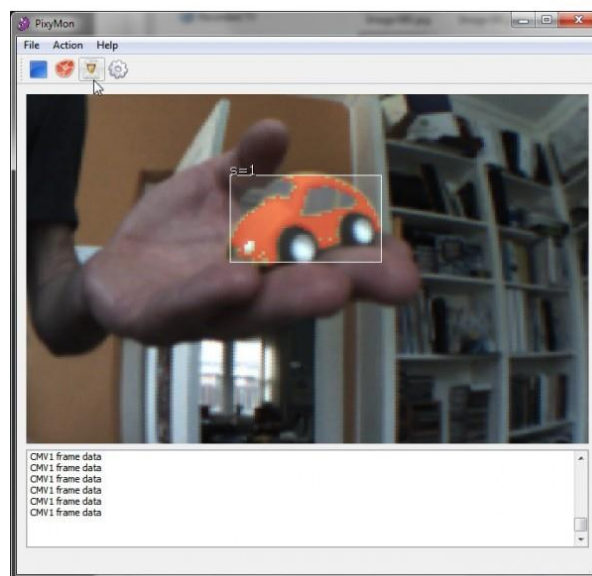
##### 1.7.4.1 Software

- ❖ MatLab. - Útil para el tratamiento de imágenes, convirtiendo nuestra imagen en una matriz de píxeles.
- ❖ LabView. - Adquiera imagen en tiempo real y de mayor nivel, para ello el programa se sirve del módulo LabView NI Visión Development.

#### 1.7.4.1.1 PixyMon

PixyMon usa unas librerías comerciales con un conjunto de funciones de alto nivel para adquisición, transferencia y presentación de imágenes, así como para procesamiento y análisis de las mismas. Son utilizadas exclusivamente para plataformas Linux y Windows.

Este es un software específico para la cámara que estamos usando, consta de tres funciones básicas: adquisición – calibración; mediante el cual el usuario adquiere una imagen, para luego seleccionar la región de interés (ROI) eligiendo la imagen patrón que será la que se utilizará para la detección de las demás imágenes adquiridas (Vargaz Baeza, 2010).



**Figura 20-1:** Detección objeto PixyMon

**Fuente:** [http://cdn-tienda.bricogeek.com/2745-thickbox\\_default/camara-pixy-cmucam5.jpg](http://cdn-tienda.bricogeek.com/2745-thickbox_default/camara-pixy-cmucam5.jpg)

Para obtenerlo solo hace falta entrar en la página web y descargarlo directamente en el ordenador. Una vez instalado, es necesario conectar la cámara al ordenador y encenderla. Automáticamente empezará a grabar y se podrá ver la imagen en el ordenador (Dominguez Gonzales , 2016).

#### 1.7.4.1.2 CMUcam (*Open Source Programmable Embedded Color Vision Sensors*)

Dejando de lado las librerías especializadas, existe toda una línea de software para la CMUcam, ofrece un entorno de desarrollo de código abierto flexible y de fácil uso. Proporciona capacidades simples de visión a pequeños sistemas integrados en forma de un sensor inteligente.

Los sensores de visión en color incrustados programables de código abierto CMUcam son:

- ❖ Sensores de bajo costo y baja potencia para robots móviles.
- ❖ Realiza diferentes tipos de tareas de procesamiento de visión a bordo y en tiempo real.
- ❖ Contiene software para realizar tareas simples de visión

#### 1.7.4.2 Librerías

##### 1.7.4.2.1 OpenCV (Open Source Computer Vision Library)

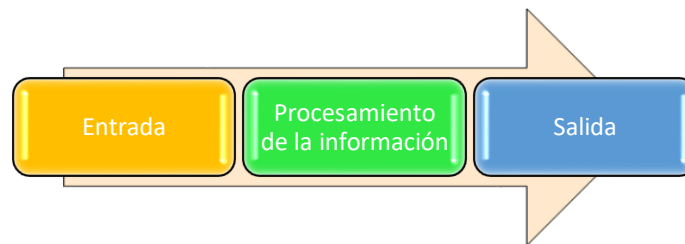
Esta librería se centra en el tratamiento de imágenes en tiempo real, luego es de gran utilidad para las aplicaciones en robots móviles, está escrita en su mayoría en C.

##### 1.7.4.2.2 Mavis

Es un paquete de visión para los robots móviles. Esta librería está orientada a las tareas de visión diseñadas específicamente para los robots móviles: localizar, detectar obstáculos y así sucesivamente.

#### 1.7.5 Sistema

El proceso que realiza un sistema de visión artificial se muestra en la figura 13



**Figura 21-1:** Proceso del sistema de visión artificial  
Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

Para un sistema de visión artificial necesitamos varios componentes o distintos elementos que son:

- ❖ Iluminación
- ❖ Cámaras
- ❖ CPU o computador
- ❖ Actuadores externos

### *1.7.5.1 Iluminación*

Es la parte más difícil en un sistema de visión artificial, la cámara tiene que obtener o capturar el objeto de una forma muy nítida y clara, este es el objetivo principal de la iluminación, también depende mucho del objeto que vallamos a estudiar porque no es lo mismo iluminar a un papel blanco que a uno de color, o césped en la luz del día, por ende, hay que tener un enfoque de nuestro objetivo.

#### *1.7.5.1.1 Tipos de iluminación*

Los diferentes tipos de iluminación dependen de muchas variables como las mencionadas anteriormente.

- ❖ Iluminación mediante fibra óptica. - Ilumina objetos muy pequeños.
- ❖ Iluminación mediante fluorescente. - Es utilizado si no se quiere ninguna cantidad de sombra.
- ❖ Diodos led.
- ❖ Iluminación mediante laser. – Mide las distancias o lugares deformes.

### *1.7.5.2 Cámaras*

La función principal de la cámara es capturar un respectivo objetivo para poderla transferir a un sistema electrónico, el tipo de cámaras que se utilizan en un sistema de visión artificial es muy distintas a las cámaras que ocupamos en la vida diaria, ya que estos tipos de cámaras tiene un control de tiempo.

#### *1.7.5.3 CPU o computador*

Parte más importante del sistema, es la parte que piensa en todo el sistema, esta sección procesa y transfiere la captura de la imagen recogida por la cámara, después de esto llevar a cabo con el proceso que se desea realizar o que se desea cometer.

- ❖ Pasos a realizar el CPU
  - Recibir señales de sincronización donde se realizará la captura de imágenes.
  - Hacer una lectura de las imágenes.
  - Análisis de imagen.

- Interfaz con los usuarios
- Control del funcionamiento de los elementos hardware.

### 1.7.6 Aplicaciones

La aplicación de la visión a aumento demasiado hoy en día, a continuación, se presenta una tabla que habla de las misma.

**Tabla 4-1:** Aplicación de la Visión Artificial

<b>AREAD DE PRODUCCION</b>	<b>APLICACION</b>
<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Productos (papel, aluminio, acero)
	Identificación de piezas
	Etiquetados (fechas de caducidad)
	Inspección de circuitos impresos
<b>ROBÓTICA</b>	Control de soldaduras
	Guiado de robots (vehículos no tripulado)
<b>CONTROL DE TRÁFICO</b>	Matrículas de coches
<b>METEOROLOGÍA</b>	Predicción del tiempo
<b>AGRICULTURA</b>	Interpretación de fotografías aéreas
<b>MILITARES</b>	Vigilancia por satélites

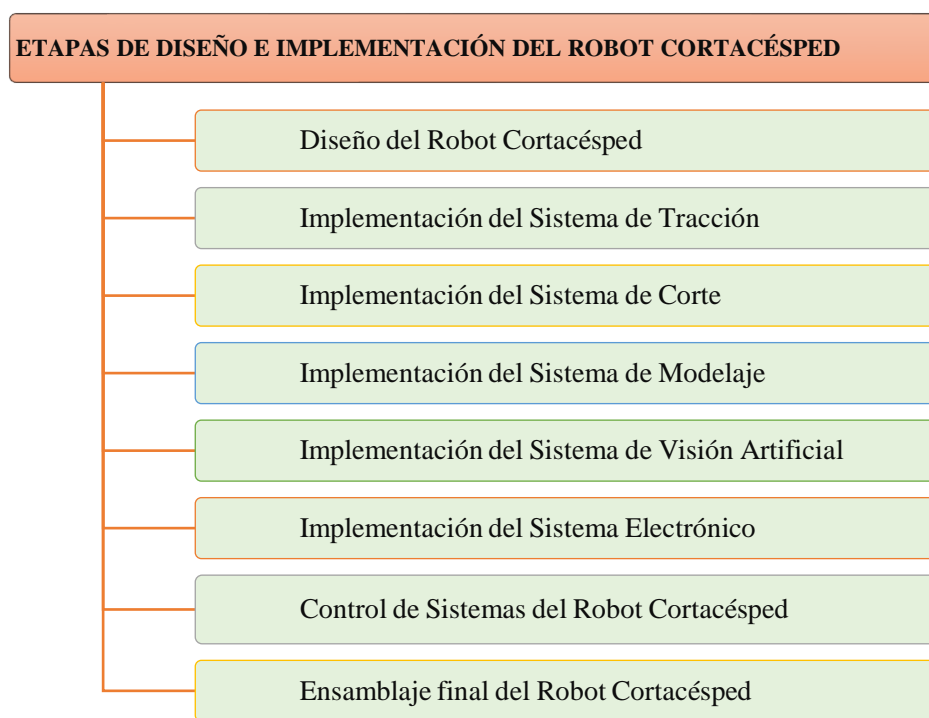
Realizado por: Yanca. O y Castillo. Y. 2017.

## CAPITULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se describe el diseño e implementación del robot cortacésped, como también las herramientas y software que se utilizaron para el desarrollo del mismo.

A continuación, se muestra las etapas de diseño e implementación del robot cortacésped.

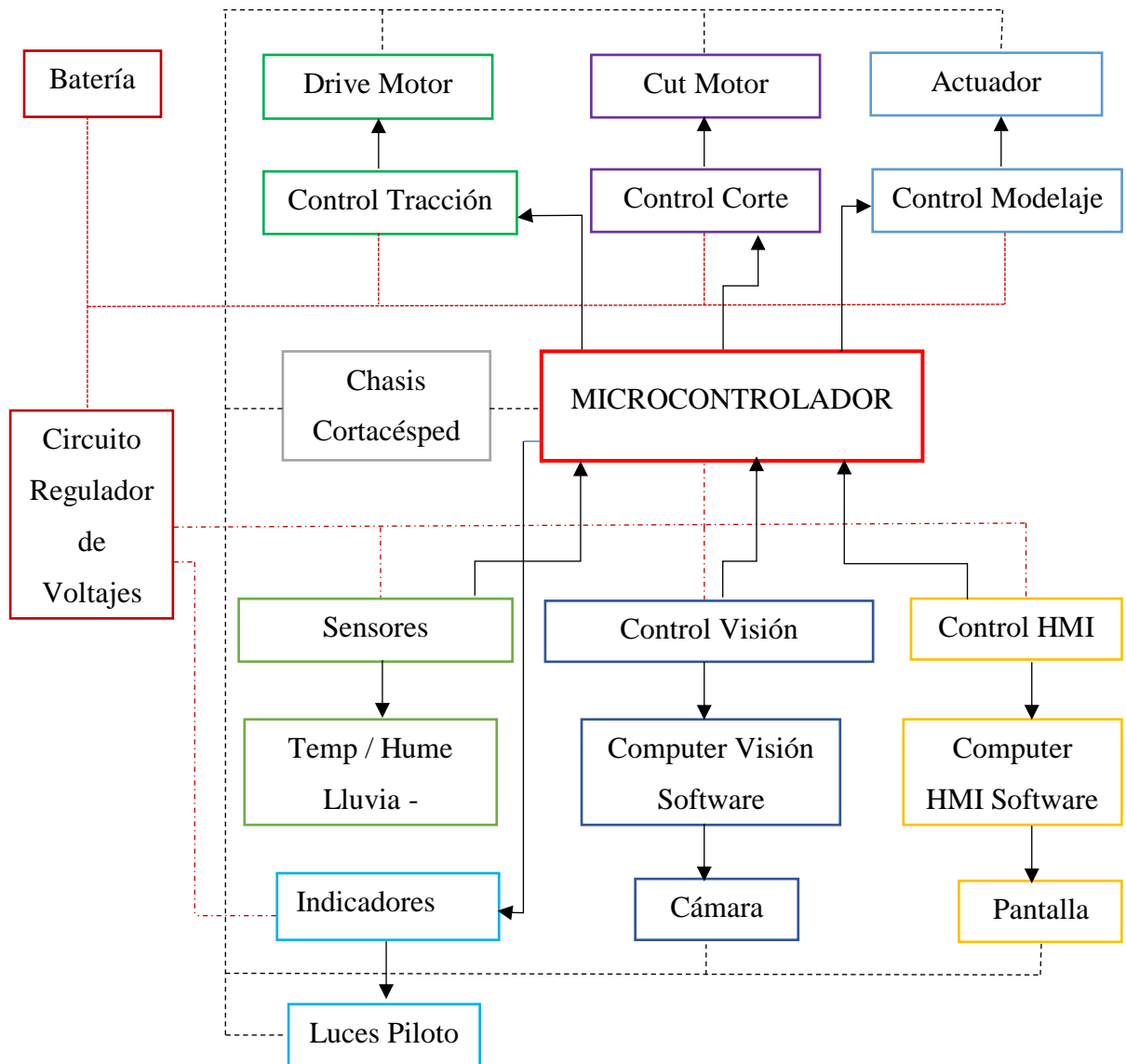


**Figura 1-2:** Etapas de diseño e implementación de un robot cortacésped

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

El fraccionamiento en etapas ayuda a organizar y comprender de mejor manera la construcción del prototipo, en cada etapa se involucra conocimientos de diferentes áreas las cuales al trabajar en conjunto logran satisfacer un mismo objetivo.

Se presenta un diagrama de bloques general sobre el funcionamiento del robot, este diagrama plasma todos los parámetros necesarios para empezar a diseñar los sistemas del robot.



**Figura 2-2:** Diagrama de bloques general  
 Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

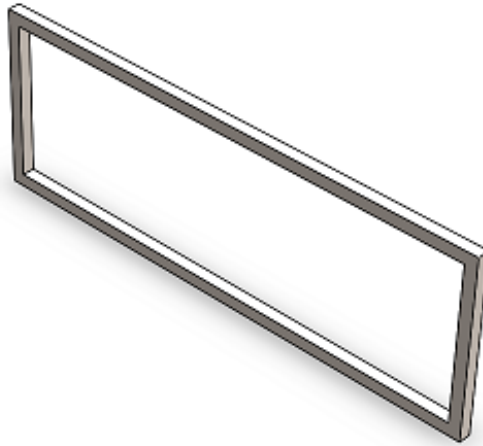
## 2.1 Diseño del robot cortacésped

El diseño del chasis se realiza mediante el software Solidworks, este software presenta características ideales para la construcción de piezas y ensamblajes de las mismas, a continuación, se describen los diversos diseños que se necesitan para crear el chasis.

- ❖ Diseño del sistema estructural.
- ❖ Diseño del sistema de corte.
- ❖ Diseño del sistema de modelaje.
- ❖ Diseño del sistema de tracción.
- ❖ Ensamble final del chasis.

### 2.1.1 *Diseño del sistema estructural*

Para la construcción de la estructura se utiliza perfiles de acero tubular cuadrado de 12mm, debido a que este producto se puede adaptar a todo tipo de configuración brindando gran resistencia al pandeo, a la tracción y a los impactos, además son muy fiables a la hora de soldar sus extremos evitando la entrada de oxígeno y manteniendo la estructura libre de corrosión.



**Figura 3-2:** Estructura lateral del chasis

**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

La estructura lateral del chasis es de forma rectangular sus dimensiones son 500mm de ancho y 175mm de altura formando un ángulo escuadrado de 90 grados para sus 4 lados tal como se muestra en la figura 3-2, se debe considerar la construcción de una estructura gemela que posteriormente será entrelazada para formar el chasis.

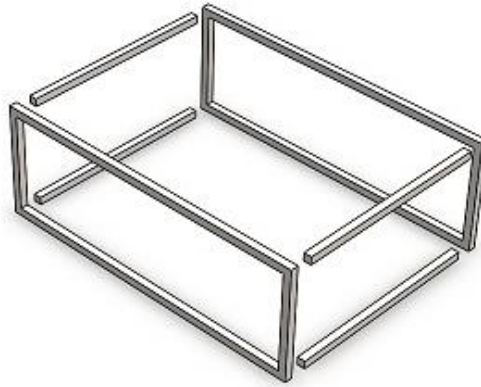


**Figura 4-2:** Conector transversal del chasis

**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Se emplea cuatro perfiles tubulares de 360mm de longitud como se muestra en la figura 4-2, estos perfiles servirán como conectores transversales para entrelazar las estructuras laterales gemelas de forma que sus piezas encajen como se muestra en la figura 5-2.

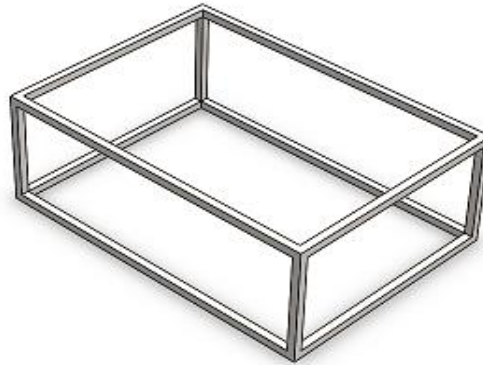




**Figura 5-2:** Forma de enlazar

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Por último, se aplica uniones simples de soldadura en sus extremos para que sus dimensiones tomen la forma de un sólido rectangular y obtener el montaje final de la estructura como se muestra en la figura 6-2, el sólido será capaz de contener todos los elementos y componentes sin ninguna dificultad distribuyendo el peso del robot para un mayor equilibrio.

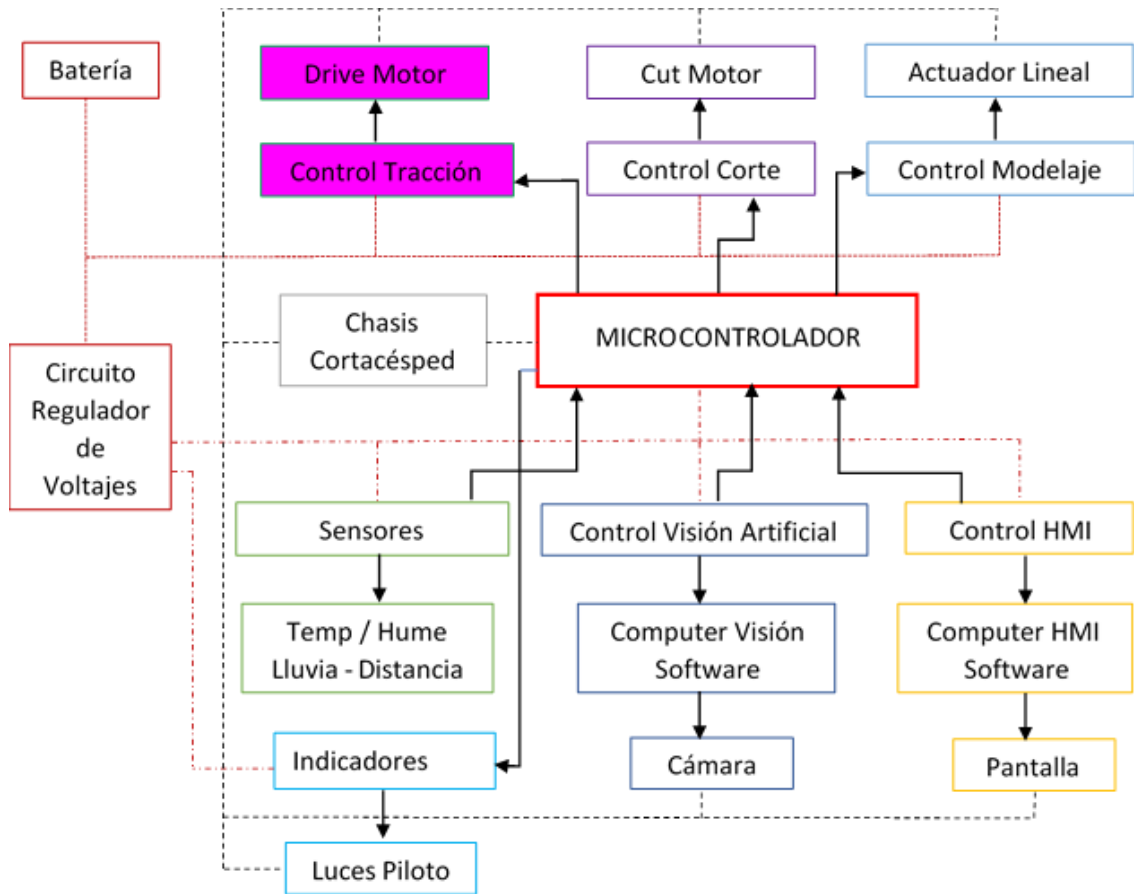


**Figura 6-2:** Montaje de la estructura.

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 2.1.2 *Diseño del sistema de tracción*

Para realizar este diseño se debe tomar en cuenta parámetros como el tipo de control de tracción o el tipo de motores a usarse, esto permitirá realizar un buen diseño, el diagrama de bloques de la figura 7-2 muestra estos parámetros y como se encuentran relacionados con el funcionamiento del robot cortacésped.



**Figura 7- 2:** Diagrama de bloques subsistema tracción.

Realizado por: Yancho. O. y Castillo. Y. 2017

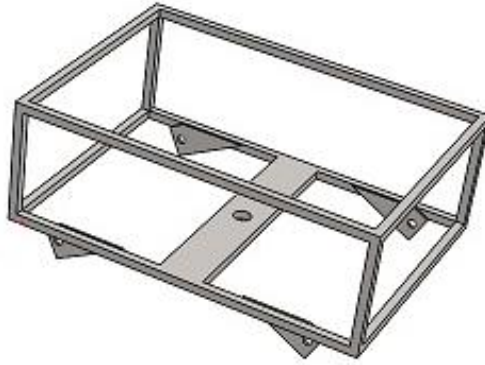
Para el sistema se construye soportes de tracción como se muestra en la figura 8-2, estos se fijan en la base de la estructura, llevan unas circunferencias de 6mm de radio como eje que une la llanta, el chasis y a su vez el motor.



**Figura 8-2:** Soporte de tracción

Realizado por: Yancho. O. y Castillo. Y. 2017

Las dimensiones de los soportes son (95 x 108.3 x 23.32 x 44.72) mm respectivamente, estos soportes son escuadrados y nivelados para evitar la inestabilidad del robot, la figura 9-2 muestra el resultado final del montaje de los soportes de tracción a la base de la estructura.

