

**Prototipo robótico para la desinfección del covid-19 y otros virus en  
hospitales y zonas comunes**

**Hebber Rafael Rueda Castilla**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas tecnologías e ingenierías – ECBTI  
Programa de Ingeniería de Telecomunicaciones  
CCAV Puerto Colombia**

**2020**

**Prototipo robótico para la desinfección del covid-19 y otros virus en  
hospitales y zonas comunes**

**Hebber Rafael Reda Castilla**

**Director**

**Ing. Erik Barrios Montes**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero de Telecomunicaciones**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD**  
**Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías – ECBTI**  
**Programa de Ingeniería de Telecomunicaciones**  
**CCAV Puerto Colombia**  
**2020**

## Dedicatoria

*Dedicado primeramente a Dios, la por darme toda la sabiduría y entendimiento en cada momento, y de esta manera afrontar todos los retos de la vida, a mis padres **Nury Castilla Suarez** y **Rafael Arturo Rueda** que han sido un apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica y de mi vida diaria.*

## Tabla de Contenidos

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.      | Introducción .....                             | 15 |
| 2.      | Abstract .....                                 | 17 |
| 3.      | Línea de investigación .....                   | 18 |
| 4.      | Justificación .....                            | 19 |
| 5.      | Estado del arte.....                           | 21 |
| 7.      | Marco teórico .....                            | 29 |
| 7.1     | Componentes de hardware y software.....        | 29 |
| 7.1.1   | Sistemas embebidos y tarjetas electrónica..... | 29 |
| 7.1.1.1 | Raspberry pi zero W .....                      | 29 |
| 7.1.1.2 | Tarjeta de conexiones .....                    | 31 |
| 7.1.1.3 | Comunicaciones.....                            | 32 |
| 7.1.1.4 | Con antena de cavidad resonante.....           | 32 |
| 7.1.1.5 | Sensórica y periféricos.....                   | 33 |
| 7.2     | Camera 10 mp.....                              | 33 |
| 7.2.1   | Moto reductor de 4kg/cm, 150 rpm .....         | 34 |
| 7.2.2   | Ruedas .....                                   | 34 |
| 7.2.3   | Control de motores .....                       | 34 |
| 7.2.4   | Modulo 1298n.....                              | 34 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 7.2.4.1 | Fuente de alimentación .....                        | 35 |
| 7.2.4.2 | Convertor dc-dc tipo Buck kis3r33s .....            | 35 |
| 7.2.4.3 | Batería.....  | 36 |
| 7.2.4.4 | Cargador de baterías lipo .....                     | 37 |
| 7.2.4.5 | Elementos estructurales .....                       | 37 |
| 7.2.4.6 | Tornillos, anclajes y tuercas .....                 | 37 |
| 7.2.4.7 | Chasis.....   | 40 |
| 7.2.4.8 | Teoría aplicada a la suspensión .....               | 44 |
| 7.2.4.9 | Componentes de software.....                        | 51 |
| 7.3     | Lenguaje de programación java script (is) .....     | 51 |
| 7.3.1   | Apache.....   | 51 |
| 7.3.2   | Node js.....  | 52 |
| 7.3.3   | Html 5.....   | 53 |
| 7.3.4   | Lenguaje bahs unix.....                             | 53 |
| 7.3.5   | Luz ultravioleta uv (light) radiación por UVC ..... | 53 |
| 7.3.6   | Desinfección uv .....                               | 56 |
| 7.3.7   | Eficacia de la radiación uv.....                    | 57 |
|         | Objetivos .....                                     | 59 |
|         | Objetivo general.....                               | 59 |
|         | Objetivos específicos .....                         | 60 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 8     | Construcción e implementación del prototipo ..... | 61 |
| 8.1   | Chasis y elementos estructurales .....            | 61 |
| 8.1.1 | Tornillos y tuercas .....                         | 62 |
| 8.2   | Hardware .....                                    | 68 |
| 8.2.1 | Fuente de energía .....                           | 68 |