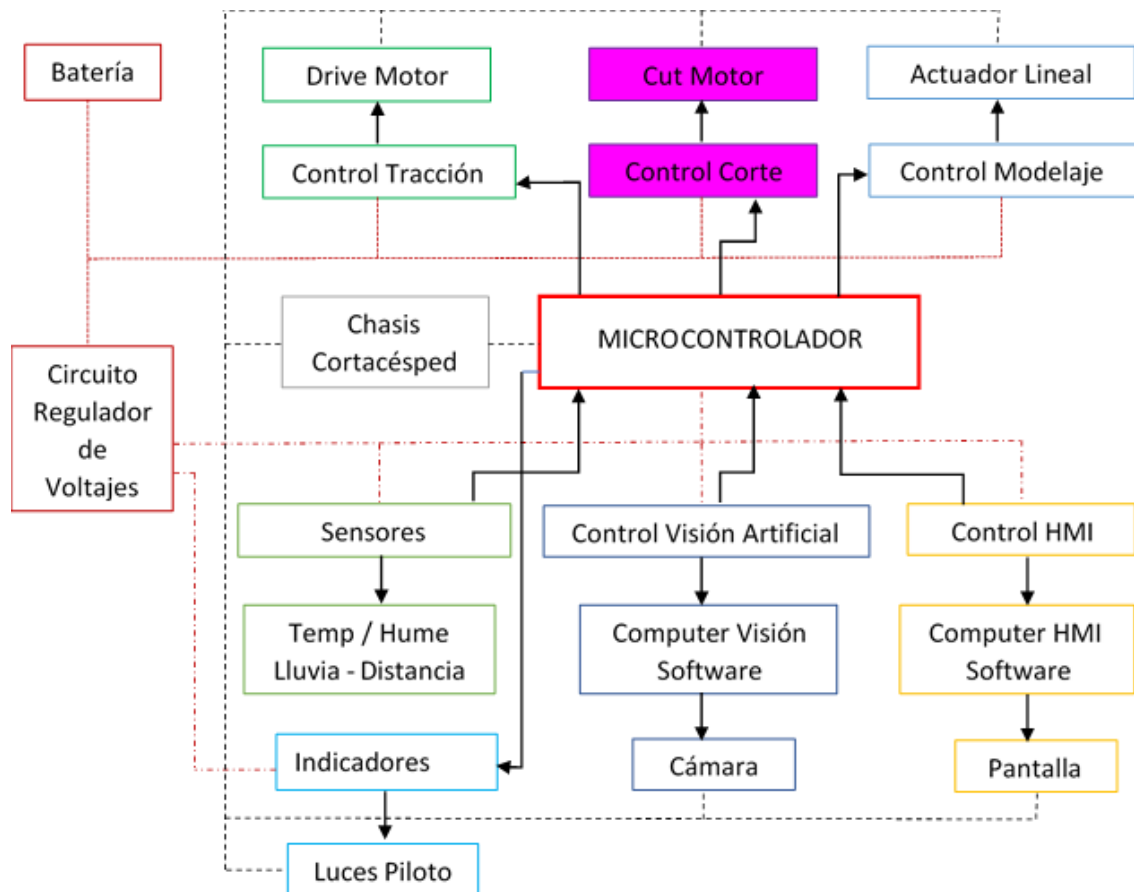


**Figura 9-2:** Montaje de soportes al chasis

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 2.1.3 Diseño del sistema de corte

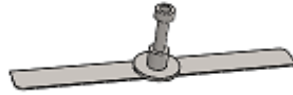
Para realizar este diseño se debe tomar en cuenta parámetros como el tipo de motores a usarse, esto permitirá realizar un buen diseño, el diagrama de bloques de la figura 10-2 muestra estos parámetros y como se encuentran relacionados con el funcionamiento del robot cortacésped.



**Figura 10- 2:** Diagrama de bloques subsistema corte.

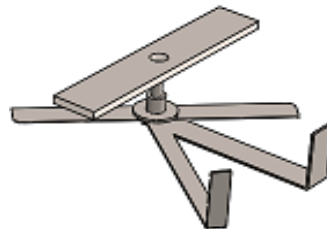
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

La cuchilla es indispensable en el funcionamiento del robot por tal motivo su diseño satisface cuestiones de eficiencia y programación, sus dimensiones son 350mm de largo, 26mm de ancho con 2mm de espesor como se aprecia en la figura 2-11, se debe toma en cuenta que el largo de la cuchilla abarque todo el ancho del robot.



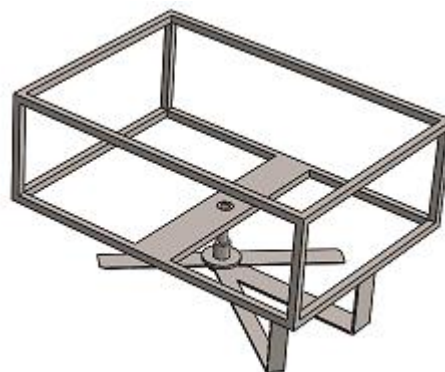
**Figura 11- 2:** Cuchilla y su eje  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

El eje de la cuchilla está sujeto a un soporte por un cilindro de 23mm de diámetro y de altura ajustable, las dimensiones del soporte son 336mm de largo por 62mm de ancho, adicionalmente se protege la cuchilla como se aprecia en la figura 2-12 esto ayuda a reducir el riesgo de accidentes, a realizar un corte uniforme y a combatir la inestabilidad por causa de fricción al movimiento.



**Figura 12- 2:** Cuchilla, protección y soporte  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

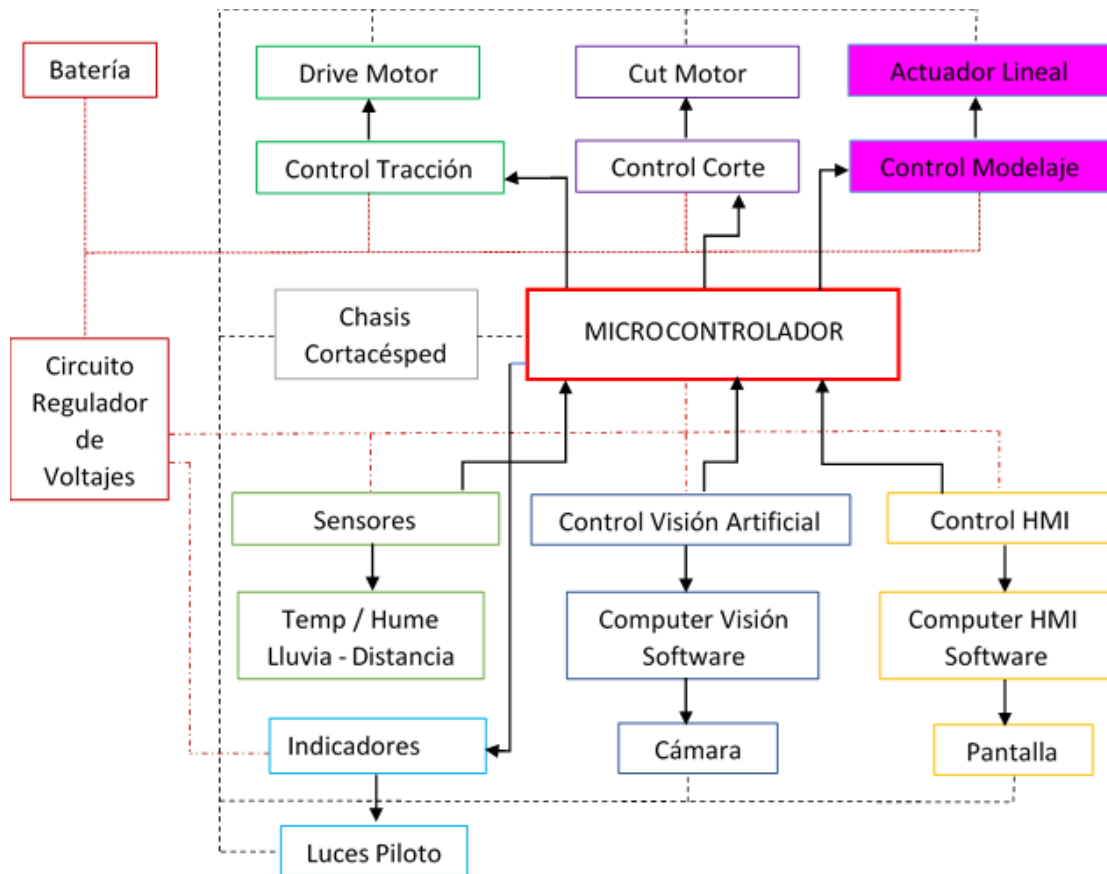
Finalmente, dicho soporte y protección se fija a la base inferior de la estructura por medio de puntos de suelda para obtener un resultado como se muestra en la figura 13-2.



**Figura 13- 2:** Montaje de cuchilla, protección y soporte al chasis  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 2.1.4 Diseño del sistema de modelaje

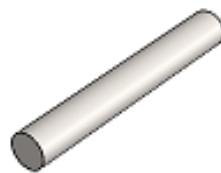
Para realizar este diseño se debe tomar en cuenta parámetros como el tipo de actuador lineal a usarse y el control del mismo con el de realizar un buen diseño, el diagrama de bloques de la figura 14-2 muestra estos parámetros y como se encuentran relacionados con el funcionamiento del robot cortacésped.



**Figura 14- 2:** Diagrama de bloques subsistema modelaje.

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

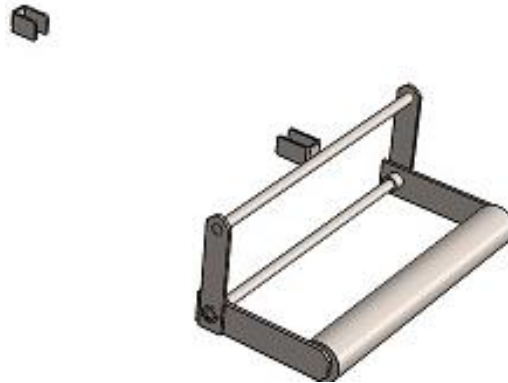
El rodillo como se ilustra en la figura 15-2 no es más que un cilindro de 250mm de largo con 20mm de radio, es el encargado de plasmar los diseños en la superficie del césped, su principio básico es torcer las dos caras que poseen las hojas en diferentes direcciones ya que cuando están expuestas al sol reflejan la luz de forma distinta dando el efecto de brillo y oscuridad.



**Figura 15- 2:** Rodillo

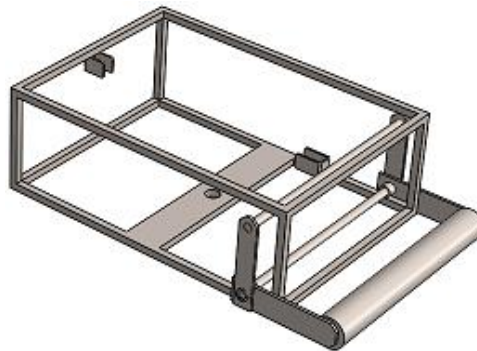
Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

El rodillo debe ejercer una presión uniforme hacia la superficie por lo que se diseñó un mecanismo como se muestra en la figura 16-2, donde dos soportes contienen el actuador lineal que al ser activada mueve dicho mecanismo haciendo que el rodillo suba o baje según se requiera.



**Figura 16- 2:** Mecanismo accionador y soportes  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Para finalizar se monta los soportes y el sistema accionador del rodillo al chasis mediante puntos de suelda para llegar a la figura 17-2.

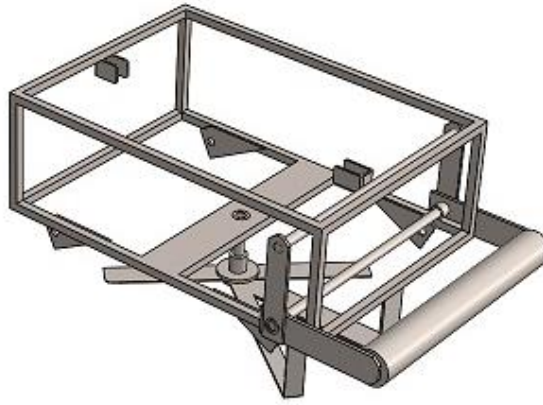


**Figura 17- 2:** Montaje de soportes y sistema del rodillo al chasis  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### **2.1.5** *Ensamble final del chasis*

Se recubre toda la estructura para evitar que las impurezas externas o los cambios climático dañen los circuitos u algún elemento interno del robot, existen varios tipos de materiales que son utilizados para recubrir los chasis, pero en este caso se utilizó planchas de madera DMF por su fácil manejo y precio asequible.

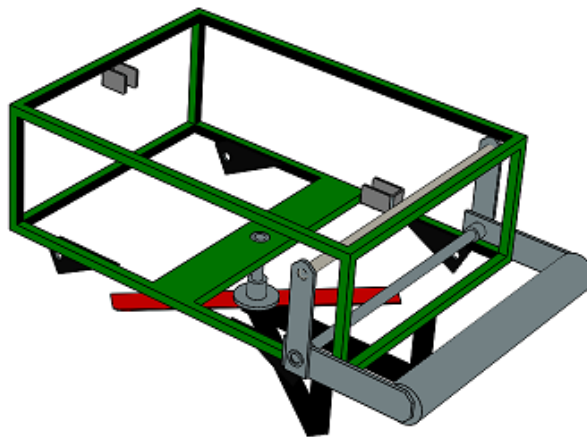
El ensamblaje final del chasis no es más que acoplar todos los diseños que se citaron anteriormente para obtener un resultado como se muestra la figura 18-2.



**Figura 18- 2:** Ensamblaje final del chasis

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

Para finalizar con el ensamblado total del chasis se procede a pintarlo de colores que sean amigables para el medio ambiente, el resultado final del chasis se ilustra la figura 19-2.



**Figura 19- 2:** Pintura, ensamblaje final del chasis

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

## 2.2 Selección de componentes

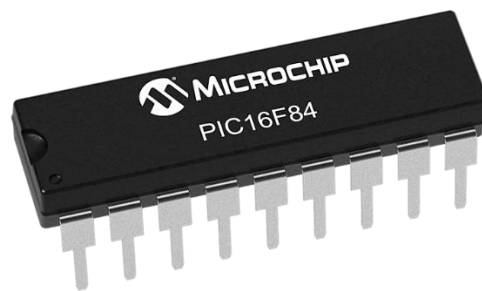
Una vez presentado el ensamblaje final del chasis y su diagrama general de funcionamiento procedemos a seleccionar los diferentes componentes, la selección de componentes se realiza mediante criterios de ponderación, para la selección se va a asignar un peso de 1 como significado al criterio de mayor importancia, 0 en caso de menor importancia y si existe igualdad se considera con 0,5.

## 2.2.1 Selección del microcontrolador

### 2.2.1.1 Presentación de alternativas

Para la selección del controlador se debe considerar el hecho que el robot cortacésped necesita manipular varias variables, las cuales ayudarán a realizar todo el proceso. Se considera dos tipos de opciones mostrados en las figuras 20-2 y en la figura 21-2.

#### ❖ Alternativa A: Microcontroladores (PIC)



**Figura 20- 2:** Microcontrolador PIC

Fuente: [http://www.microchip.com/\\_images/ics/medium-PIC16F84-PDIP-18.png](http://www.microchip.com/_images/ics/medium-PIC16F84-PDIP-18.png)

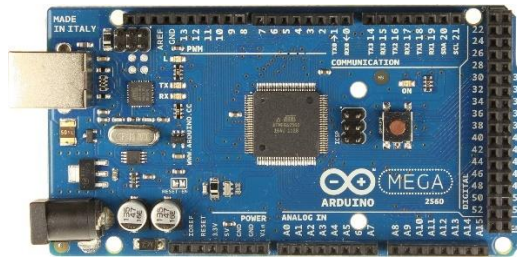
**Tabla 1-2:** Presentación de alternativa A - selección del microcontrolador

<b>Alternativa A</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Tensión de trabajo <b>5V</b>	- Consumo de corriente es bajo	- Forma de programación
- 35 pines de entrada/salida	- Tiene una variedad de trabajo para la alimentación eléctrica	- Necesita una placa externa para quemar el programa
- Tensión de trabajo <b>5V</b>	- Liviano	- La programación no es en tiempo real
- 256 bytes de memoria EEPROM	- Tiene un costo accesible por las características que presenta.	
- <b>Costo \$7,00</b>	- Bajo coste.	

Realizado por: Yancho. O y Castillo. Y. 2017



❖ **Alternativa B:** Arduino (Nano, uno, mega, etc)



**Figura 21- 2:** Varios tipos de Arduino.

Fuente: [https://paruro.pe/sites/default/files/ArduinoMega2560\\_R3\\_Front.jpg](https://paruro.pe/sites/default/files/ArduinoMega2560_R3_Front.jpg)

**Tabla 2-2:** Presentación de alternativa B - selección del microcontrolador

<b>Alternativa B</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Microcontrolador: ATmega2560	- Fácil de programar	- Mayor costo
- Voltaje Operativo: 5V	- Tiene varias entradas y salidas A/D.	
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)	- Tiene un costo accesible por las características que presenta.	
- EEPROM: 4KB	- Programación en lengua C++.	
- Costo \$15		

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

2.2.1.2 Selección por el método de criterios ponderados

Los criterios que se consideran importantes para la selección del microcontrolador:

- **Programación:** La programación es muy fundamental, ya que tiene que estar familiarizado con el lenguaje de programación.
- **# E/S Análogos y digitales:** Debe considerarse las variables a utilizarse en el prototipo
- **Costo:** El costo del producto tiene que ver con la inversión para poder realizar el prototipo.

2.2.1.3 *Peso específico de todos los criterios*

**Tabla 3-2:** Peso específico de criterios de selección - microcontroladores

<b>Programación &gt; # E/S &gt; Costo</b>					
<b>Criterio</b>	<b>Programación</b>	<b># E/S</b>	<b>Costo</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Programación	-	1	1	3	0.5
# E/S	0	-	1	2	<b>0.33333</b>
Costo	0	0	-	1	0.166667
SUMA				6	1

Realizado por: YanCHA. O y Castillo. Y. 2017

La tabla 3-2 representa el peso de cada criterio tomando en cuenta que el peso de la forma de programación mayor que el número de entradas y salidas análogas y digitales utilizadas para las variables y mayor a su costo la alimentación.

2.2.1.4 *Peso específico para cada una de las alternativas*

**Tabla 4-2:** Ponderación para el criterio de la programación - microcontrolador

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
SUMA			3	1

Realizado por: YanCHA. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 5-2:** Ponderación para el criterio de E/S análogas y digitales- microcontrolador

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
SUMA			3	1

Realizado por: YanCHA. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 6-2:** Ponderación para el criterio del costo - microcontrolador

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
		<b>SUMA</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

Finalmente se realiza la tabla final que indica el resultado de la selección del microcontrolador:

**Tabla 7-2:** Resultado de la selección del microcontrolador

<b>Solución</b>	<b>Programación</b>	<b># E/S</b>	<b>costo</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Prioridad</b>
Alternativa A	0.16667	0.11111	0.11111	0.38889	2
Alternativa B	0.33333	0.22222	0.05555	0.61111	<b>1</b>
		<b>SUMA</b>		<b>1</b>	

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

#### 2.2.1.5 *Análisis de resultados*

El método de criterios ponderados da como resultado la selección de la Alternativa B, que representa el microcontrolador Arduino mega que consta de un número de entradas y salidas A/D en abundancia por las variables a manipular el prototipo.

### 2.2.2 *Selección del motor de tracción*

#### 2.2.2.1 *Presentación de alternativas*

Para el sistema de locomoción o de tracción se debe considerar el hecho que el robot cortacésped debe atravesar la pasto por lo es necesario motores robustos y de alto torque. Se considera dos opciones que se muestran en las figuras 22-2 y la figura 23-2.

❖ **Alternativa A:** Motor Paso a Paso Nema 34



**Figura 22- 2:** Motor paso a paso Nema 34

**Fuente:** [http://cdn-tienda.bricogEEK.com/2142-thickbox\\_default/motor-paso-a-paso-14-kg-cm.jpg](http://cdn-tienda.bricogEEK.com/2142-thickbox_default/motor-paso-a-paso-14-kg-cm.jpg)

**Tabla 8-2:** Presentación de alternativa A - selección motor de tracción

<b>Alternativa A</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Torque máximo 12Nm	- Consumo de corriente es bajo	- Torque bajo
- Amperaje Máximo Consumo 5A	- Tiene una variedad de trabajo para la alimentación eléctrica	- Toca hacer una base para su instalación
- Tensión de trabajo 24Vdc - 80Vdc	- Liviano	
- Peso 5,3Kg	- Tiene un costo accesible por las características que presenta.	
- Costo 240\$		

**Realizado por:** Yanca. O y Castillo. Y. 2017

❖ **Alternativa B:** Servomotor A&J con caja reductora Motor, 12VDC



**Figura 23- 2:** Servomotor A&J con caja Drive-Electric

Fuente: <https://www.amazon.com/12Vdc-Right-Angle-Drive-Electric/dp/B005IR1NBA>

**Tabla 9-2:** Presentación de alternativa B - selección motor de tracción

<b>Alternativa B</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Torque máximo 21Nm	- Tiene un torque alto	- Peso
- Amperaje Máximo Consumo 8A	- Tiene una variedad de trabajo para la alimentación eléctrica.	
- tensión de trabajo 12Vdc - 24Vdc	- Tiene un costo accesible por las características que presenta.	
- Peso 8,5Kg.	- Fácil instalación.	
- Instalación Sujeción directa con tubo		
- Costo 280\$		

Realizado por: Yanca. O y Castillo. Y. 2017

2.2.2.2 Selección por el método de criterios ponderados

Los criterios que se consideran importantes para la selección de los motores son:

- **Torque:** Siendo un factor muy importante debido a que la máquina debe moverse en diferentes tipos de terreno y atravesar hierba espesa.

- **Costo:** Se debe considerar el precio en referencia a las características requeridas.
- **Tensión de trabajo:** El voltaje de operación determina el tiempo de duración del sistema de almacenamiento de energía.
- **Consumo de Energía:** Si se tiene un consumo de energía adecuado, este puede dar mayor tiempo de funcionamiento a la máquina para realizar un trabajo a larga duración.
- **Peso:** Debe considerarse el peso para que no existan cargas extras en la estructura pudiendo debilitarla.

### 2.2.2.3 *Peso específico de todos los criterios*

**Tabla 10-2:** Pesos específico de criterios de selección - motores de tracción

<b>torque &gt; tensión &gt; costo = peso &gt; consumo de energía</b>							
<b>Criterio</b>	<b>torque</b>	<b>tensión</b>	<b>costo</b>	<b>peso</b>	<b>c_energ.</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
torque	-	1	1	1	1	5	<b>0.333333</b>
tensión	0	-	1	1	1	4	0.266667
costo	0	0	-	0.5	1	2.5	0.166667
peso	0	0	0.5	-	1	2.5	0.166667
c_energ.	0	0	0	0	-	1	0.066667
<b>SUMA</b>						<b>15</b>	<b>1</b>

**Realizado por:** Yancha. O y Castillo. Y. 2017

La tabla 10-2. representa el peso de cada criterio tomando en cuenta que el peso del torque es mayor que peso de la tensión y del costo.

### 2.2.2.4 *Peso específico para cada una de las alternativas*

**Tabla 11-2:** Ponderación para el criterio del torque - motor de tracción

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	2	0.333333
Alternativa B	1	-	1	<b>0.666667</b>
<b>SUMA</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

**Realizado por:** Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 12-2:** Ponderación para el criterio de tensión - motor de tracción

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
		SUMA	3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 13-2:** Ponderación para el criterio de costo- motor de tracción

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
		SUMA	3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 14-2:** Ponderación para el criterio del peso- motor de tracción

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
		SUMA	3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 15-2:** Ponderación para el criterio de consumo de energía - motor de tracción

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
		SUMA	3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

Finalmente se realiza la tabla final que indica el resultado de la selección del motor de tracción:

**Tabla 16-2:** Resultado de la selección de motor de tracción

Solución	torque	tensión	costo	peso	c_energia	Ponderación	Prioridad
Alternativa A	0.1111	0.0889	0.11	0.11	0.04	0.461	2
Alternativa B	0.2222	0.1778	0.05	0.055	0.02	0.521	<b>1</b>
SUMA						1	

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

#### 2.2.2.5 *Análisis de resultados*

El método de criterios ponderados da como resultado la selección de la alternativa B, que representa el servomotor A&J con caja reductora y consta de un torque alto para poder desplazarse fácilmente en el escenario.

### 2.2.3 *Selección del motor de corte*

#### 2.2.3.1 *Presentación de alternativas*

Para poder determinar qué tipo de motor trabaja mejor en condiciones donde el césped se encuentra abultado y alto se presentan dos posibles soluciones que se muestran en la figura 24-2 y la figura 25-2.

#### ❖ **Alternativa A:** Motor Eléctrico Custom Drive-Electric



**Figura 24- 2:** Motor Eléctrico Custom Brushless 4372

Fuente: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/31u-z2G4CpL.\\_SX355\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/31u-z2G4CpL._SX355_.jpg)



**Tabla 17-2:** Presentación de alternativa A - selección motor de corte

<b>Alternativa A</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Potencia: ½ HP	- Consumo de corriente es bajo	- Torque medio
- Alimentación: Eléctrica 12/24VDC	- Tiene una variedad de trabajo para la alimentación eléctrica	- Se necesita hacer una base para su instalación
- Velocidad: 4000 RPM	- Liviano	
- Peso: 3,5 kg	- Tiene un costo accesible por las características que presenta.	
- Costo 200\$		

Realizado por: Yanca. O y Castillo. Y. 2017

❖ **Alternativa B:** Motor Briggs & Stratton Serie 625E



**Figura 25- 2:** Motor Briggs & Stratton Serie 625E

Fuente: [https://s3-ap-southeast-2.amazonaws.com/media1.mydeal.com.au/12671/070417/B21A60\\_08.jpg](https://s3-ap-southeast-2.amazonaws.com/media1.mydeal.com.au/12671/070417/B21A60_08.jpg)

**Tabla 18-2:** Presentación de alternativa B - selección motor de corte

<b>Alternativa B</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Potencia: 6 HP	- Alto torque	- Pesado
- Alimentación: Gasolina	- No consume energía eléctrica	- Alto ruido
- Velocidad: 4000 RPM		- Costo elevado
- Peso: 10,9 kg		- Produce vibraciones
- Costo 300\$		

Realizado por: Yanca. O y Castillo. Y. 2017

### 2.2.3.2 Selección por el método de criterios ponderados

Los criterios que se consideran importantes para la selección de los motores son:

- **Potencia:** La cortadora de césped por ser una maquina móvil debe disponer de un motor de corte con alta potencia por ende torque para que este pueda para que pueda cortar césped en la peor condición.
- **Alimentación:** La alimentación del sistema es indispensable para conocer el tiempo de funcionamiento de la máquina.
- **Costo:** El costo del motor debe ser viable debido a que este siempre es un limitante para el desarrollo de la máquina.
- **Peso:** Mientras menor sea su peso menor consumo de energía y mejor desplazamiento.

### 2.2.3.3 Peso específico de todos los criterios

**Tabla 19-2:** Pesos específico de criterios de selección - motores de corte

<b>potencia &gt; alimentación &gt; costo = peso</b>						
<b>Criterio</b>	<b>potencia</b>	<b>alimentación</b>	<b>costo</b>	<b>peso</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
potencia	-	1	1	1	4	<b>0.4</b>
alimentación	0	-	1	1	3	0.3
costo	0	0	-	0.5	1.5	0.15
peso	0	0	0.5	-	1.5	0.15
SUMA					10	1

Realizado por: Yanha. O y Castillo. Y. 2017

La tabla 19-2. representa el peso de cada criterio tomando en cuenta que el peso de la potencia es mayor que peso de la alimentación y el costo.

### 2.2.3.4 Peso específico para cada una de las alternativas

**Tabla 20-2:** Ponderación para el criterio de la potencia - motor de corte

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
SUMA			3	1

Realizado por: Yanha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 21-2:** Ponderación para el criterio alimentación - motor de corte

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 22-2:** Ponderación para el criterio del costo - motor de corte

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 23-2:** Ponderación para el criterio de peso - motor de corte

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

Finalmente se realiza la tabla final que indica el resultado de la selección del motor de corte:

**Tabla 24-2:** Resultado de la selección de motor de corte

<b>Solución</b>	<b>potencia</b>	<b>alimentación</b>	<b>costo</b>	<b>peso</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Prioridad</b>
Alternativa A	0.1333	0.2	0.1	0.1	0.53333	<b>1</b>
Alternativa B	0.2666	0.1	0.05	0.05	0.4666	2
SUMA					1	

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

### 2.2.3.5 Análisis de resultados

El método de criterios ponderados da como resultado la selección de la alternativa A, que representa al motor eléctrico custom brushless, este tipo de motor es amigable con el medio ambiente ya que es eléctrico, sus altas revoluciones y bajo peso permitirán adecuarlo en el chasis del robot cortacésped para que pueda realizar su función.

## 2.2.4 Selección del actuador lineal para el modelaje

### 2.2.4.1 Presentación de alternativas

Para la selección del controlador del modelaje se debe considerar que debe manipular un rodillo, con la necesidad que suba y baje para dar perspectiva de sombreado en el campo deportivo. Se considera dos tipos de opciones mostrados en las figuras 25-2 y la figura 26-2.

#### ❖ Alternativa A: Actuador Lineal DealMux



**Figura 26- 2:** Actuador Lineal DealMux DC24V

Fuente: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/31XFwbAAAn9L.\\_SX425\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/31XFwbAAAn9L._SX425_.jpg)

**Tabla 25-2:** Presentación de alternativa A – selección actuador lineal.

<b>Alternativa A</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- <b>Fuerza:</b> 60 N a 120 N	- Mayor Alcance	- Costo Elevado
- velocidad rápida 130 mm / s	- Mayor Torque	- Difícil de manipular
- Tensión de trabajo 24Vdc	- Liviano	
- Longitud 50 mm a 400 mm		
- Costo \$81,62		

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

❖ **Alternativa B:** Actuador Lineal Heavy Duty



**Figura 27- 2:** Actuador Lineal Heavy Duty 12Vdc

Fuente: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51mjnXqZ2IL.\\_SL1001\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51mjnXqZ2IL._SL1001_.jpg)

**Tabla 26-2:** Presentación de alternativa B – selección actuador lineal.

<b>Alternativa B</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- <b>Fuerza:</b> 225Lb	- Trabaja a un voltaje deseado	- Velocidad
- velocidad rápida 12 mm / s	- Desempeño confiable	
- Tensión de trabajo 12Vdc	- Funcionamiento estable	
- Longitud 8inch	- Menor costo	
- Costo \$53,70		

Realizado por: Yanca. O y Castillo. Y. 2017

2.2.4.2 Selección por el método de criterios ponderados

Los criterios que se consideran importantes para la selección del microcontrolador:

- **Torque:** Fuerza del dispositivo.
- **Tensión de trabajo:** Considerar el voltaje de entrada para no implementar elevadores de voltaje.
- **Costo:** El costo del producto tiene que ver con la inversión para poder realizar el prototipo.

2.2.4.3 *eso específico de todos los criterios*

**Tabla 27-2:** Pesos específico de criterios de selección – actuador lineal.

<b>Tensión de Trabajo &gt; Torque =Costo</b>					
<b>Criterio</b>	<b>Tensión de trabajo</b>	<b>Costo</b>	<b>Torque</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
Tensión de trabajo	-	1	1	3	<b>0.5</b>
Costo	0	-	0.5	1.5	0.25
Torque	0	0.5	-	1.5	0.25
SUMA				6	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

La tabla 27-2. Representa el peso de cada criterio tomando en cuenta que el peso mayor es la tensión con la que trabajan estos actuadores, después viendo su bajo costo y por último su torque que no es tan importante porque el peso que tiene el rodillo es suficiente para aplastar las hojas del césped.

2.2.4.4 *Peso específico para cada una de las alternativas*

**Tabla 28-2:** Ponderación para el criterio tensión de operación – actuador lineal.

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 29-2:** Ponderación para el criterio costo – actuador lineal.

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 30-2:** Ponderación para el criterio torque

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
		SUMA	3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

Finalmente se realiza la tabla final que indica el resultado de la selección del actuador lineal:

**Tabla 31-2:** Resultado de la selección del actuador lineal

<b>Solución</b>	<b>Tensión de trabajo</b>	<b>Costo</b>	<b>Torque</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Prioridad</b>
Alternativa A	0.16667	0.08333	0.08333	0.33333	2
Alternativa B	0.33333	0.16667	0.16667	0.66667	<b>1</b>
		SUMA			

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

#### 2.2.4.5 *Análisis de resultados*

El método de criterios ponderados da como resultado la selección de la Alternativa B, que representa el actuador lineal Heavy Duty de 12Vdc, consta con una tensión de trabajo adecuado sin necesidad de utilizar un elevador ya que la batería a utilizar es de 12Vdc, un costo adecuado para el presupuesto planteado al inicio de este prototipo.

### 2.2.5 *Selección del dispositivo para visión artificial*

#### 2.2.5.1 *Presentación de alternativas*

En la etapa de hardware, se tomó en cuenta la adquisición de datos mediante, cámara Raspberry Pi v2 y PixyCam, se debe considerar que la cámara adquiera la imagen y que sea compatible con el microcontrolador ya obtenido anteriormente. Se considera dos tipos de opciones mostrados en las figuras 28-2 y la figura 29-2.

❖ **Alternativa A:** Raspberry Pi cámara



**Figura 28- 2:** Raspberry Pi cámara

**Fuente:** [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51IfpMHDgWL.\\_SL1000\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51IfpMHDgWL._SL1000_.jpg)

**Tabla 32-2:** Presentación de alternativa A – selección dispositivo visión artificial.

<b>Alternativa A</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Capacidad de 8Mpíxels	- Velocidad de datos extremadamente alto	- No tiene instalado un filtro
- Tamaño 25mm x 23mm x 9mm	- Es compatible con los videos 1080p30, 720p60 y 640x480p60 / 90.	- Raspberry Pi no incluido
- Peso 3g	- Liviano	
- Conexión bus CSI	- Tiene un costo accesible por las características que presenta.	
- Costo \$30,00		

**Realizado por:** Yancha. O y Castillo. Y. 2017



❖ **Alternativa B:** Cámara Adquisición de imagen PixyCam



**Figura 29- 2:** Cámara CMUcam5 Pixy

**Fuente:** <http://www.coldfire-electronica.com/mystore/item/244/b/camara-pixy-cmucam5-sensor>

**Tabla 33-2:** Presentación de alternativa B – selección dispositivo visión artificial.

<b>Alternativa B</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- La utilidad de configuración se ejecuta en Windows, MacOS y Linux	- Se adapta a cualquier microcontrolador.	- Alto costo
- Salida analógica / digital	- Adaptable microcontrolador Arduino	- Programación con un software
- Se comunica a través de una de varias interfaces: SPI, I2C, UART, USB	- Iluminación externa no afecta en su proceso	
- Costo \$70	- Fácil instalación.	

**Realizado por:** Yancha. O y Castillo. Y. 2017

Es una cámara con un sensor de imagen y un procesador, esta cámara se puede programar para enviar solo la información que se está buscando, la principal ventaja de esta cámara es que está adaptada para conectarse directamente a un microcontrolador, como el Arduino en cualquiera de sus modelos, lo que ha influido para escoger este como microcontrolador y la iluminación en el exterior no afectará en su proceso (Dominguez Gonzales , 2016).

2.2.5.2 Selección por el método de criterios ponderados

Los criterios que se consideran importantes para la selección de los sensores de adquisición de imágenes:

- **Compatibilidad:** Un factor muy importante por la compatibilidad que debe tener con el microcontrolador.
- **Software:** Una programación fácil y que no necesite mucho de investigación.
- **Costo:** Valor que se ajuste a nuestro prototipo.

### 2.2.5.3 Peso específico de todos los criterios

**Tabla 34-2:** Pesos específico de criterios de selección - motores de tracción

<b>compatibilidad &gt; software &gt; costo</b>					
<b>Criterio</b>	<b>compatibilidad</b>	<b>software</b>	<b>Costo</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
compatibilidad	-	1	1	3	<b>0.5</b>
software	0	-	1	2	0.333333
costo	0	0	-	1	0.166667
SUMA					

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

La tabla 34-2. Representa el peso de cada criterio tomando en cuenta que el peso de la compatibilidad con el microcontrolador tiene mayor ponderación que el costo de los sensores de adquisición de datos.

### 2.2.5.4 Peso específico para cada una de las alternativas

**Tabla 35-2:** Ponderación para el criterio del torque – dispositivo visión artificial.

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	2	0.333333
Alternativa B	1	-	1	<b>0.666667</b>
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 36-2:** Ponderación para el criterio de compatibilidad con el microcontrolador

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 37-2:** Ponderación para el criterio de software – dispositivo visión artificial.

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 38-2:** Ponderación criterio del costo – dispositivo visión artificial.

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 39-2:** Ponderación criterio de consumo de energía – dispositivo visión artificial.

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

Finalmente se realiza la tabla final que indica el resultado de la selección del dispositivo de visión:

**Tabla 40-2:** Resultado de la selección del dispositivo de visión artificial.

<b>Solución</b>	<b>Compatibilidad</b>	<b>Software</b>	<b>Costo</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Prioridad</b>
Alternativa A	0.166667	0.111111	0.111111	0.388889	2
Alternativa B	0.333333	0.222222	0.055556	0.611111	<b>1</b>
SUMA				1	

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

### 2.2.5.5 Análisis de resultados

El método de criterios ponderados da como resultado la selección de la alternativa B, que representa el La cámara Pixy CMU 5 como un sensor de adquisición de colores y consta con su propio software llamado PixyMon, su costo de implementación no es excesivamente elevado.

## 2.2.6 Selección del HMI

### 2.2.6.1 Presentación de alternativas

Para poder determinar qué tipo de HMI proporciona una interfaz de control y visualización muy amigable con el usuario con una resolución aceptable y comunicación estable se presentan dos posibles soluciones que se muestran en la figura 30-2 y la figura 31-2.

#### ❖ Alternativa A: Winstar Display Módulo LCD de 7TFT/.



**Figura 30- 2:** Winstar Display, LCD TFT/WF70HTIAGDNN0

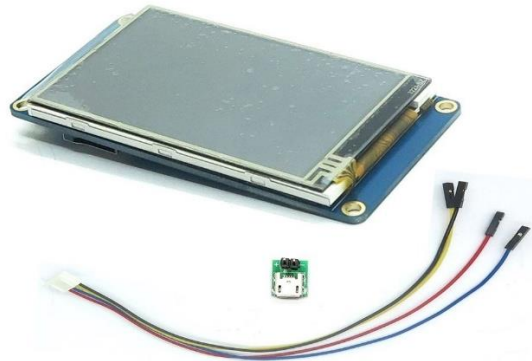
Fuente:<http://www.winstar.com.tw/uploads/photos/standard-tft-lcd-module/WF70HTIAGDNN0.jpg>

**Tabla 41-2:** Presentación de alternativa A - selección del HMI

<b>Alternativa A</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Resolución: 800x480	- Compatibilidad con Raspberry Pi, Arduino	- NO es táctil
- Alimentación: 6V-260mA.		- No tiene controlador incorporado
- Dimensiones: 165 x 104.8		- Excesivo cableado
- Costo 100\$		

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

❖ **Alternativa B:** : Pantalla Nextion NX8048T070; 7pulg



**Figura 31- 2:** Pantalla Nextion NX8048T070; 7pulg  
**Fuente:** <https://hetpro-store.com/images/detailed/9/NX4024T032-01.jpeg>

**Tabla 42-2:** Presentación de alternativa B - selección del HMI

<b>Alternativa B</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Resolución: 800x480	- Panel táctil	- Librerías no oficiales
- Alimentación: 5V-510mA.	- Buena resolución, Brillo ajustable.	Dificultad en programación
- Dimensiones: 181x108x09	- Pocos cables de conexión	
- Memoria Flash: 16Mgb	- Compatibilidad con Raspberry Pi, Arduino	
- Peso: 264 gr		
- Costo 82\$		

**Realizado por:** Yanca. O y Castillo. Y. 2017

2.2.6.2 Selección por el método de criterios ponderados

Los criterios que se consideran importantes para la selección de los motores son:

- **Costo:** El costo del motor debe ser viable debido a que este siempre es un limitante para el desarrollo de la máquina.
- **Programación:** Mientras más básica sea la programación mejores resultados de interfaz.
- **Alimentación:** La alimentación del sistema es indispensable y adaptable a nuestro voltaje.

2.2.6.3 *Peso específico de todos los criterios*

**Tabla 43-2:** Pesos específico de criterios de selección – HMI.

<b>costo &gt; programación =alimentación</b>					
<b>Criterio</b>	<b>costo</b>	<b>programación</b>	<b>alimentación</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
costo	-	1	1	3	0.5
programación	0	-	0.5	1.5	0.25
alimentación	0	0.5	-	1.5	0.25
SUMA				6	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

La tabla 43-2. representa el peso de cada criterio tomando en cuenta que el costo es mayor que el de la programación y alimentación.

2.2.6.4 *Peso específico para cada una de las alternativas*

**Tabla 44-2:** Ponderación para el criterio de costo – HMI.

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 45-2:** Ponderación para el criterio de programación - HMI

<b>Alternativa A &gt; Alternativa B</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>∑+1</b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	1	2	<b>0.666667</b>
Alternativa B	0	-	1	0.333333
SUMA			3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

**Tabla 46-2:** Ponderación para el criterio alimentación - HMI.

<b>Alternativa B &gt; Alternativa A</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Alternativa A	-	0	1	0.333333
Alternativa B	1	-	2	<b>0.666667</b>
		SUMA	3	1

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

Finalmente se realiza la tabla final que indica el resultado de la selección del HMI:

**Tabla 47-2:** Resultado de la selección del HMI

<b>Solución</b>	<b>costo</b>	<b>programación</b>	<b>alimentación</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Prioridad</b>
Alternativa A	0.1666	0.1666	0.0833	0.4165	2
Alternativa B	0.3333	0.0833	0.1666	0.5832	<b>1</b>
		SUMA		1	

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

#### 2.2.6.5 *Análisis de resultados*

El método de criterios ponderados da como resultado la selección de la alternativa B, que representa a la pantalla Nextion, este tipo de pantalla presenta una programación de dificultad media pero simplificada, su resolución permite un amplio despliegue de interfaz con el usuario.

### 2.3 **Implementación del sistema de tracción**

Para poder desplazar un móvil existe diferentes configuraciones de tracción; las llantas o ruedas, las patas o espiras, las cadenas u orugas son algunos ejemplos de éstas y serán elegidos según la actividad a realizar.

Para poder elegir uno de estos tipos se debe tomar en cuenta varios parámetros como la fuerza, la potencia, la velocidad y otros factores como el tipo de motor que se emplea o la superficie en donde se va a trabajar, estos detalles permitirán obtener un control fiable y una correcta locomoción del robot.

### 2.3.1 *Parámetros de tracción*

Se definieron y calcularon tres parámetros importantes en el sistema de tracción, estos son la potencia, la velocidad y la fuerza.

#### 2.3.1.1 *Potencia*

La potencia viene definida en los sistemas eléctricos como:

$$P = V \cdot I$$

**Ecuación 2-1:** Fórmula de potencia.

Donde:

$P$ , Potencia del sistema, [ $W$ ].

$V$ , Voltaje del motor, [ $V$ ].

$I$ , Amperaje del motor, [ $A$ ].

Aplicando los valores particulares en la ecuación 2-1 se tiene:

$$P = (12 V) \times (7 A) = (84 W) \times \left( \frac{1 HP}{746 W} \right) = 0,11 HP$$

Por lo tanto, la potencia es de 0,11HP.

#### 2.3.1.2 *Módulo o Velocidad*

La velocidad o modulo se calcula mediante:

$$V = \omega \cdot r$$

**Ecuación 2-2:** Obtención de la velocidad

Donde:

$V$ , Velocidad, [ $m/seg$ ].

$\omega$ , Velocidad angular, [ $rad/seg$ ].

$r$ , radio de la salida, [ $cm$ ].



Tomando en cuenta la velocidad angular de los motores que se utilizará,  $\omega = 178rpm$ .

$$\omega = \left(178 \frac{rev}{min}\right) \times \left(\frac{2\pi \times rad}{1 rev}\right) \times \left(\frac{1 min}{60 seg}\right) = 18,64 rad/seg$$

Aplicando la ecuación 2-2, consideramos convertir radianes sobre segundo a metros sobre segundo:

$$V = 18,64 \frac{rad}{seg} \times 3,5cm \times \left(\frac{1 m}{100 cm}\right) = 0,65 m/seg$$

Por lo tanto, la velocidad es de 0,65 m/seg.

### 2.3.1.3 Fuerza

La fuerza es la relación entre potencia y velocidad:

$$F = P/V$$

**Ecuación 2-3:** Obtención de la fuerza entre potencia y velocidad

Donde:

$F$ , Fuerza, [ $N$ ]

$P$ , Potencia del motor, [ $W$ ]

$V$ , Velocidad, [ $m/seg$ ]

Aplicando la ecuación 2-3 se obtiene la fuerza:

$$F = \frac{84 W}{0,65 m/seg} = 129,23 Newton$$

Por lo tanto, la fuerza es de 129,23 Newton

### 2.3.2 Llantas o Ruedas

Para poder movilizar a nuestro robot se utiliza ruedas o llantas puesto que la superficie en donde se va a recortar es plana y no presenta deformidad, esta configuración se analizó detalladamente y se concluyó que es la adecuada.



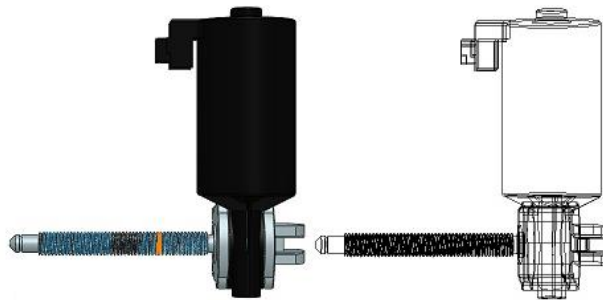
**Figura 32- 2:** Rueda

**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

La figura 32-2 muestra la llanta que se va utilizar en el robot cortacésped su diámetro total es de 172 mm por ende tiene un radio de 86 mm, consta de un orificio de 11 mm de radio en su origen donde encajará una pieza de acoplamiento para enlazarse con el engranaje del motor.

### 2.3.3 *Acoplamiento llanta a tornillo del motor de tracción*

Los motores de tracción se seleccionaron anteriormente, su diseño en Solidworks se muestra en la figura 33-2.



**Figura 33- 2:** Motor de tracción

**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Este tipo de motores tienen suficiente torque para tolerar pesos elevados, para poder conectar las llantas al tornillo de dirección del motor se requiere una pieza de acoplamiento tal cual como se muestra en la figura 34-2.



**Figura 34- 2:** Pieza de acoplamiento llanta-motor

**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

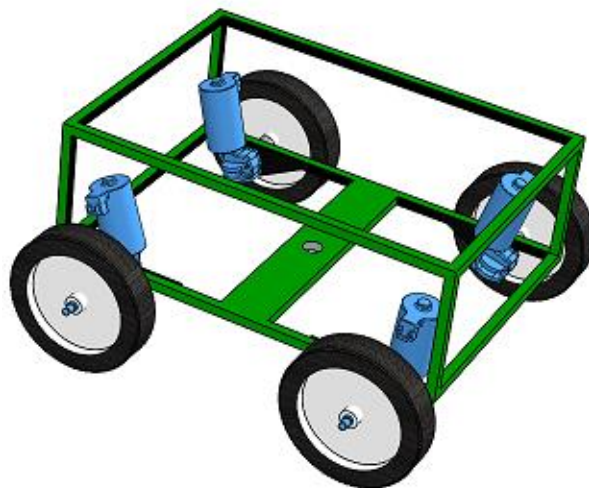
Esta pieza de acoplamiento tiene forma de un cilindro hueco su radio mayor es de 11mm y su radio menor es de 6mm, el tonillo del motor pasará por la abertura de esta pieza para ser ajustado mediante un tornillo prisionero, este tornillo se utiliza a menudo cuando intervienen fuerzas de fricción impidiendo también el movimiento o giro entre piezas, la figura 35-2 muestra cómo queda el acoplamiento final de la llanta y el motor.



**Figura 35- 2:** Acoplamiento final de la llanta y el motor  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

#### 2.3.4 *Montaje del sistema de tracción al chasis*

Mediante los soportes de tracción que se realizaron en el diseño estructural mecánico se procede a sujetar el sistema de tracción al chasis, la fricción del movimiento ocasionará que el chasis experimente vibraciones que serán perjudiciales ocasionando que el robot cortacésped pierda equilibrio, realice un mal corte y produzca deslizamiento o patinaje de las llantas en el terreno por este motivo es muy importante que las piezas estén bien compactadas en esta etapa del diseño, el resultado de este montaje se ilustra en la figura 36-2.



**Figura 36- 2:** Montaje del sistema de tracción al chasis  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

## **2.4 Implementación del sistema de corte**

La cuchilla y el motor de corte son dos elementos principales que intervienen en esta etapa, la cuchilla es acero inoxidable debido a que este material evita un deterioro precoz del filo.

La energía adecuada, el ancho y la altura de corte, las dimensiones del área a cortar y la tracción automática son parámetros fundamentales que intervienen en este diseño y los cuales deberán ser elegidos correctamente dependiendo de la labor que va a desempeñar el robot y el área en donde se va a trabajar.

### **2.4.1 Parámetros de corte**

#### **2.4.1.1 Fuente de energía**

##### **❖ Podadoras a gasolina.**

Estas podadoras son accionadas por motores de combustión interna, que por lo general son motores de cuatro tiempos enfriados por aire, que se accionan por medio de la gasolina y regularmente cuentan con un solo cilindro, su potencia oscila entre 2 y 7 caballos de fuerza. Estos motores cuentan con un carburador y arranque manual o eléctrico. Los equipos de encendido manual son aquellos que requieren tirar de una cuerda para accionar el motor, por otro lado, los eléctricos cuentan con arranque con marcha y switch para su arranque.

##### **❖ Podadoras a batería eléctrica recargable.**

Estas cortadoras de pasto funcionan con una batería recargable de 12 voltios para mover un motor eléctrico. Las baterías pueden estar en el interior de la cortadora de césped o en el exterior. Con estas podadoras de pasto se tiene un trabajo sin contaminación por combustión, menos ruido de motor, ahorro en mantenimientos de los mismos y sin consumo de gasolina y aceite, lo que las hace más prácticas en jardines medianos y pequeños. Su uso es más amigable con el medio ambiente y con el usuario.

En consecuencia y después de enunciar estos dos tipos de fuente de energía se opta por usar un motor eléctrico para el sistema de corte el cual se va a dimensionar en esta etapa de diseño y en vista de que existe ventajas más razonables y éticas que al usar una fuente de energía a gasolina.

#### 2.4.1.1 *Ancho de Corte*

- ❖ Para áreas menores a 1,500 m<sup>2</sup>.

Las podadoras de pasto 16 a 20 pulg. se recomienda para cortar todas esas aéreas de dimensiones reducidas, tal como alrededor de arbustos, esquinas y orillas de un cercado. Este tipo de podadoras cuentan con motores hasta de 4 Hp. a gasolina. Para comodidad se puede contar con bolsa recolectora de pasto. También se recomiendan ampliamente en este rango las podadoras eléctricas, por sus grandes ventajas para el trabajo.

- ❖ Para áreas mayores a 1,500 m<sup>2</sup>.

Se recomienda un ancho de corte de 21 a 22 pulg. para áreas de 1,500 M2 o más metros, usando unidades equipadas con motores desde 4.5 hasta 7 Hp. en tipo cuchilla y de rodillo también, con trabajo de corte fino. En este nivel se cuenta con opciones diversas en equipamientos como arranque eléctrico, bolsa recolectora, tipos de ruedas, etc.

- ❖ Para áreas de hasta 5,000 m<sup>2</sup> o más.

Se recomienda una podadora de pasto con un ancho de corte de 20 a 27 pulg.

En efecto, las áreas de trabajo del prototipo son escenarios deportivos mayores a 5000 m<sup>2</sup> por lo que se debe diseñar una cuchilla de 20 a 27 pulg. de ancho, no obstante, como solo es un prototipo omitiremos este ancho de corte utilizando el ancho que se especificó en el diseño estructural.

#### 2.4.1.2 *Altura de Corte*

Conviene saber que, a través de la hoja, el césped realiza una función vital llamada fotosíntesis, básicamente consiste en fabricar nutrientes transformando materiales sencillos en otros ricos en energía con ayuda de la luz del sol, necesarios para su crecimiento y desarrollo. Todo este proceso se realiza en la hoja, interviniendo en este proceso la clorofila y que le aporta ese característico color verde que tiene. Si el corte eliminara gran parte de la hoja o su totalidad de forma habitual, el césped tendría graves problemas para sobrevivir.

Cada variedad de césped natural tienen sus propias especificaciones de corte, pero como norma general no se debería cortar más de una tercera parte de la hoja. Por ejemplo, si el césped debe tener 5 cm. de altura, la siega se realizaría cuando alcanzara los 7,5 cm. de altura.

Un césped alto es más resistente ante los ataques de insectos y climas extremos, un césped que se corte bajo se le está provocando que las raíces sean endebles y poco profundas, afecta a las yemas y agota a la planta por reducción fotosintética. Por lo anterior, con frío o mucho calor, se suele dejar el césped un poco más alto de lo normal para que pueda resistir mejor estas adversidades climáticas y desarrolle raíces fuertes.

En el caso de los escenarios deportivos y gracias al mecanismo ajustable de altura que tiene la cuchilla el prototipo puede tomar valores de alturas que requiera el usuario haciendo que lo anterior dicho se pueda realizar sin afectar el ciclo de vida del césped.

#### 2.4.1.3 *Sistemas de propulsión*

##### ❖ Podadoras propulsión manual.

Diseñadas para ser fáciles de empujar en todo terreno, ecológicas, al no usar medio de energía contaminante, sino el esfuerzo humano. Tienen la ventaja de hacer el trabajo con corte fino de pasto.

##### ❖ Podadoras propulsión de tracción delantera.

Podadoras Autopropulsadas por las ruedas delanteras facilita cortar áreas grandes más rápido con menos esfuerzo. Disponible en una velocidad (para uso en áreas sin muchos obstáculos) y con velocidad variable (para aumentar maniobrabilidad).

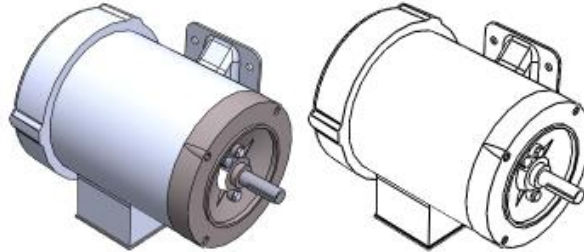
##### ❖ Podadoras propulsión de tracción trasera.

Podadoras Autopropulsadas por las ruedas traseras crea una mejor tracción en condiciones de terreno inclinado. Velocidad variable es estándar.

El prototipo utiliza propulsión delantera y trasera debido a la exigencia que presenta el terreno, esto ayudará a obtener un mayor torque y velocidad para un desplazamiento óptimo.

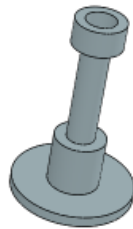
#### 2.4.2 Acoplamiento cuchilla a motor

El motor que se utilizan para accionar las cuchillas fue seleccionado anteriormente, este motor presenta varias características esenciales como velocidad, fuerza y potencia su diseño en Solidworks se muestra en la figura 37-2.



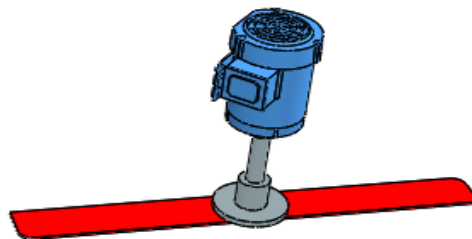
**Figura 37- 2:** Motor de corte  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Este tipo de motor posee alto torque y buenas revoluciones necesarios para realizar el corte, para poder conectar la cuchilla a este motor se requiere una pieza de acoplamiento tal cual como se muestra en la figura 38-2.



**Figura 38- 2:** Pieza de acoplamiento cuchilla-motor  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

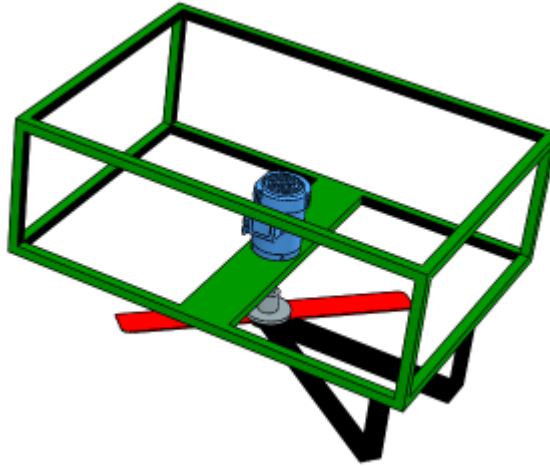
Esta pieza de acoplamiento tiene forma de un cilindro sus dimensiones fueron detalladas en el diseño de sistema estructural mecánico, este acoplamiento está diseñado para incrustarse en el motor de corte por medio de un pasador y a la cuchilla por medio de pernos de presión, la figura 39-2 muestra cómo queda el acoplamiento final de la cuchilla y el motor.



**Figura 39- 2:** Acoplamiento final de la llanta y el motor  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 2.4.3 *Montaje del sistema de corte al chasis*

Para finalizar se asegura bien el sistema de corte al chasis puesto que un mal agarre puede afectar el funcionamiento de la cuchilla, el resultado final se ilustra en la figura 40-2.



**Figura 40- 2:** Montaje del sistema de corte al chasis  
Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

## 2.5 **Implementación del sistema de modelaje**

Los diseños de corte no solo hacen que el césped tenga una apariencia más particular sino también previenen problemas como la compactación al cortar en diferentes direcciones. Es importante no cortar el césped siempre en la misma dirección, hay que tratar de cambiar los diseños y los lugares de partida del corte para minimizar problemas. Para tener una intensidad del diseño en el césped tenemos que tener en cuenta algunos parámetros.

### 2.5.1 *Parámetros de corte*

#### 2.5.1.1 *Rodillo.*

Ejercer una buena presión permitirá un doblez más pronunciado del césped por este motivo aumentará la diferencia de color en su perspectiva.

#### 2.5.1.2 *Altura de corte.*

Corte muy bajo la intensidad será menor, corte mayor aumentará el efecto del diseño.

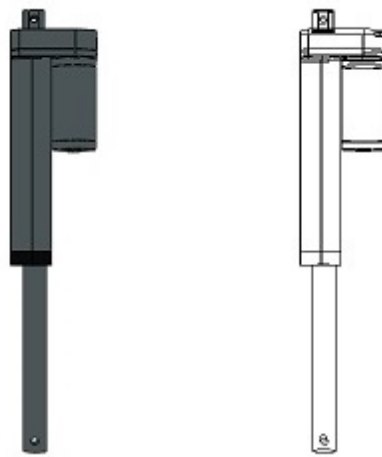


### 2.5.1.3 Hora del día.

Se debe tomar en cuenta estos parámetros para elegir los componentes ideales en esta etapa principalmente el actuador lineal y el rodillo puesto que de estos dependerá el efecto del diseño.

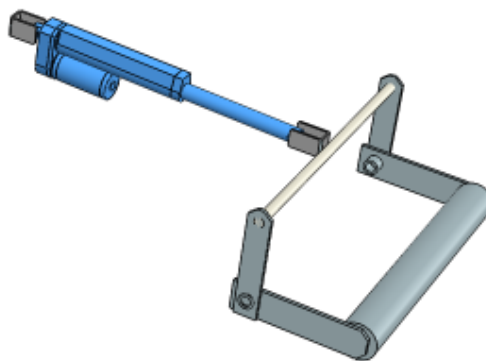
### 2.5.2 Mecanismo accionador de actuador lineal a rodillo

Se utilizó en este sistema un actuador lineal que fue elegida anteriormente, su diseño en Solidworks se muestra en la figura 41-2.



**Figura 41- 2:** Actuador Lineal  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

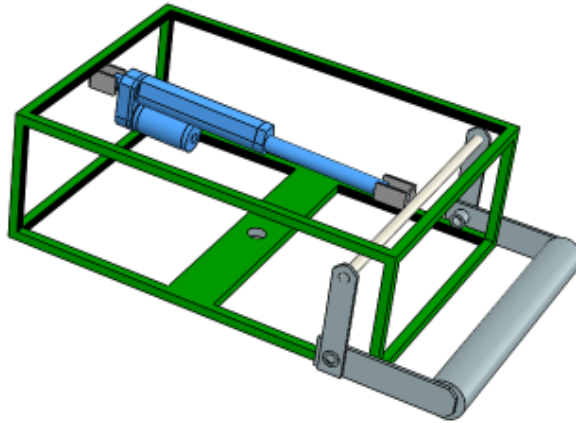
Este tipo de actuador es muy útil ya que presenta una capacidad de carga elevada y será punto clave para aplastar el césped, para poder subir y bajar el rodillo se requiere un mecanismo tal cual como se visualiza en la figura 42-2, este mecanismo tiene como función principal aplastar el césped y así obtener los diseño respectivos.



**Figura 42- 2:** Acoplamiento final del actuador lineal y el rodillo  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 2.5.3 *Montaje del sistema de modelaje al chasis*

El montaje del sistema de modelaje al chasis se lo realiza por medio de tuercas y pernos, estos se encargan de sujetar el actuador lineal de una manera segura puesto que un mal ajuste puede deformarla la estructura del chasis al accionar el actuador, el resultado de este montaje se ilustra en la figura 43-2.



**Figura 43- 2:** Montaje del sistema de modelaje al chasis  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

## 2.6 **Implementación del sistema de visión artificial**

Esta etapa de diseño es muy importante para el funcionamiento del prototipo, el procesamiento de imágenes y las técnicas de visión permiten que el robot avance por el terreno realizando la tarea encomendada. Desde el punto de vista de la visión aplicada a la robótica, se presentan dos características relevantes a estudiar que son localización y reconocimiento.

### 2.6.1 *Parámetros de visión*

#### 2.6.1.1 *Localización.*

La localización consiste en el cálculo de posiciones y orientaciones tridimensionales de los elementos que hay presentes en el entorno, una vez que ha sido registrada una vista de la misma en una imagen. A esta última se le conoce como escena. De este modo, en todo momento, cada elemento sabrá qué posición y orientación ocupa respecto al resto de los elementos con los que interactúa.

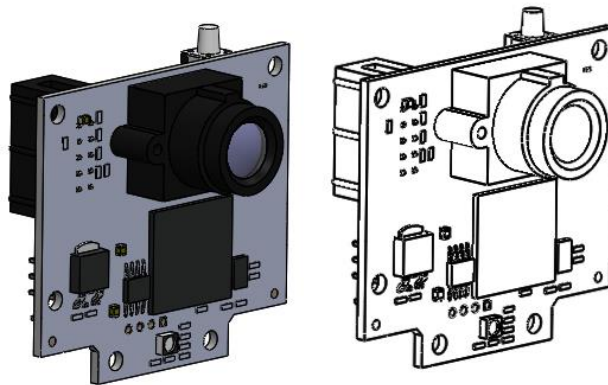
### 2.6.1.2 Reconocimiento.

El reconocimiento hace referencia al conocimiento de características de los elementos, y en particular de los que pueden ser objeto de una posible manipulación. Estas características permiten determinar qué objeto está siendo analizado en un determinado momento

Se debe tomar en cuenta estos parámetros para elegir correctamente los componentes que participan en este sistema, la cámara de adquisición de datos y el software para la visión artificial juegan un papel crucial en esta etapa.

### 2.6.2 Dispositivo de visión

El dispositivo de visión se seleccionó anteriormente y su diseño en Solidworks se muestra la figura 44-2, este dispositivo es especial y fue creada netamente para el análisis y procesamiento de imágenes facilitando un poco el trabajo de visión.



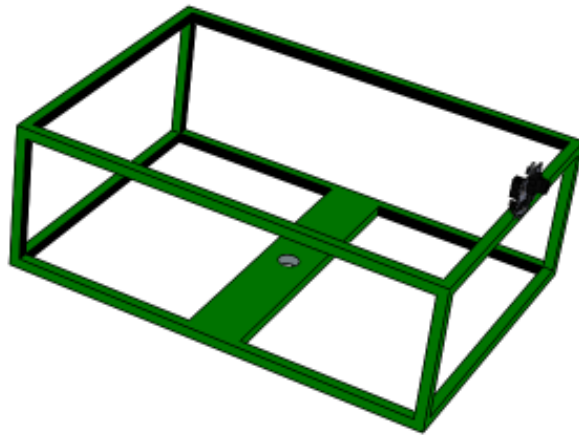
**Figura 44- 2:** Cámara de adquisición de datos

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

Este tipo de cámara es muy útil ya que presenta una capacidad de procesamiento de imágenes elevada.

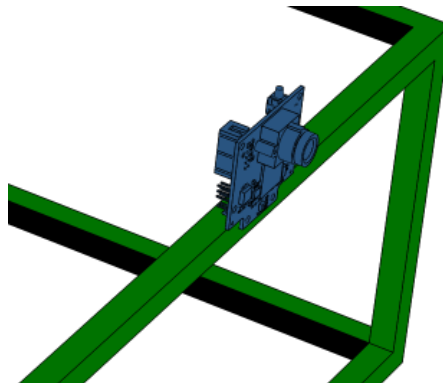
### 2.6.3 Montaje del sistema de visión al chasis

El montaje del sistema de visión se lo realiza por medio de dos tornillos de 47 mm y tuercas, estos se encargan de sujetar la cámara de visión al chasis, el resultado de este montaje se ilustra en la figura 45-2.



**Figura 45- 2:** Montaje del sistema de visión al chasis  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Se debe tomar en cuenta que la cámara debe estar centrada en la parte frontal del prototipo debido a la programación del prototipo, el resultado se puede observar de mejor manera en la figura 46-2.



**Figura 46- 2:** Zoom del sistema de modelaje en chasis  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

## 2.7 Implementación del sistema electrónico

El sistema electrónico se encarga de plasmar todos los elementos y componentes que se usan para controlar el prototipo en una sola tarjeta, placa o baquelita, esta placa debe ubicarse correctamente para que no sufra daños o deterioro por factores externos que se original a la hora de poner en marcha el robot, su función es acondicionar todos los sistemas y hacerlos trabajar en conjunto tomando en cuenta algunos parámetros.

## **2.7.1 Parámetros para el sistema electrónicos**

### *2.7.1.1 Dimensiones.*

El tamaño es un parámetro importante en el diseño de las tarjetas electrónicas el objetivo es reducir lo más posible para que no ocupe mucho espacio y pueda colocarse fácilmente en el prototipo.

### *2.7.1.2 Protecciones.*

Algunos sistemas del prototipo como el corte manejan corrientes elevadas por lo que se debe dimensionar algunas protecciones para que no exista corrientes fuga y puedan afectar al microcontrolador o a los componentes más sensibles.

### *2.7.1.3 Prueba de pistas.*

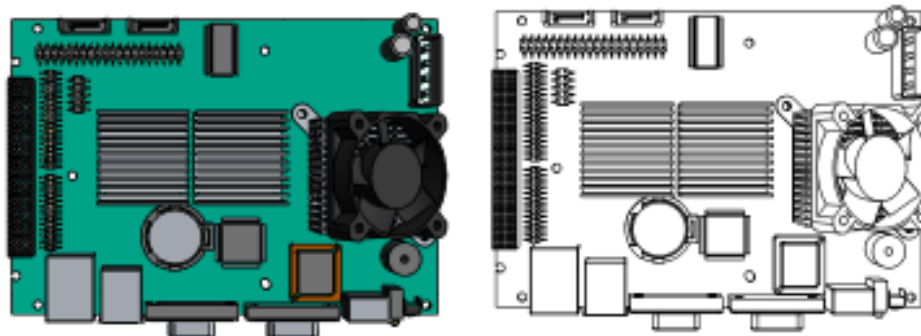
Antes de fijar los componentes se debe comprobar la continuidad y no continuidad con alguna herramienta de medición como el multímetro esto ayudara a corregir fallas de impresión y a prevenir cortocircuitos futuros.

### *2.7.1.4 Soldadura de componentes.*

Los componentes deben ser soldados a las pistas de la placa con esferas de sueldas no muy gruesas o finas ya que pueden hacer contactos con las demás pistas o no pueden adherirse al componente.

## **2.7.2 Tarjeta electrónica**

Este tipo de tarjetas son muy usadas en las implementaciones de prototipos, su diseño se lo realiza en el software Proteus este permite la interacción de todos los componentes de prototipo para obtener circuitos esquemáticos y circuitos impresos que servirá para corroer la tarjeta electrónica y posteriormente soldar los componentes, la tabla 48-2 detalla algunas ventajas que poseen estas placas, su diseño se presenta en la figura 47-2.



**Figura 47- 2:** Tarjeta electrónica  
 Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

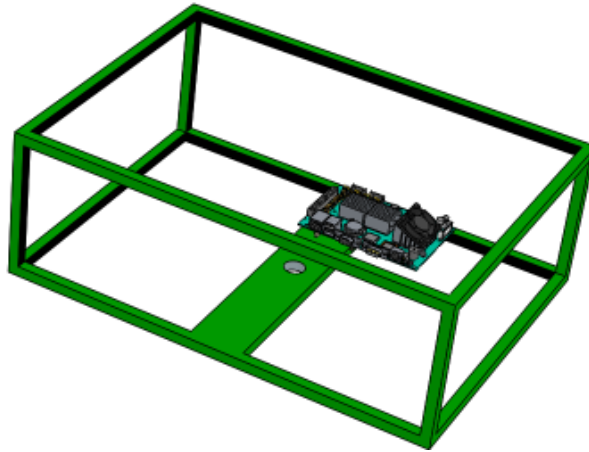
**Tabla 48-2:** Características de la tarjeta electrónica.

Características	Ventaja
Mecánicas	Suficiente rígido para mantener los componentes
	Fácil de taladrar
Químicas	Retardante de llamas
	No absorbe demasiada humedad
Térmicas	Disipa bien el calor.
	Soporta calor de soldadura
Eléctricas	Constante dieléctrica baja
	Rigidez dieléctrica

Realizado por: Yancha. O y Castillo. Y. 2017

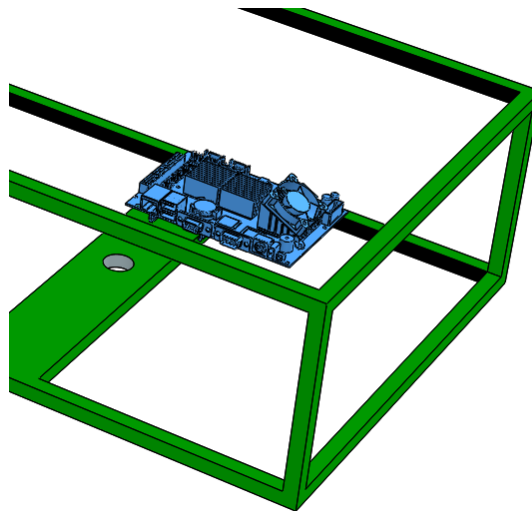
### 2.7.3 Montaje del sistema electrónico al chasis

El montaje de este sistema se lo hace por medio de tornillos y tuercas, estos se sujetarán a la placa y evitan el movimiento o contacto directo de las pistas a factores externos que podrían averiarlo, el resultado de este montaje se ilustra en la figura 48-2.



**Figura 48- 2:** Montaje del sistema electrónico al chasis  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

La tarjeta electrónica debe ubicarse en un lugar específico para que no interfiera con los demás sistemas y pueda aislarse de afecciones que podrían dañarla, el montaje se puede observar de mejor manera en la figura 49-2.

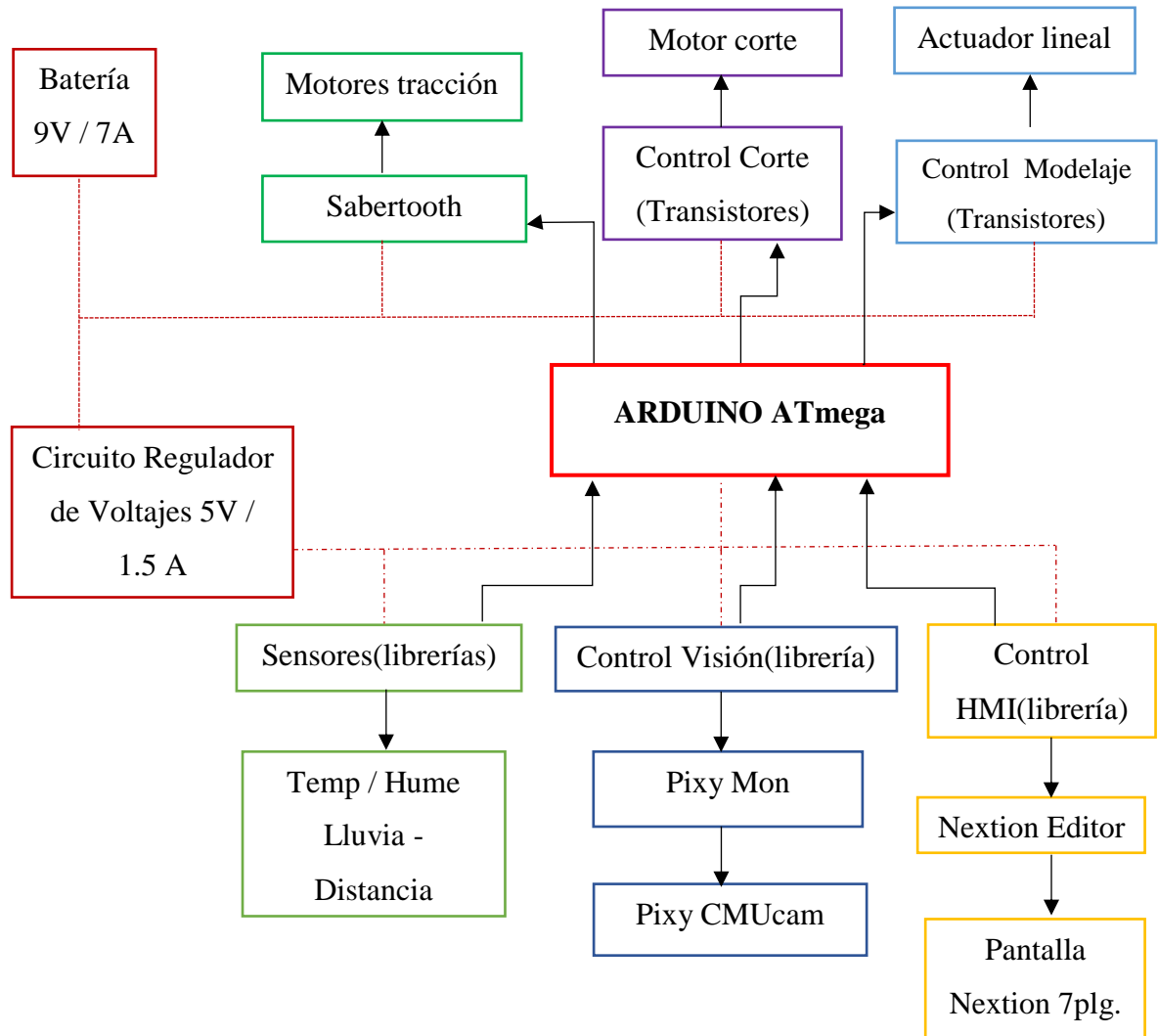


**Figura 49- 2:** Zoom del sistema electrónico al chasis  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

## 2.8 Control de sistemas del robot cortacésped

Este sistema se encarga de controlar todos los componentes de los sistemas o variable de entrada para poder manipular la salida de modo que pueda adoptar un valor fijo o variable, los sistemas de control deben ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos, y ser eficiente según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.

### 2.8.1 Diagrama final de control



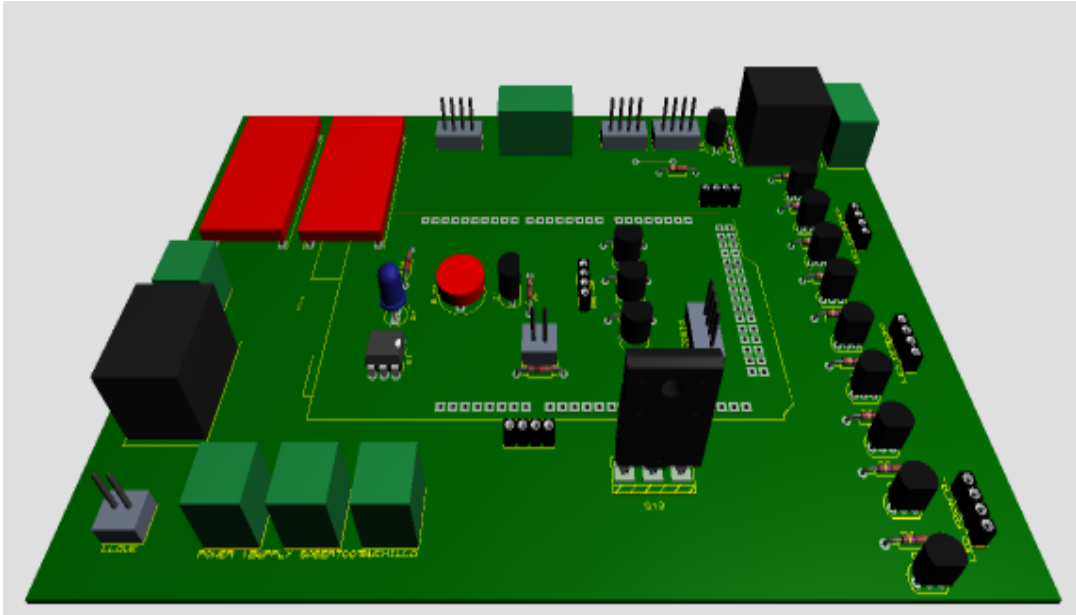
**Figura 50- 2:** Diagrama final de control

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 2.8.2 Control principal

El encargado del control general del prototipo es la tarjeta principal, esta se encarga de controlar todos los dispositivos como los sensores los cuales proporcionan datos del terreno como la temperatura, humedad, detección de lluvia, distancia de obstáculos, entre otros, adicionalmente esta tarjeta también envía señales para el mando de los controladores de tracción, de corte o de modelaje.





**Figura 51- 2:** Tarjeta principal de control

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

### 2.8.2.1 *Control de locomoción*

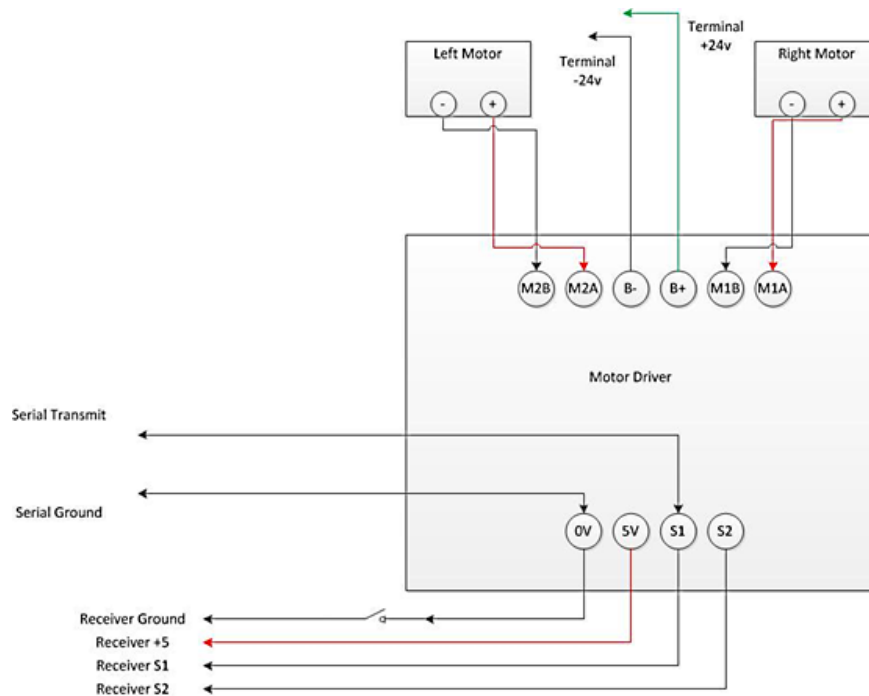
Para el control de locomoción se utiliza un driver llamado sabertooth, este driver permite un control más eficaz y estable de los motores de tracción, el sabertooth cuenta con modos mixtos diseñados especialmente para robots de accionamiento diferencial, en la figura 52-2 se muestra el sabertooth 2x60 que se utiliza para el control de tracción.



**Figura 52- 2:** Sabertooth 2x60.

Fuente: <https://paruro.pe/sites/default/files/sabertooth.jpg>

La conexión del sabertooth a los motores se realiza como se muestra en la figura 53-2.



**Figura 53- 2:** Control del sistema de locomoción

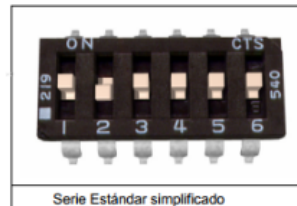
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

El microcontrolador por medio del sabertooth usa una sola señal s1 para el acondicionamiento de los motores, su librería se detalla en la línea 7 del código que se muestra en la figura 54-2, también se muestra el ajuste del DIP switch en modo simplificado.

```

1 // ROBOT CORTACESPED
2 // ESPOCH - FIE - EIECRI
3 // License Omatsito_Y
4
5 // define librerias
6 #include <SoftwareSerial.h>
7 #include <SabertoothSimplified.h>
8
9
10 // Asignacion de puertos seriales a pines digitales
11 SoftwareSerial SWSerial(NOT_A_PIN, 8); // (RX,TX) RX no asignado, (Tx a S1).
12 SabertoothSimplified ST(SWSerial); // Usa SWSerial como un puerto serial.
13
14 void setup()
15 {
16   Serial.begin(9600);
17   SWSerial.begin(9600); //sabertooth velocidad de transmición;
18 } //FIN void setup
19
20
21 void loop()
22 {
23   ST.motor(1,0);
24   ST.motor(2,0);
25   delay(1);
26 } //FIN loop
27

```



**Figura 54- 2:** Acondicionamiento del sabertooth-código ID Arduino

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 2.8.2.2 Control de sensores

Una podadora debe poseer sensores que le permitan saber dónde está, como es el lugar en el que está, a qué condiciones físicas se enfrenta, donde están los objetivos con los que debe interactuar, sus parámetros físicos, etc.

Existe una amplia variedad de dispositivos diseñados para percibir la información externa de una magnitud física y transformarla en un valor electrónico que sea posible introducir al circuito de control, de modo que el robot sea capaz de cuantificarla y reaccionar en consecuencia.

El control de todos los sensores se lo realiza por medio del microcontrolador y mediante subrutinas tal como se muestra en el ejemplo del sensor de temperatura y humedad de la figura 55-2, la misma dinámica se utiliza para todos los sensores.

```
372 void Temp_Hume()           // Detector_Temperatura/Humedad
373 {
374     humedad = dht.readHumidity();      // obtiene el valor de humedad
375     temperatura = dht.readTemperature(); // obtiene el valor de temperatura
376
377     if (isnan(humedad) || isnan(temperatura)) {
378         Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
379         return;
380     }
381 }
```

**Figura 55- 2:** Subrutina sensor humedad, temperatura-código ID Arduino  
Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

### 2.8.2.3 Control de HMI

El control del HMI se lo realiza por medio del software serial1 del microcontrolador, las variables y datos interactúan en ambos sentidos, para utilizar esta pantalla primeramente se define la librería tal como se muestra en la línea 7 del código de la figura 56-2, se debe tomar en cuenta las librerías oficiales de la pantalla puesto que existe librerías de pruebas que no siempre funcionan a la hora de utilizar varias páginas de visualización.

Para la obtención y el envío de datos se debe usar códigos propios de programación de Nextion, estos códigos permitirán obtener el máximo provecho de la pantalla.

```

1 // ROBOT CORTACESPED
2 // ESPOCH - FIE - EIECRI
3 // License Omatsito_Yandri
4
5 // define librerias
6 #include <SoftwareSerial.h>
7 #include <Nextion.h>
8 #define nextion Serial1
9
10 Nextion hmi(nextion,9600);
11
12 void setup()
13 {
14   Serial.begin(9600);
15   hmi.init();           // inicializamos el hmi
16
17 }//FIN void setup
18
19
20 void loop()
21 {
22   // Obtencion de Valores de la pantalla
23 botonControlbt0 = hmi.getComponentValue("control.bt0");
24   // Envio de Valores de la pantalla
25 hmi.setComponentText("sensor.t4"," 95% ");
26
27 }//FIN void loop

```

**Figura 56- 2:** Acondicionamiento Nextion-código ID Arduino  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

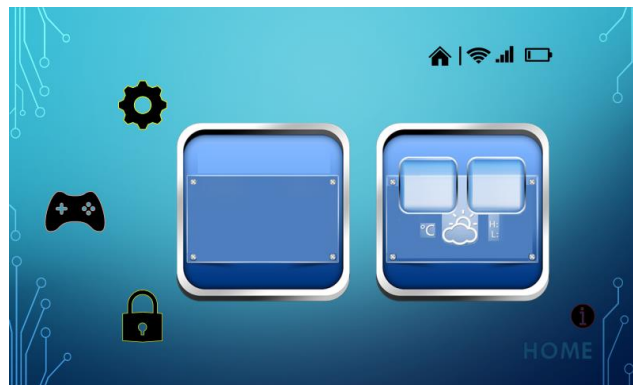
### 2.8.2.3.1 Software

El software de programación del HMI es Nextion Editor V0.48 como se muestra en la figura 57-2, este software permite programar y animar las diferentes pantallas con botones, switch y gráficas para interactuar de mejor manera con el usuario.

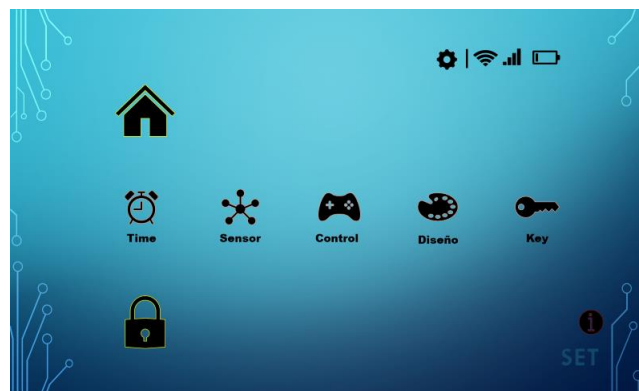


**Figura 57- 2:** Software Nextion Editor  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Finalmente se diseña en este software las diferentes paginas para la interacción de usuario y el robot como se muestra en la figura 58-2 y la figura 59-2.



**Figura 58- 2:** Interfaz usuario-máquina principal  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017



**Figura 59- 2:** Interfaz usuario-máquina set up  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

#### 2.8.2.4 *Control de visión*

Cuando tenemos un robot que utilice OpenCV para el control de la visión artificial debemos considerar dos cosas importantes como la cantidad de datos que se generan en los sistemas de adquisición de imágenes y la capacidad de proceso que necesitamos en nuestros microcontroladores para digerir, manipular y responder adecuadamente a todos esos datos.

Estos problemas lo tenemos casi resuelto con el aparato de Pixy CMUcam5 compatible con Arduino, Raspberry Pi y BeagleBone Black, el control de visión lo realiza el microcontrolador gracias a las librerías propias de este, en la figura 60-2 línea 5 del código se declara la librería a usarse. Esta librería proporciona comandos para obtener datos del algoritmo de visión como se indica en la subrutina scan de la figura con el motivo de manipularlos y utilizarlos para saciar los objetivos del robot cortacésped.

```

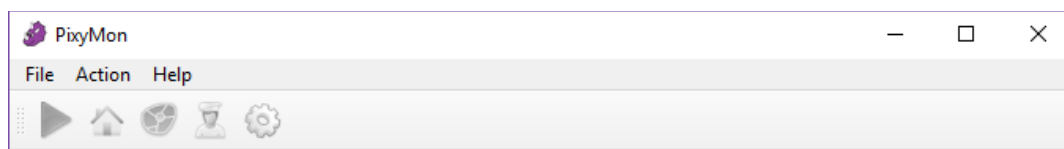
4 #include <SPI.h>
5 #include <Pixy.h>
6 Pixy pixy;
7 void setup()
8 {
9   Serial.begin(9600);
10  pixy.init();
11 }
12 void loop()
13 {
14   while(millis()<5000)
15   {
16     scan();
17     area = width * height; //calculate the object area
18     maxArea = area + 1000;
19     minArea = area - 1000;
20   }
21   scan();
22 }
23 void scan()
24 {
25   uint16_t blocks;
26   blocks = pixy.getBlocks(); //receive data from pixy
27   signature = pixy.blocks[i].signature; //get object's signature
28   x = pixy.blocks[i].x; //get x position
29   y = pixy.blocks[i].y; //get y position
30   width = pixy.blocks[i].width; //get width
31   height = pixy.blocks[i].height; //get height
32 }

```

**Figura 60- 2:** Acondicionamiento PixyCam-código ID Arduino  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

#### 2.8.2.4.1 Software

El software que maneja este sensor se llama PixyMon, este software ayuda a minimizar el ruido generado en el ambiente donde opera mediante cambios de configuración, la figura 61-2 muestra este software.



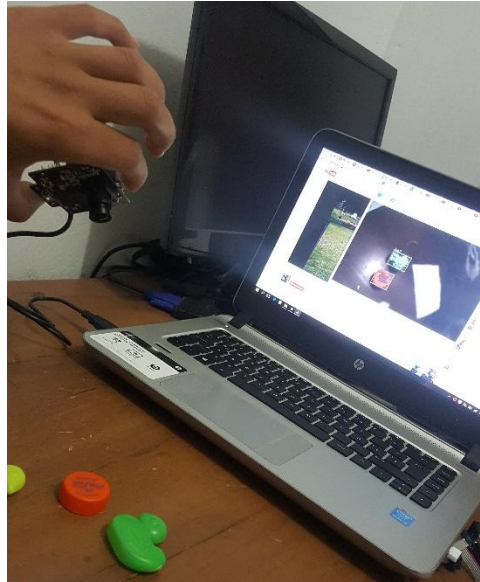
**Figura 61- 2:** Software PixyMon  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

#### Especificaciones:

- ❖ Enseñar los objetos a detectar.
- ❖ Cambiar brillo contraste y otros parámetros de la imagen.
- ❖ Configurar el número máximo de objetos totales y del mismo tipo a detectar.

- ❖ Cambiar el tipo de interfaz de salida

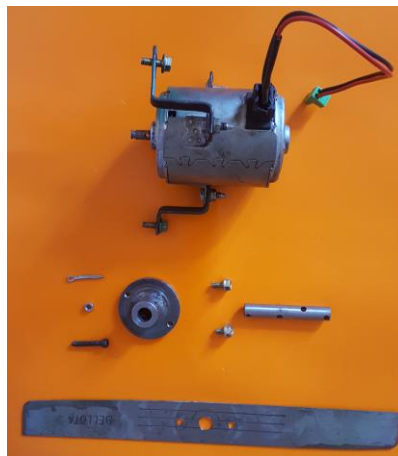
Se realizo la grabación del objeto a detectar y se configuró el brillo de la cámara para que la captura fuera óptima. Finalmente se cambió la interfaz de salida I2C, debido a que la salida SPI interfería en la comunicación entre el PC y el Arduino.



**Figura 62- 2:** Programación en PixyCam  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

## 2.9 Ensamblaje final del robot cortacésped

La implementación y cableado se facilitan puesto que en SolidWorks tenemos todo el prototipo terminado solo se debe ensamblar cada pieza a cada sistema como a continuación lo hacemos con el sistema de corte. La figura 63-2 muestra las piezas necesarias para poder implementar el sistema de corte.



**Figura 63- 2:** Piezas sistema de corte  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017



La figura 64-2 muestra el sistema de corte ya implementado listo para ser montado al chasis.



**Figura 64- 2:** Ensamblaje piezas de corte

**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Al igual que al sistema de corte se procede de la misma manera con los demás sistemas, el cableado se lo realiza como se muestra en la figura 65-2.



**Figura 65- 2:** Cableado de sistemas

**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

El tamaño del cable es dimensionado por motivos de que el prototipo maneja diferentes corrientes, para darle un buen aspecto se poncha a cada extremo del cable con terminales que servirán para fijarse bien y no puedan caer por la fricción que experimenta a la hora del

Finalmente se muestra el Montaje final del robot en la figura 67-2 y figura 68-2.





**Figura 66- 2:** Montaje final del robot vista isométrica – SolidWorks  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

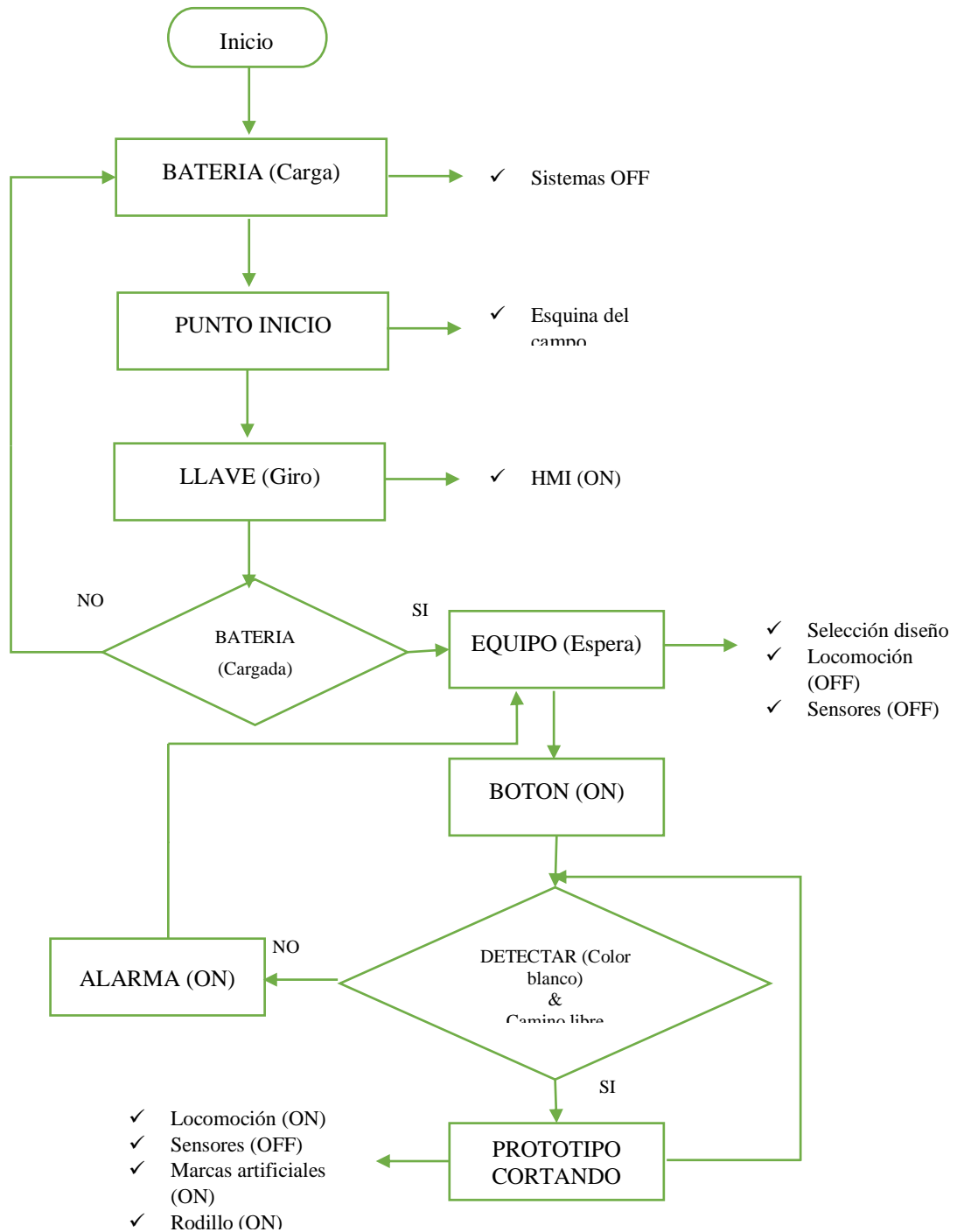


**Figura 67- 2:** Montaje final del robot vista isométrica  
Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### CAPITULO III

## 3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

### 3.1 Funcionamiento del prototipo



**Figura 1-3:** Funcionamiento del prototipo

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Realizado todo el montaje del prototipo cortacésped inteligente teniendo en cuenta ya su respectivo funcionamiento como se muestra en la figura 1-3, teniendo el dispositivo en un punto de referencia del campo deportivo y la batería cargada, se procede a encender o girar la llave, encendiendo la HMI donde se seleccionara el diseño a plasmar en el campo deportivo, dando inicio procediendo a marcar un punto de referencia por medio de un sistema de marcas artificiales y que no haiga ningún objeto frente a al dispositivo, llevando al prototipo a realizar su cortado de césped, luego se procede a realizar las respectivas pruebas en cada sistema para verificar su funcionamiento y que la misma cumpla con los requerimientos planteados inicialmente.

### 3.2 Sistema de tracción

Para el sistema de tracción se realizaron tres pruebas fundamentales para la parte de los motores de forma lineal.

#### 3.2.1 Tracción velocidad mínima

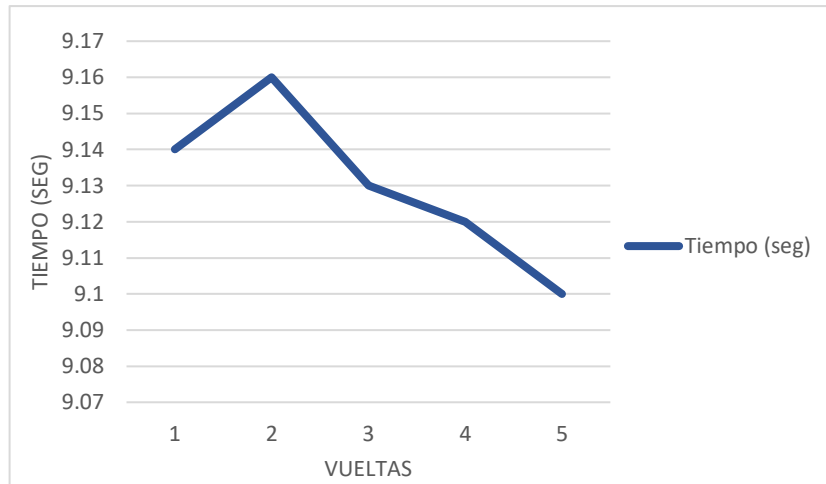
De acuerdo con la toma datos obtenidos a la velocidad mínima del driver Sabertooth Dual 60A que controla los cuatro motores instalados en el prototipo con una distancia de 3m lineales, donde se obtuvo la tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Toma de datos velocidad mínima.

N° (Vueltas)	Distancia (m)	Tiempo (seg)
1	3	9.14
2	3	9.16
3	3	9.13
4	3	9.12
5	3	9.10

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

Para lo siguiente se puede observar en el gráfico 3-1 el tiempo que ejecuta en una distancia de 3 metros, viendo este recorrido constante durante una vuelta dando un comportamiento correcto del prototipo cortacésped.



**Gráfico 1-3 : Tiempo por vuelta a una velocidad baja**  
**Realizado por:** Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

En el gráfico 3-1 se visualiza una diferenciación entre su velocidad inicial y las demás velocidades, esto se debe por los motorreductores ya que requieren de un tiempo de funcionamiento antes de que alcancen su máxima eficiencia, con esto podemos reconocer gracias a la ecuación 2-3 la capacidad de velocidad a la que están trabajando los motores.

**Ecuación 1-3:** Obtención de la media

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

Donde:

$\bar{X}$ , Media muestral.

$n$ , Tamaño de la muestra.

$a_i$ , Conjunto de observaciones.

$$\bar{X} = \frac{9.14 + 9.16 + 9.13 + 9.12 + 9.10}{5}$$

$$\bar{X} = 9.13 \text{seg}$$

**Ecuación 2-3:** Velocidad entre distancia tiempo

$$V = \frac{d(m)}{t(s)}$$

Donde:

V, Velocidad (m/s).

d, Distancia (m).

t , Tiempo (s).

$$V = \frac{3}{9.13} = 0.32 \frac{m}{s}$$

### 3.2.2 Tracción velocidad media

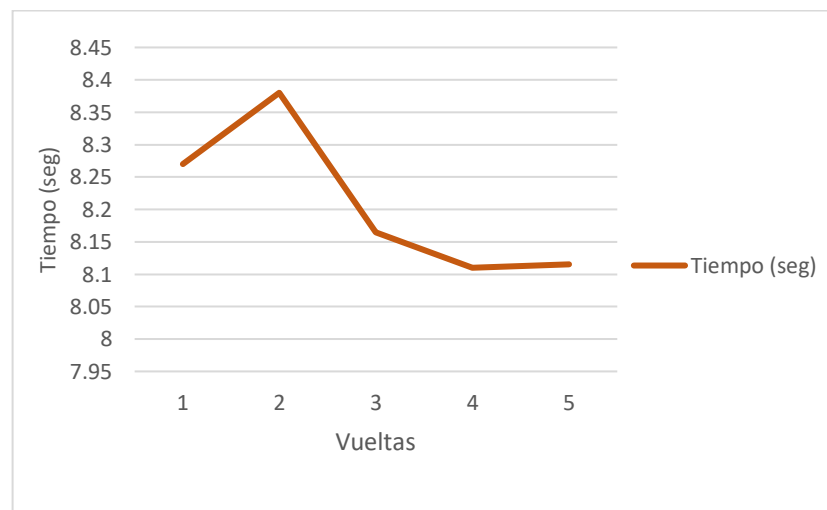
Para la toma datos obtenidos con velocidad media del driver con sus variables constantes de distancia de 3 m lineales, donde se obtuvo la tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Toma de datos velocidad media.

N° (Vueltas)	Distancia (m)	Tiempo (seg)
1	3	8.27
2	3	8.38
3	3	8.165
4	3	8.11
5	3	8.115

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

Para lo siguiente se puede observar en el gráfico 2-3 con el tiempo que ejecuta en una distancia de 3 metros.



**Gráfico 2-3 :** Tiempo por vuelta a una velocidad media

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

En el gráfico 3-2 se visualiza el tiempo con el que realiza la ejecución en las distintas vueltas teniendo una velocidad media calculada.

$$V = \frac{3}{8.67} = 0.34 \frac{m}{s}$$

### 3.2.3 Tracción velocidad máxima

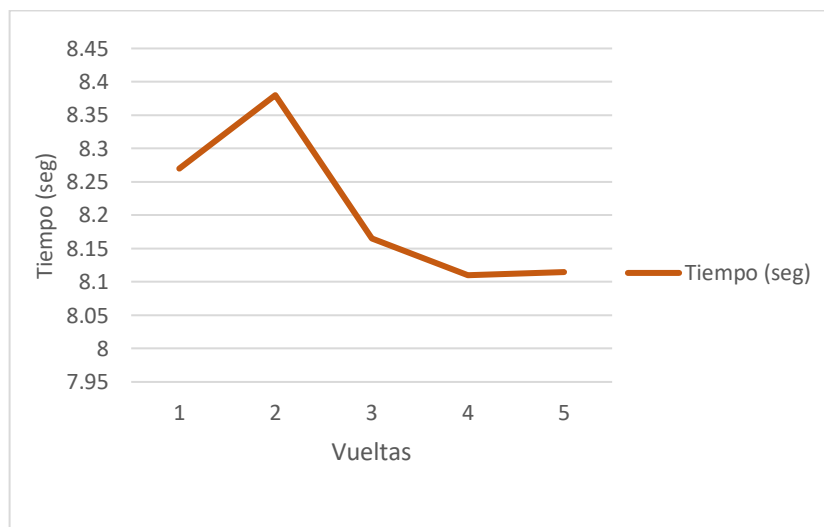
En esta sección se toma distintos datos con una velocidad máxima para los cuatro motores instalados en el prototipo con una distancia de 3 m lineales, donde se obtuvo la tabla 3-3.

**Tabla 3-3:** Toma de datos velocidad máxima.

N° (Vueltas)	Distancia (m)	Tiempo (seg)
1	3	7.4
2	3	7.6
3	3	7.2
4	3	7.1
5	3	7.13

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

Para lo siguiente se puede observar en el gráfico 3-3 el tiempo que ejecuta en una distancia de 3 metros.



**Gráfico 3-3 :** Tiempo por vuelta a una velocidad máxima.

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

El gráfico 3-3 representa una diferenciación entre la velocidad inicial y las demás velocidades, los motores alcanzan su máxima eficiencia después de un determinado tiempo, con esto se puede saber velocidad máxima a la que están trabajando los motores.

$$V = \frac{3}{7.286} = 0.411 \frac{m}{s}$$

### 3.3 Sistema de corte césped

Para las pruebas realizadas en el sistema de corte se tomaron en cuenta dos variables fundamentales la velocidad del motor y la cuchilla anexados respectivamente y la altura del césped para así tener un volumen de acuerdo a su velocidad.

#### 3.3.1 Prueba velocidad baja

##### 3.3.1.1 Altura mínima (0.02 m)

Se realizó la primera prueba a la cuchilla con una altura mínima de 0.02 m, con un área de trabajo de  $(3 * 0.5) m^2$  y a una altura constante del césped de 0.08 m. La prueba realizada a esta altura no se ejecutó porque se recomienda un corte del césped mínimo a una altura de 0.03 m en adelante.

##### 3.3.1.2 Altura media (0.04 m)

Con la altura media se realizó la siguiente prueba teniendo los valores indicados en la siguiente tabla 4-3, con un área de trabajo de  $(3 * 0.5) m^2$  y a una altura constante del césped de 0.08 m.

**Tabla 4-3:** Prueba de la cuchilla altura de 0.04 m.

N° (Corte)	Volumen césped	Tiempo (seg)
1	0.12	10.14
2	0.12	10.16
3	0.12	10.13
4	0.12	10.12
5	0.12	10.10

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 3.3.1.3 *Altura máxima (0.06 m)*

En la tabla 5-3 se puede observar las pruebas realizadas al sistema de corte y al de tracción con una altura máxima 0.06 m respecto al nivel de trabajo con un área de trabajo de  $(3 * 0.5) m^2$  y a una altura constante del césped de 0.08 m.

**Tabla 5-3:** Prueba de la cuchilla altura de 0.06 m.

N° (Corte)	Volumen césped	Tiempo (seg)
1	0.12	10.12
2	0.12	10.14
3	0.12	10.11
4	0.12	10
5	0.12	9.08

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

### 3.3.2 *Prueba velocidad máxima*

Para esta prueba se la realizó con una velocidad máxima a la que puede llegar el motor y una altura baja de 4 cm respecto al piso o área de trabajo.

#### 3.3.2.1 *Altura mínima (0.02 m)*

Igual que en la prueba con una velocidad mínima no se ejecutó esta prueba porque altura no era la indicada ya que se recomienda un corte del césped mínimo a una altura de 0.03 m en adelante.

#### 3.3.2.2 *Altura media (0.04 m)*

En la tabla 6-3 se muestran los datos con un volumen de césped constante para adquirir los tiempos en segundo en distintos momentos.

**Tabla 6-3:** Prueba de la cuchilla altura de 0.04 m.

N° (Corte)	Volumen césped	Tiempo (seg)
1	0.12	8.4
2	0.12	8.6
3	0.12	8.2
4	0.12	8.1
5	0.12	8.13

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017



### 3.3.2.3 *Altura máxima (0.06 m)*

En la tabla 7-3 se observa las pruebas realizadas al sistema de corte y al de tracción con una altura máxima 0.06 m respecto al nivel de trabajo, con un área de trabajo de  $(3 * 0.5) m^2$  y a una altura constante del césped de 0.08 m, teniendo una variación de milésima de tiempo con la altura media de 0.04 m

**Tabla 7-3:** Prueba de la cuchilla altura de 0.06 m.

N° (Corte)	Volumen césped	Tiempo (seg)
1	0.12	8.35
2	0.12	8.56
3	0.12	8.27
4	0.12	8.08
5	0.12	8.11

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

## 3.4 Sistema de modelaje (diseño del césped)

En las distintas pruebas del modelaje o del diseño del césped se realizaron de forma lineal, junto al sistema de tracción con las velocidades ya conocidas en las pruebas anteriores para saber si influye la fricción del rodillo.

### 3.4.1 *Tracción y rodillo con velocidad mínima (0.32m/s)*

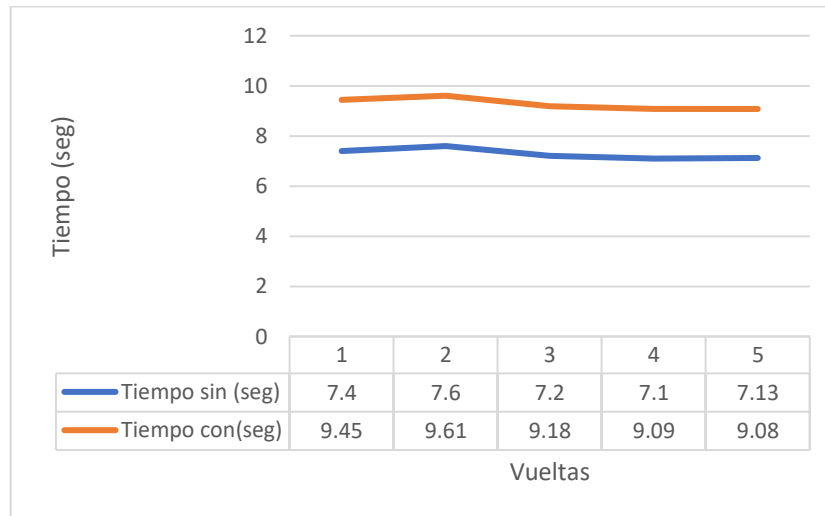
Para la primera prueba tomaremos datos con la velocidad mínima constante y cinco muestreos, para tener distintos tiempos como se muestra en la tabla 8-3.

**Tabla 8-3:** Tiempo con rodillo en una distancia constante.

N° (Vueltas)	Distancia(m)	Tiempo sin (seg)	Tiempo con(seg)
1	3	9.14	11.14
2	3	9.16	11.16
3	3	9.13	11.13
4	3	9.12	11.12
5	3	9.10	11.10

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

El siguiente gráfico demuestra que al colocar el sistema de modelado o rodillo causo un poco de fricción en el suelo, donde indico un tiempo mayor al anterior influye mucho la fricción que realiza el rodillo en el suelo y el sistema de corte junto, obsérvese en la gráfica 4-3.



**Gráfico 4-3 : Tiempo sin y con rodillo**

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 3.4.2 Tracción y rodillo con velocidad media (0.34m/s)

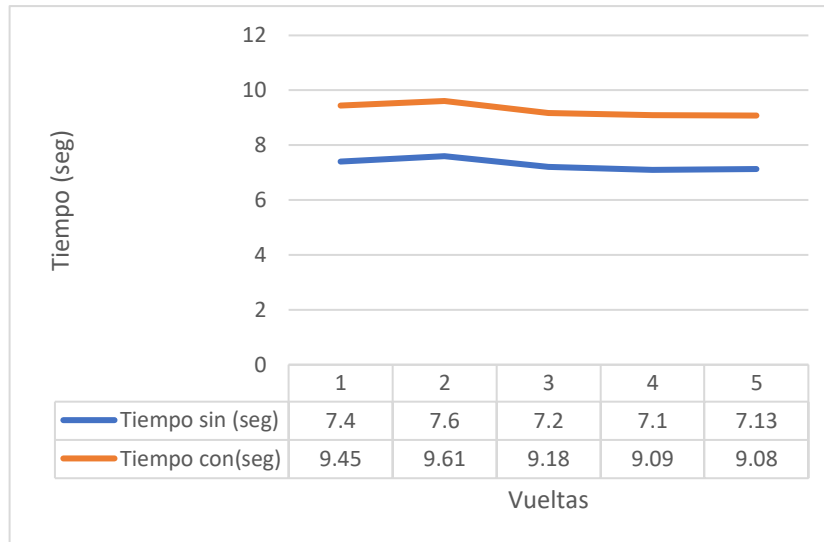
Prueba con una velocidad media y constante obtenida en la prueba de tracción, observe los datos obtenidos en la tabla 9-3.

**Tabla 9-3:** Tiempo con rodillo en una distancia constante.

N° (Vueltas)	Distancia (m)	Tiempo sin (seg)	Tiempo con(seg)
1	3	8.27	10.37
2	3	8.38	10.48
3	3	8.165	10.17
4	3	8.11	10.10
5	3	8.115	10.09

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

Como se observan en la gráfica 5-3 los tiempos con y sin el rodillo, observemos cuanto varia gracias a la fricción con el terreno.



**Gráfico 5-3 :** Tiempo que se demora con el rodillo en dar una vuelta

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

### 3.4.3 Tracción y rodillo con velocidad alta (0.411 m/s)

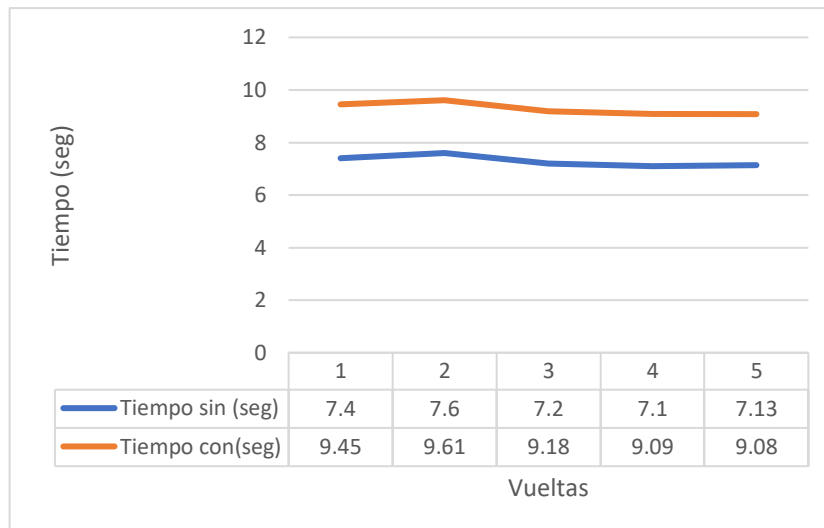
Se ejecutó una prueba con la velocidad máxima del sistema de tracción y una distancia constante obtenida en la prueba del sistema de tracción observe los datos obtenidos en la tabla 10-3.

**Tabla 10-3:** Tiempo con rodillo en una distancia constante.

Nº (Vueltas)	Distancia (m)	Tiempo sin (seg)	Tiempo con(seg)
1	3	7.4	9.45
2	3	7.6	9.61
3	3	7.2	9.18
4	3	7.1	9.09
5	3	7.13	9.08

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

Como se observan en la gráfica 6-3 los tiempos con y sin el rodillo, observemos cuanto varia gracias a la fricción con el terreno la fricción por esto se demora dos segundo por vuelta.



**Gráfico 6-3 :** Tiempo que tarda con el rodillo a una velocidad máxima.

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 3.5 Sistema Interfaz Hombre - Máquina

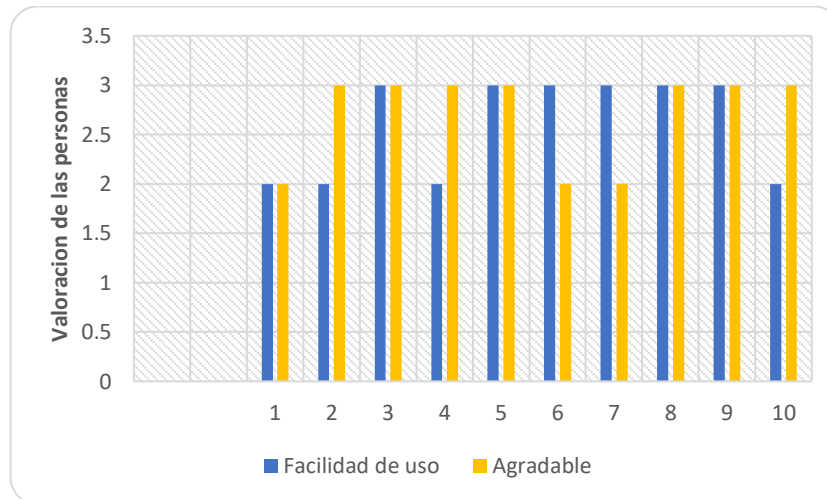
Con las pruebas del HMI el hombre tiene la respectiva interacción con la máquina o prototipo. Se realizó una encuesta con 10 personas entre 18 a 30 años de edad para tener una respectiva aprobación en el mercado y saber si el manejo o la manipulación será fácil para las personas, observándose en la tabla 11-3.

**Tabla 11-3:** Manejo y agrado para el usuario, donde Malo = 1; Regular = 2; Bueno = 3.

Personas	Facilidad de uso			Agradable			Tiepo de respuesta (seg)	
	M	R	B	M	R	B	Comunic bluetooth	Comunic Visión
1		x			x		1	0.7
2		x				x	0.1	0.1
3			x			x	0.1	0.1
4		x				x	0.1	0.1
5			x			x	0.1	0.1
6			x		x		0.1	0.1
7			x		x		0.1	0.1
8			x			x	0.1	0.1
9			x			x	0.1	0.1
10		x				x	0.1	0.1

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

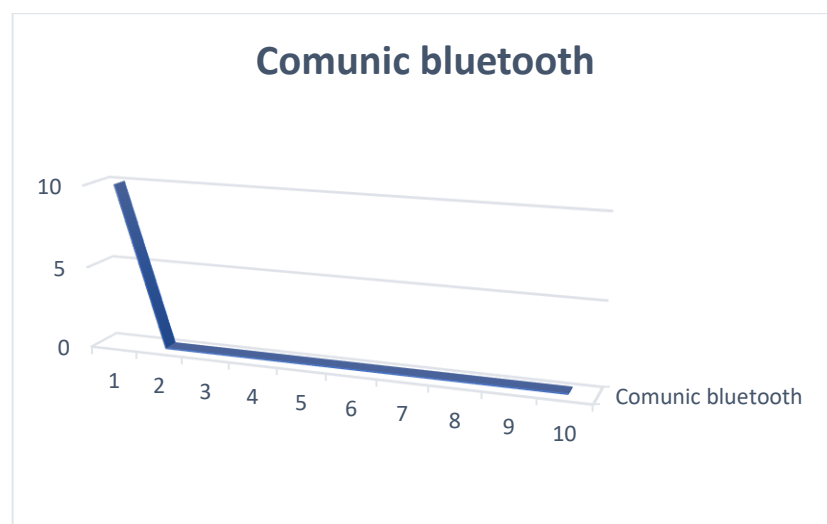
Como se observa en la gráfica 7-3 a las personas se les hizo muy fácil utilizar el dispositivo porque la interacción grafica que tiene es muy sencilla y entendible para el usuario. En la gráfica 7-3 también nos indica el agrado para las personas que interactuaron con este prototipo.



**Gráfico 7-3 :** Tiempo que tarda con el rodillo a una velocidad máxima.  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 3.5.1 *Tiempo de respuesta con bluetooth*

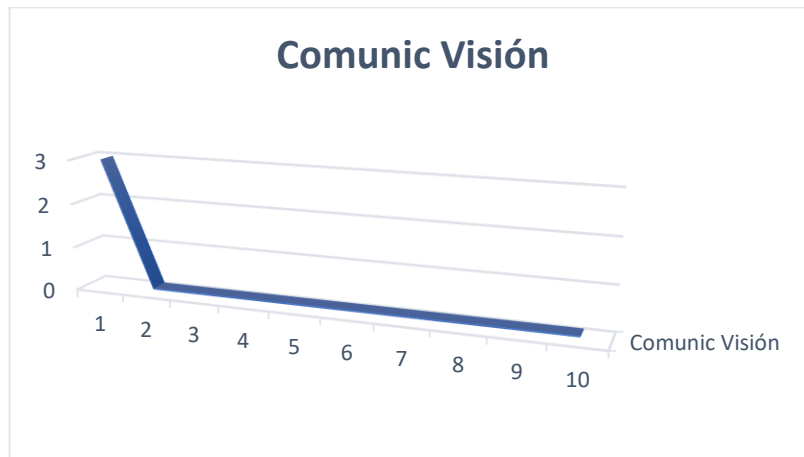
En la comunicación bluetooth, observamos en la gráfica 8-3 que la primera comunicación del HMI con el dispositivo a manipular el usuario tiene un retardo 10 segundos, a diferencia de la segunda comunicación en adelante tenemos una comunicación en milisegundo o dependiendo el delay colocado en la programación.



**Gráfico 8-3 :** Tiempo de respuesta bluetooth  
**Realizado por:** Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 3.5.2 *Tiempo de respuesta con visión artificial*

Para el tiempo de respuesta con visión artificial tenemos que en la primera comunicación que realiza el HMI con el prototipo tenemos un retardo de 3 segundos a diferencia de la segunda conexión, donde se puede decir que no tenemos ningún retardo siempre dependiendo el delay ingresado en la programación.



**Gráfico 9-3 :** Tiempo de respuesta visión

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

## 3.6 Sistema de Visión artificial

### 3.6.1 *Prueba Adquisición de imagen diferentes distancias*

La primera prueba que se le realizó al sistema de visión artificial fue el de la cámara tomamos una distancia de un metro para saber si el dispositivo tiene respuesta hasta esta distancia viéndose en la tabla 12-3.

**Tabla 12-3:** Comprobando obtención de datos a una distancia máxima de un metro

Distancia (cm)	Resultado	
	<i>Si</i>	<i>No</i>
<b>0.4</b>	X	-
<b>0.8</b>	X	-
<b>1.2</b>	X	-
<b>1.6</b>	X	-
<b>2</b>	X	-

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

### 3.6.2 Prueba con diferentes ambientes de trabajo

Para la segunda prueba de visión artificial se realizaron varios test, tomando cinco datos de la visión artificial para distintos ambientes como se muestra en la tabla 13-3.

**Tabla 13-3:** Resultado distancia hasta un metro en distintos ambientes

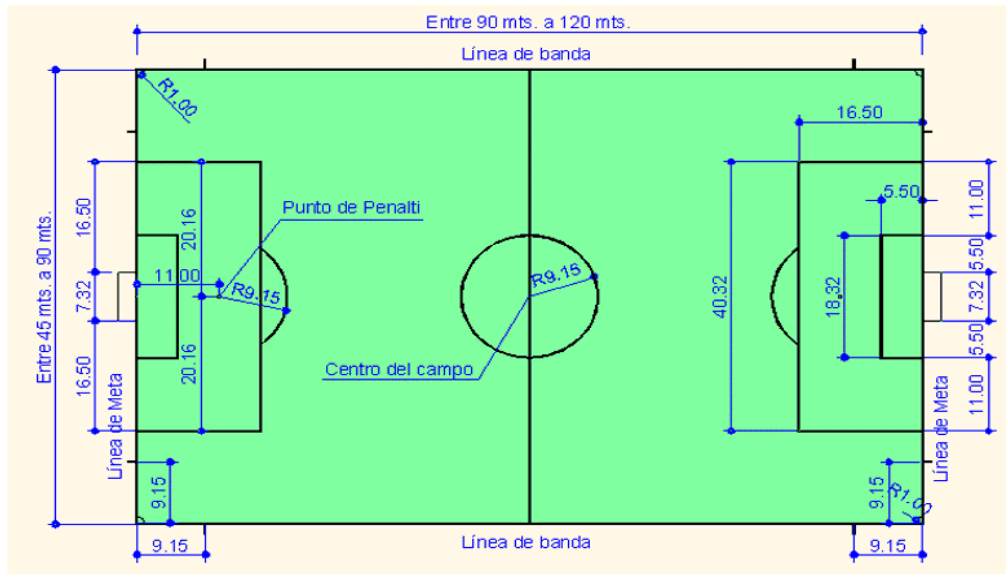
Ambiente (tiempo)			Distancia (cm)	Resultado	
Mañana	Tarde	Noche		Si	No
X	-	-	0.4	X	-
-	X	-		X	-
-	-	X		X	-
X	-	-	0.8	X	-
-	X	-		-	X
-	-	X		X	-
X	-	-	1.2	X	-
-	X	-		-	X
-	-	X		X	-
X	-	-	1.6	X	-
-	X	-		-	X
-	-	X		X	-
X	-	-	2	X	-
-	X	-		-	X
-	-	X		X	-

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017

En esta tabla nos indica varios problemas al momento de hacer las distintas pruebas, a una distancia pequeña el ambiente no influye mucho, siendo estos ambientes sin luz como por ejemplo en el día y en la noche, a diferencia en las tardes influye mucho la luz solar porque ocasiona mucho brillo en el campo de trabajo (césped) y ocasiona varios problemas al momento de la adquisición visual de la cámara.

### 3.7 Prueba final todos los sistemas juntos.

Como se puede observar en la figura 2-3 las medidas oficiales de una cancha reglamentaria expuestas por la FIFA.



**Figura 2-3:** Cancha de fútbol medidas oficiales.

Fuente: [http://www.oficad.com/medidas\\_y\\_dimesnsiones/campo%20de%20futbol.gif](http://www.oficad.com/medidas_y_dimesnsiones/campo%20de%20futbol.gif)

Para realizar las pruebas del trabajo de titulación se plantío una cancha con medidas de acuerdo con el prototipo donde el ancho de la cancha será de 1.4 mts de ancho \* 3 mts de largo respectivamente

### 3.7.1 Prueba tiempo de trabajo

El procedimiento de adquisición de los tiempos se lo ejecutó con un cronómetro en un área de 4.2 metros cuadrados, es el lugar de trabajo o cancha de prueba para el prototipo asumiendo que es un estadio reglamentario, para esto se tomó en cuenta la longitud de las hojas del césped, teniendo en cuenta distintas alturas de césped, observe la tabla 14-3.

**Tabla 14-3:** Resultado del tiempo de ejecución en varias áreas de trabajo

Altura de césped			Velocidad			Área de corte	Tiempo
Alto	Medio	Bajo	Alta	Media	Baja		
X	-	-	X	-	-	4.2	9.15
X	-	-	-	X	-		10.14
X	-	-	-	-	X		11.16
-	X	-	X	-	-	4.2	10.11
-	X	-	-	X	-		10.45
-	X	-	-	-	X		11.15
-	-	X	X	-	-	4.2	9.05
-	-	X	-	X	-		9.10
-	-	X	-	-	X		9.15

Realizado por: Yancha. O. y Castillo. Y. 2017



El tiempo tomado es respecto al peor de los casos donde las variables son, altura del césped = alta, velocidad = baja, velocidad de corte alta, en un área de trabajo 4.2 metros.

### 3.7.2 *Reacción de corte tiempo determinado*

Teniendo en cuenta un tiempo determinado obtenido en la prueba anterior tabla 14-3, se obtiene el área de una cancha reglamentaria de futbol expuesta por la FIFA se la realiza respecto a la ecuación 3-3

**Ecuación 3-3:** Área de un campo deportivo.

$$A = b * h$$

o

$$A = ancho * largo$$

Donde:

A, Area ( $m^2$ ).

b, Base (m).

h , Altura (m).

$$A = (64m * 100m)$$

$$A = 6400 m^2$$

Área de una cancha de fútbol reglamentaria según la FIFA y calculada.

Sabiendo el área del escenario deportivo reglamentario, el prototipo tiene un tiempo de ejecución que tardará en cortar el césped. En la siguiente tabla tiene la variable constante del césped, en un área específica o en el escenario que trabaja nuestro prototipo, permitiendo saber mediante un análisis matemático la correspondencia de tiempo para la cancha reglamentaria de la FIFA ( $6400 m^2$ ).

Área de corte ( $m^2$ )	Tiempo (seg)
4.2	11.16
6400	X

**Ecuación 4-3:** Relación entre área escalar y la real

$$4.2 X = 6400 m^2 * 11.16 s$$

$$X = \frac{6400 m^2 * 11.16 s}{4.2}$$

$$X = 17005.714 s = \mathbf{5 h 12min}$$

Las cinco horas representa a un estimado donde el prototipo cortacésped inteligente realizaría el podado y el diseño del césped en los distintos escenarios deportivos reglamentario de 3600 m<sup>2</sup>.

### 3.8 Comparación con máquinas similares semiautomática

Se realiza una comparación del prototipo y una máquina cortadora de césped adquirida en la institución en el departamento de centro de educación física, deportes y recreación.

**Tabla 15-3:** Comparación Prototipo – Máquina cortadora de césped BRill

<b>COMPARACIÓN</b>		
<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PROTOTIPO</b>	<b>BRILL</b>
<b>Tiempo de trabajo</b>	5 h 12min	60 min
<b>Combustible</b>	-----	Gasolina
<b>Aceite</b>	-----	SAE30
<b>Voltaje</b>	12V DC	24V DC
<b>Tiempo de carga</b>	30 – 40 min	140 min
<b>Área de Corte</b>	6400m <sup>2</sup>	6400m <sup>2</sup>
<b>Ancho de Corte</b>	350 mm	770 mm
<b>Altura de corte</b>	30 - 60 – 80 mm	20- 80mm
<b>Costo</b>	\$ 800,00	\$ 2449,00

Realizado por: Yanca. O. y Castillo. Y. 2017

Realizando la comparación del prototipo con la máquina cortadora de césped se concluye:

- ❖ La máquina presenta un costo bajo en comparación con el otro dispositivo convirtiéndola en una oferta accesible para el mercado local.
- ❖ Al no presentar un tipo de combustible contaminante para el medio ambiente el prototipo cortacésped es superior a la máquina Brill.
- ❖ La altura de la cuchilla mediante el mecanismo de elevación posee un alto rango y un cuidado del césped porque no debe podarse menor a 3 cm posibilitando un corte de calidad.
- ❖ Por poseer un avance electrónico (visión artificial) optimiza tiempos y recursos al momento de ejecutar su proceso

## CONCLUSIONES

- ❖ Este prototipo utiliza visión artificial para obtener su posición y localización por medio de un sensor de adquisición de imágenes que contiene un algoritmo llamado edge detector, este algoritmo se programa mediante el software PixyMon y sus variables de control son adquiridas para obtener el tamaño, color y forma de cada imagen u objeto que deseamos analizar, son siete imágenes u objetos distintos que este sensor puede contener en su algoritmo pudiendo así realizar en un futuro varios diseños en el campo deportivo.
- ❖ Mediante el cálculo, de fuerza, potencia, velocidad y otros factores, se pudo elegir los actuadores y controladores más idóneos para realizar las tareas que requiere el robot cortacésped, el sistema de locomoción permite un direccionamiento sin inconvenientes en la superficie que se va a trabajar, por esta razón estos detalles permiten concluir que realizar una selección de componentes fue una decisión acertada.
- ❖ La cámara CMUcam5 Pixy trae incorporado su propio procesador esto ayudó a que el microcontrolador principal no se sature al gastar varios recursos en el procesamiento de imagen y solamente se rija al manejo de información necesaria entre el ID de Arduino y el software PixyMon, ejecutando así las distintas operaciones, funciones o movimientos que necesita el robot cortacésped para cortar y plasmar los diseños en el campo o escenario deportivo.
- ❖ La interfaz hombre máquina se realizó mediante una pantalla Nextion NX8048T070 que fue programada en su software editor versión 0.5, esta pantalla permite el control y monitoreo visual de las variables (sensores) por lo que se concluye que este tipo de pantalla por ser táctil y programable es de fácil uso e ideal para la interacción con el usuario permitiendo así elegir el tipo de diseño que el robot cortacésped desee plasmar en el escenario deportivo.
- ❖ Los prototipos constituyen una herramienta muy útil para que los usuarios mediante pruebas experimentales puedan evaluar los sistemas desde las primeras fases, se logró comprobar que en el peor caso de un escenario deportivo todos los controladores y actuadores del robot cortacésped como el sabertooth y su motor de tracción funcionan correctamente.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar una respectiva investigación de los algoritmos de visión artificial y comprobar cuál de estos algoritmos se ajusta a nuestras necesidades, se recomienda acondicionar y adaptar las variables de adquisición de datos antes de utilizarlas para el control del robot cortacésped.
- ❖ Para la construcción del sistema motriz se recomienda seleccionar materiales de bajo peso y utilizar un driver para los motores de tracción Sabertooth 2\*60 o posteriores a éste, debido a que el prototipo debe movilizarse a distintas partes del escenario deportivo controlando su velocidad, fuerza y torque al momento de su ejecución.
- ❖ Para que el sistema eléctrico funcione correctamente la condición principales es que los sensores estén acondicionados y conectados correctamente, puesto que si algún sensor del robot cortacésped está en malas condiciones o no hace el contacto correcto en las pistas de la tarjeta principal el dispositivo no trabaja y entra a un estado de Stand by proporcionando una señal visual de emergencia de color naranja acompañada de un pitido intermitente, por tal motivo se recomienda comprobar que los sensores se encuentren en óptimas condiciones.
- ❖ Separar las fuentes que suministran al sistema eléctrico de potencia con el sistema eléctrico de control debido a que las contracorrientes emanados por los motores de tracción pueden provocar cambios en sus valores nominales perjudicando así a los dispositivos que funcionan con corrientes y voltajes relativamente más pequeños.
- ❖ Para el correcto funcionamiento de la pantalla Nextion es necesario instalar librerías oficiales y conectarla en comunicación serial por hardware, debido a que existen librerías no oficiales de fácil programación pero que no controlan las variables e interfieren con las comunicaciones de los otros dispositivos cuando trabajan con más de una página por pantalla.
- ❖ Para poder ejecutar el prototipo en el escenario deportivo es importante colocarlo en un extremo del campo para tener como referencia un punto de partida, es importante no cortar el césped siempre en la misma dirección, hay que tratar de cambiar los diseños y los lugares de partida del corte para minimizar problemas en el crecimiento, descoloramiento o su deterioro.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Almeida Hernández , I. L., & Ochoa Urgiles, J. A.** *Robot Explorador de Terreno* [en línea]. Abril de 2013. [Consulta: 29 abril 2017]. Disponible en < <https://es.scribd.com/document/237131041/Robot-Explorador-de-Terreno> >.
2. **Dominguez Gonzales , P.** *Cuadróptero para seguimiento de objetos* [en línea] (tesis de pregrado). Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Ingenierías. Carrera de Ingeniería Electromecánica. Madrid. Julio de 2016. pp. 18-20. [Consulta: 2017-10-10]. Disponible en: < <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/31892/retrieve> >
3. **Dorf , R. C., & Bishop, R. H.** *Sistema de control moderno*, [en línea ]. Madrid-España; Pearson prentice Hall, (2005). [Consulta: 17 abril 2017]. Disponible en: < <https://www.ppgge.ufmg.br/defesas/534D.PDF> >
4. **Hart, R.** *Componentes, subsistemas y propiedades del sistema finca como base para un método de clasificación.* [en línea]. Santiago-Chile: Tipificación de sistemas de producción agrícola. (1990). [Consulta: 19 abril 2017]. Disponible en: <<https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/3969/49675.pdf?sequence=1>>
5. **Luna Rivadeneira, J. X & Poma Ramón, P. C.** *Diseño y construcción de una cortadora de pasto tipo remolque para zonas agrícolas con capacidad de 600 m<sup>2</sup>/h* [en línea] (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingenierías. Carrera de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. Abril 2014. pp. 94-96. [Consulta:2017-10-02]. Disponible en: < <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6982/1/UPS-KT00871.pdf> >.
6. **Maciel Almiron, C. P.** *Sistemas tecnologicos: sistema mecanico* [blog]. (05 de Julio de 2008). [Consulta: 24 abril 2017]. Disponible en: < <http://st32caren2.blogspot.mx/> >
7. **Montalvo Solorio, A. T.** *Que es el diseño* [en línea]. 19 Agosto de 2013. [Consulta: 28 abril 2017]. Disponible en: < <https://www.behance.net/gallery/10870883/Ensayo-Qu-es-el-diseno> >
8. **Morales Carreon , N.** *Carro explorador* [en línea]. Enero de 2010. [Consulta: 04 octubre 2017]. Disponible en: < <https://es.scribd.com/doc/211883320/Carro-Explorador> >

9. **Muñoz Lopez, E. I.** *Automatización de un prototipo de una podadora eléctrica con una red Neuronal de Hopfield* [en línea] (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Ingeniería en Control y Automatización Mexico D.F. 2010. pp.3-10. [Consulta:2017-05-01]. Disponible en: < <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12037/1/Automatizaci%C3%B3n%20de%20una%20Podadora.pdf> >.
10. **Perez, M. A., Perez Hidalgo, A., & Perez Berenguer, E.** *Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo* [en línea]. Buenos - Argentina: Universidad Nacional de San Juan. (2007). [Consulta: 2017-05-05]. Disponible en: < <http://dea.unsj.edu.ar/control1b/teoria/unidad1y2.pdf> >
11. **Ramon Pallas, A.** *Sensores y Acondicionadores de señal* [en línea]. Barcelona-Marcombo. 2004. [Consulta: 22 mayo 2017]. Disponible en: < [http://www.marcombo.com/Sensores-y-acondicionadores-de-senal\\_isbn8426713440.html](http://www.marcombo.com/Sensores-y-acondicionadores-de-senal_isbn8426713440.html) >
12. **Ruiz Gamboa, J. I & Paillacho Cumbicus, C. J.** *Diseño y construcción de un prototipo de cortadora de césped automática* [en línea] (tesis de pregrado). Universidad de las fuerzas armada ESPE. Departamento de Ciencias de la Energía Y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecatrónica. Sangolqui-Ecuador. 2015. pp. 82-90. [Consulta:2017-10-04]. Disponible en: < <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11526/T-ESPE-053003.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >.
13. **Vargaz Baeza, V.** *Sistema de Visión Artificial para el Control* [en línea] (tesis de pregrado). Politecnica Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Carrera de Ingeniería de Manufactura. Mexico D.F. Enero de 2010. pp. 39-40.[Consulta:2017-10-10]. Disponible en: < <http://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/7250/68.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >.
14. **Wildi, T.** *Maquinas Eléctricas y sistema de potencia.* [en línea]. Mexico. PEARSON Educación . (2007). [Consulta: 05 Junio 2017]. Disponible en: < <https://es.scribd.com/doc/109237744/Maquinas-Elctricas-y-Sistemas-de-Potencia> >
15. **Yanchapaxi Canchig, A. O.** *Diseño de una máquina costadora de pasto* [en línea] (tesis de pregrado). Escuela Politecnica Nacional. Facultad de Ingeniería Mecánica. Ingeniería

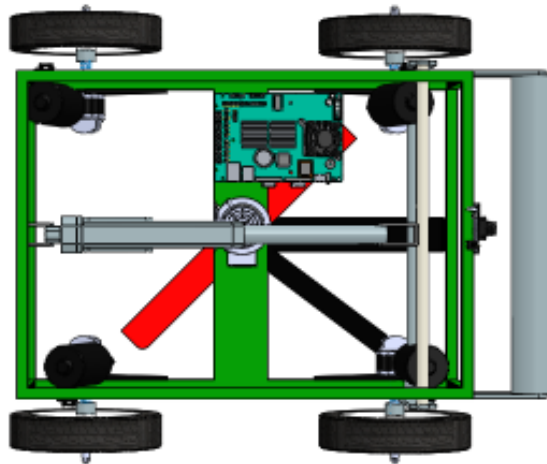
Mecánica. Quito-Ecuador. Abril 2008. pp. 20-35. [Consulta:2017-10-06]. Disponible en:  
< <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6982/1/UPS-KT00871.pdf> >.



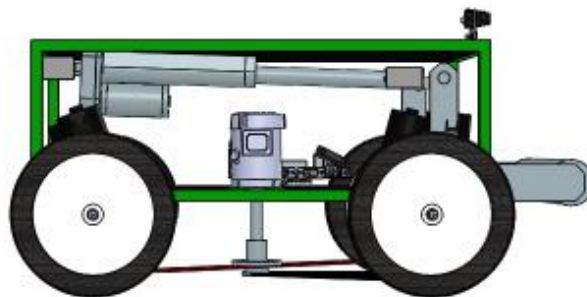
## ANEXOS



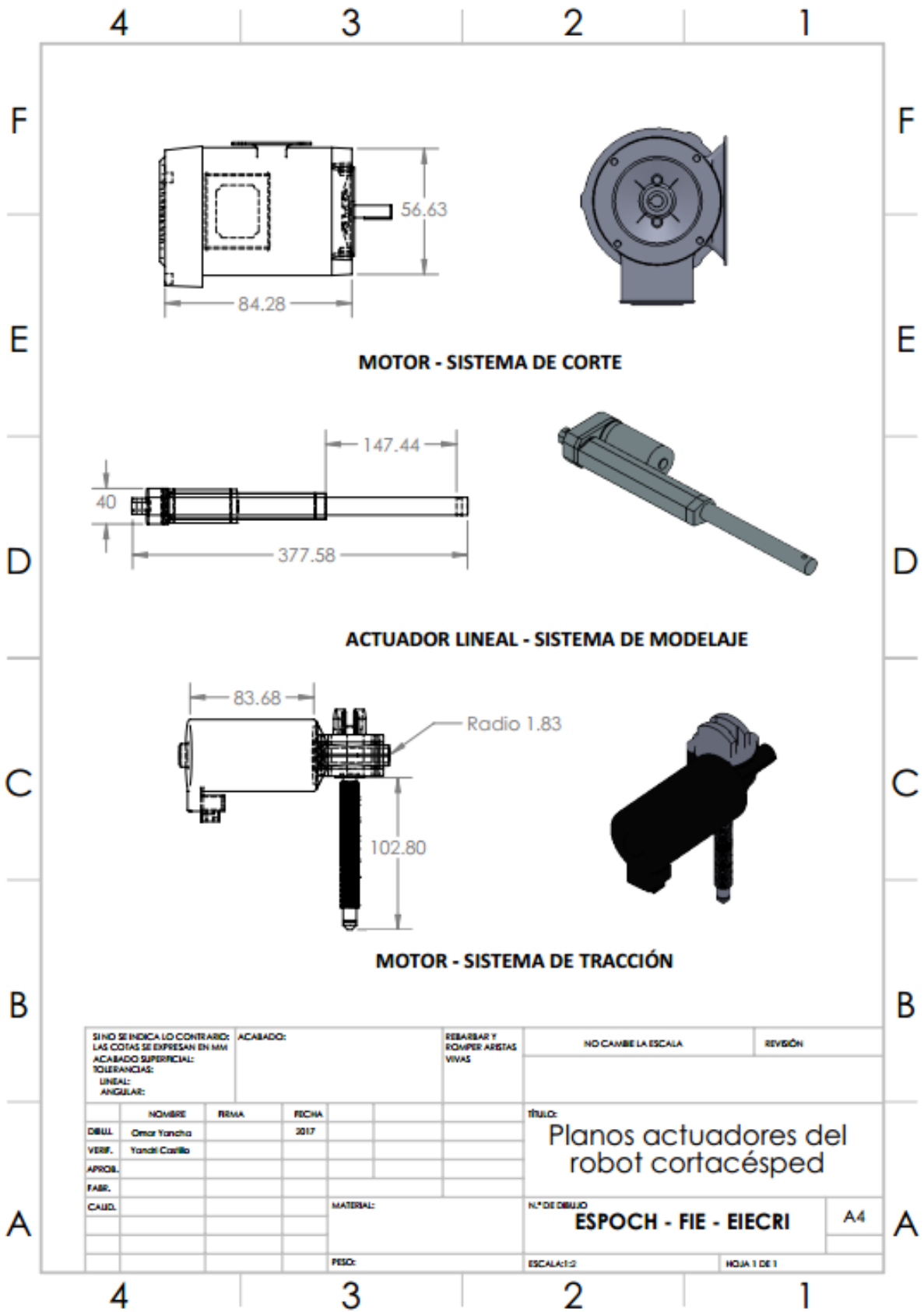
**Anexo A.** Diseño final del robot cortacésped - vista isométrica.



**Anexo B.** Diseño final del robot cortacésped - vista superior.



**Anexo C.** Diseño final del robot cortacésped - vista lateral izquierda.



Anexo D. Planos, actuadores robot cortacésped – SolidWorks2016



**Anexo E.** Implementación final del robot cortacésped - vista isométrica.



**Anexo F.** Implementación final del robot cortacésped - vista superior.



**Anexo G.** Implementación final del robot cortacésped - vista lateral izquierda.

```

//Pixy Arduino Robot Cortacesped - Algoritmo Colour Tracking - Arduino IDE 1.8.5
#include <SPI.h>
#include <Pixy.h>
Pixy pixy;
int signature = 0;
int x = 0;          //positon x axis
int y = 0;          //position y axis
unsigned int width = 0;    //object's width
unsigned int height = 0;   //object's height
unsigned int area = 0;
unsigned int newarea = 0;
int Xmin = 70;        //min x position
int Xmax = 200;       //max x position
int maxArea = 0;
int minArea = 0;
int motor1 = 4;       //motor1 on Pin D4
int enable1 = 5;      //enable1 on Pin D5
int motor2 = 7;       //motor2 on Pin D7
int enable2 = 6;      //enable2 on Pin D6
int Speed = 70;       //speed for motor
static int i = 0;
void setup()
{
  pinMode(motor1, OUTPUT);
  pinMode(motor2, OUTPUT);
  pinMode(enable1, OUTPUT);
  pinMode(enable2, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Stop();
  pixy.init();
}
void loop()
{
  while(millis(<5000)
  {
    scan();
    area = width * height; //calculate the object area
    maxArea = area + 1000;
    minArea = area - 1000;
  }
  scan();
  if(signature == 2)//looking for signature 2
  {
    newarea = width * height; //calculate the object area
    if (x < Xmin)//turn left if x position < max x position
    {
      left();
    }
    else if (x > Xmax) //turn right if x position > max x position
    {
      right();
    }
    else if(newarea < minArea)//go forward if object too small
    {
      forward();
    }
    else if(newarea > maxArea)//go backward if object too big

```

```

    {
        backward();
    }
    else
    {
        Stop();
    }
}
else
{
    Stop();
}
}
void backward()//backward
{
    digitalWrite(motor1, LOW);
    digitalWrite(motor2, LOW);
    analogWrite(enable1, Speed);
    analogWrite(enable2, Speed);
}
void forward()//forward
{
    digitalWrite(motor1, HIGH);
    digitalWrite(motor2, HIGH);
    analogWrite(enable1, Speed);
    analogWrite(enable2, Speed);
}
void right()//turn right
{
    digitalWrite(motor1, HIGH);
    digitalWrite(motor2, LOW);
    analogWrite(enable1, Speed);
    analogWrite(enable2, Speed);
}
void left()//turn left
{
    digitalWrite(motor1, LOW);
    digitalWrite(motor2, HIGH);
    analogWrite(enable1, Speed);
    analogWrite(enable2, Speed);
}
void Stop()//stop
{
    digitalWrite(enable1, LOW);
    digitalWrite(enable2, LOW);
}
void scan()
{
    uint16_t blocks;
    blocks = pixy.getBlocks(); //receive data from pixy
    signature = pixy.blocks[i].signature; //get object's signature
    x = pixy.blocks[i].x; //get x position
    y = pixy.blocks[i].y; //get y position
    width = pixy.blocks[i].width; //get width
    height = pixy.blocks[i].height; //get height
}

```

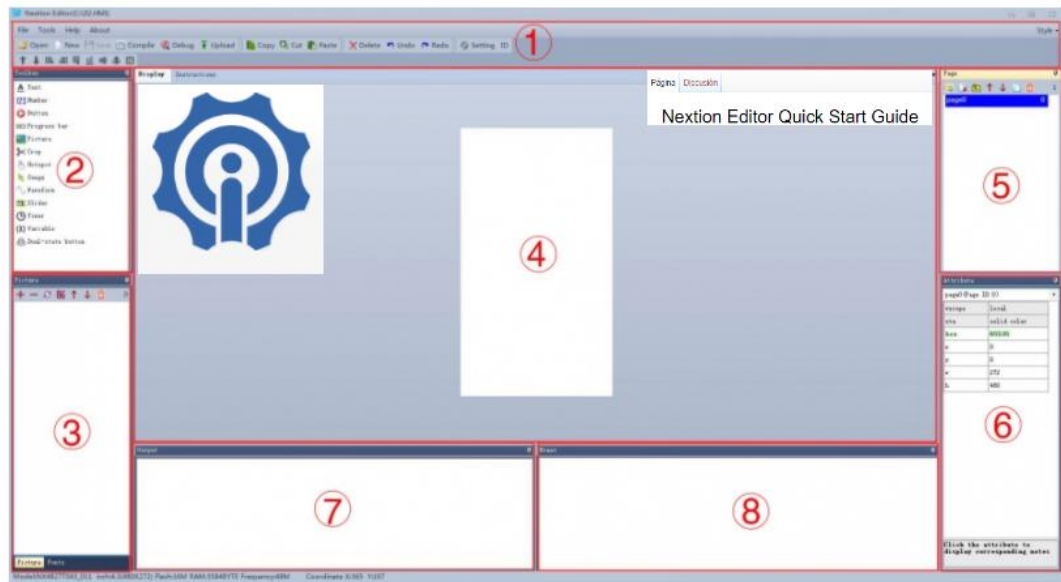
**Anexo H.** Código Robot – Sección Visión – Algoritmo Colour Tracking - Arduino IDE1.8.5

# NEXTION EDITOR V0.50

Nextion Editor es un software de desarrollo que se utiliza para la creación visual de interfaces gráficas para dispositivos con interfaz gráfica de usuario (GUI) intensivos con varios tipos de pantallas TFT y paneles táctiles. Con esta herramienta, los usuarios pueden comenzar a crear dispositivos basados en TFT de una manera más rápida y sencilla.

En el futuro, Nextion Editor proporcionará una serie de ejemplos destinados a acelerar el trabajo del usuario y el proceso de creación. Los ejemplos se comentan y explican completamente, lo que permite un inicio rápido en el diseño de la interfaz de usuario. Consulte los ejemplos disponibles para aprender cómo crear aplicaciones de GUI que ayudarán a los usuarios a finalizar su proyecto con un mínimo de tiempo y esfuerzo.

## Main Interface



- 1: Main Menu
- 2: Components
- 3: Image Library: Import the image resources you need. Font Library: Storage the font you created by font editor.
- 4: Display area
- 5: Page Area: Edit page in this area
- 6: Attributes Editing Area: Edit the attributes of components and pages, such as the value, color of a text component.
- 7: Compiler Output Window: if errors occur, they will be shown in this area.
- 8: Event Area: Write some simple codes here. When the event is triggered, the codes you write will be run.

## Caution:

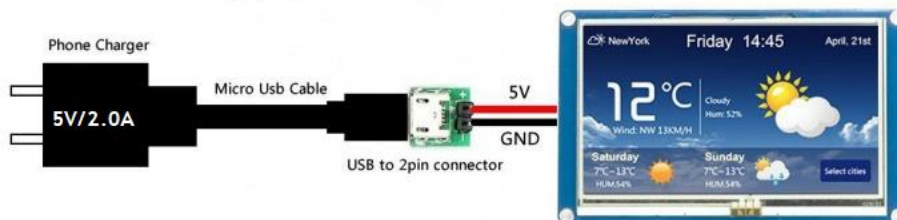
Working under insufficient power supply condition will damage the Nextion model easily.



Blurred screen? Flashing? You may be suffering from power shortages. Power off at the first possible moment. No more repeated attempts to damage your Nextion model.

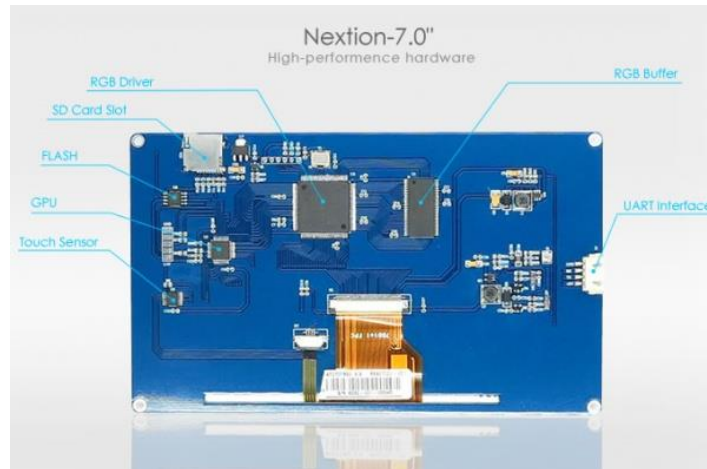
A small connector is included in the package. Please try to power Nextion with your phone charger through the connector to check if Nextion works well.

A high quality usb cable is required.



## Modelo de Nextion

Tipo de Nextion	BASIC
Modelos de Nextion	NX8048T070_011N (N: sin contacto)
	NX8048T070_011R (R: pantalla táctil resistiva)



## Características Electrónicas

	Condiciones de la prueba	Min.	Típico	Max	Unidad
Tensión de funcionamiento		4.75	5	7	V
Corriente de funcionamiento	VCC = + 5V, el brillo es 100%	-	510	-	mA
	Modo de sueño	-	15	-	mA
Fuente de alimentación recomendada: <b>5V, 2A, DC</b>					

## Características de la memoria

Tipo de memoria	Condiciones de la prueba	Min.	Típico	Max	Unidad
Memoria flash	Tienda de fuentes e imágenes			dieciséis	MEGABYTE
Memoria RAM	Variables de tienda			3584	BYTE

## Ambiente de trabajo y parámetro de confiabilidad

	Condiciones de la prueba	Min.	Típico	Max	Unidad
Temperatura de trabajo	5V, humedad 60%	-20	25	70	DO
Temperatura de almacenamiento		-30	25	85	DO
Humedad de trabajo	25 ° C	10%	60%	90%	RH

## Anexo I. Nextion editor – Pantalla NX8048T070





# Sabertooth 2x60 Quick Start Guide

**Dimension Engineering**

Congratulations on your purchase of a Sabertooth 2x60 regenerative motor driver. Sabertooth 2x60 is one of the most flexible and configurable motor drivers on the market. As a result, it must be set to the correct operating mode before use. Below is a generalized hookup diagram of a Sabertooth 2x60. On the reverse side is a chart of some of the most commonly used operating modes.

Sabertooth 2x60 motor driver pinout guide		Specs:
<p>0V provides a circuit ground for your control circuitry</p> <p>5V is a switch-mode 1A regulated output provided by the driver</p> <p>S1 is the primary signal input. It must always be connected to a signal source e.g. a R/C receiver or analog voltage</p> <p>S2 is the secondary signal input. It is used to control the second motor, or for serial network functionality</p> <p>These DIP switches are used to set the operating mode of the driver</p> <p>M2A and M2B connect to the two wires of your second DC brushed motor</p> <p>B+ connects to the positive battery terminal. Absolute maximum voltage is 33.8V</p> <p>B- connects to the negative battery terminal. Can be used as a signal ground</p> <p>M1A and M1B connect to the two wires of your first DC brushed motor</p>	<p>Input voltage: 6V-33.6V</p> <p>Output current: 60A per channel</p> <p>Peak Output current: 120A per channel</p> <p>Operating modes: Analog, R/C, Serial</p>	
<p><b>Do not connect B+ and B- backwards! Make sure you configure the DIP switches properly before connecting power!</b></p>		



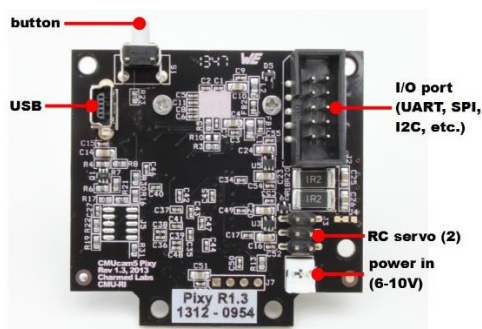
## Sabertooth 2X60

Operating mode quick reference chart. All options are set via the switches

	<b>Analog control, linear, independent:</b> a 0V to 5V analog input is connected to terminal S1. 0V is full reverse, 5V is full forward, 2.5V is stop.
	<b>Microcontroller pulses, independent linear control:</b> An R/C servo signal is connected to terminals S1 and S2. A 1000us – 2000us pulse controls speed and direction. 1500us is stop.
	<b>Radio control, differential drive, exponential:</b> An R/C servo signal is connected to terminals S1 and S2. The Sabertooth will autocalibrate the center and endpoints of the signal.
	<b>Simplified Serial, 38400 Baud:</b> A TTL level 8N1 serial data stream is connected to terminal S1. Control is by single byte commands. Motor 1: 1 is full reverse, 64 is stop and 127 is full forward. Motor 2: 128 is full reverse, 192 is stop and 255 is full forward.
	<b>Packetized Serial, address 128:</b> A TTL level 8N1 serial data stream is connected to terminal S1. Control is via a multi-byte packet.
	<b>Lithium cutoff option:</b> When switch 3 is in the down position (in any operating mode) the Sabertooth will shut down at 3.0V per cell. This protects lithium batteries from damage.



## Pixy CMUcam5 Sensor de Imagen



El Pixy CMUcam 5 es un sensor de imagen con un procesador de gran alcance que se puede programar para enviar sólo la información que está buscando para que el microcontrolador no está abrumado por los datos. El Pixy CMUcam también exporta su información en una variedad de formas útiles de serie - UART, SPI, I2C, digital, o analógicas a cabo - por lo que su microcontrolador puede comunicarse fácilmente sin dejar de hacer otras tareas. ¡Es tan discreto que incluso se puede conectar múltiples CMUCams Pixy a un microcontrolador! El Pixy CMUcam5 también utiliza tono y la saturación como sus medios primarios de detección de imagen - en lugar de la RGB normal. Esto significa que la iluminación o la exposición no afectarán a la detección de un elemento de la Pixy CMUcam - que es un problema frustrante con muchos sensores de imagen.

### CARACTERISTICAS

- Dimensiones (sin cable de IDC, no hay tornillos): 50 mm x 54 mm x 2 mm / 2" x 2,1" x 0,08"
- Altura de la cámara: 25 mm / 1"
- Frente dos orificios de tornillo: 19 mm aparte / 0,75"
- Volver dos orificios de los tornillos: 47 mm aparte / 1,85"
- Peso (sin cable de IDC, sin tornillos): 25,5 g
- Pixy utiliza un algoritmo de filtrado de color basado en tonalidad para detectar objetos. Pixy calcula el tono y la saturación de cada píxel RGB del sensor de imagen y utiliza estos como los parámetros de filtrado primarios.
- Pixy recuerda hasta 7 colores diferentes firmas. Si necesita más de siete, se puede utilizar códigos de color
- Pixy procesa toda una trama de imagen 640x400 cada 1/50 de segundo.
- Sensor de imagen: OV9715 Omnivisión, 1/4", 1280x800
- Lente de campo de visión: 75 grados horizontal, 47 grados verticales
- Tipo de lente: M12 (varios tipos diferentes disponibles) estándar
- Consumo de energía: 140 mA típica
- Entrada de energía: entrada USB (5V) o entrada no regulada (6V a 10V)
- RAM: 264K bytes

### PIXYMON

PixyMon es una aplicación que se ejecuta en su PC o Mac. Se le permite ver lo que ve Pixy, ya sea como vídeo en bruto o procesado. También le permite configurar su Pixy, configurar el puerto de salida y administrar firmas de color. PixyMon comunica con Pixy través de un cable mini USB estándar.

### Anexo K. Pixy CMUcam5 - PixyMon