| 8.2.2 | Alimentación etapa de control.....                | 68 |
| 8.2.3 | Alimentación etapa de potencia .....              | 69 |
| 8.2.4 | Conexionado y bornes .....                        | 70 |
| 8.2.5 | Raspberry pi zero w.....                          | 71 |
| 8.2.6 | Motor shield .....                                | 71 |
| 8.2.7 | Servomotores.....                                 | 74 |
| 8.2.8 | Control de luces (equipo desinfección uv).....    | 75 |
| 8.3   | Software.....                                     | 78 |
| 8.3.1 | Iniciando con la raspberry pi forma 1 .....       | 78 |
| 8.3.2 | Iniciando con la raspberry pi forma 2 .....       | 81 |
| 8.3.3 | Instalación del software requerido .....          | 87 |
| 8.3.4 | instalar mjpg-streamer .....                      | 89 |
| 8.4   | Control.....                                      | 91 |
| 8.4.1 | Control de luces.....                             | 92 |
| 8.4.2 | Control movimiento de la cámara .....             | 93 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 8.4.3 | Control moto reductores.....                    | 95  |
| 8.5   | Upload web site app de control .....            | 98  |
| 8.5.1 | Streaming de video.....                         | 99  |
| 8.5.2 | Interfaz de usuario.....                        | 100 |
| 8.6   | Segmentación de red.....                        | 108 |
| 8.7   | Puesta en Marcha.....                           | 108 |
| 9     | Mejoras .....                                   | 110 |
| 9.1   | Chasis.....                                     | 110 |
| 9.1.1 | Diámetro sujeción suspensión rocker bogie.....  | 110 |
| 9.1.2 | Ball end .....                                  | 110 |
| 9.1.3 | Batería .....                                   | 111 |
| 9.1.4 | Estructura cámara.....                          | 111 |
| 9.1.5 | Luces .....                                     | 111 |
| 9.2   | Software.....                                   | 112 |
| 10    | Comparación de los modelos de raspberry pi..... | 112 |
| 11    | Prototipo final .....                           | 116 |
| 11.1  | Diagrama conexionado general .....              | 117 |
| 12    | Software adicional .....                        | 118 |
| 12.1  | 7zip .....                                      | 118 |
| 12.2  | Cisco packet tracer.....                        | 119 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 12.3  | Etcher.....                                | 119 |
| 12.4  | Fritzing.....                              | 120 |
| 12.5  | Tinkercad .....                            | 120 |
| 12.6  | Mozilla firefox.....                       | 121 |
| 12.7  | Navegador chrome.....                      | 121 |
| 12.8  | Editor de código y texto sublime text..... | 122 |
| 12.9  | Pixlr.com.....                             | 122 |
| 12.10 | Putty.....                                 | 123 |
| 13    | Conclusiones .....                         | 124 |
| 14    | Referencias.....                           | 126 |



## Lista de figuras

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Ilustración 1 Suspensión Rocker-Bogie .....</b>               | <b>23</b> |
| <b>Ilustración 2 Robot Explorador.....</b>                       | <b>25</b> |
| <b>Ilustración 3 Explorador de Ductos .....</b>                  | <b>26</b> |
| <b>Ilustración 4 Riley .....</b>                                 | <b>27</b> |
| <b>Ilustración 5 Raspberry Pi Zero W .....</b>                   | <b>29</b> |
| <b>Ilustración 6 Tarjeta de conexiones.....</b>                  | <b>31</b> |
| <b>Ilustración 7 Pcb Layout T. conexiones .....</b>              | <b>32</b> |
| <b>Ilustración 8 BCB43438 Con Antena Resonante .....</b>         | <b>32</b> |
| <b>Ilustración 9 Cámara Bus CSI.....</b>                         | <b>33</b> |
| <b>Ilustración 10 Driver motores DC .....</b>                    | <b>35</b> |
| <b>Ilustración 11 Conversor DC-DC 5V/3<sup>a</sup> .....</b>     | <b>35</b> |
| <b>Ilustración 12 Batería LIPO .....</b>                         | <b>36</b> |
| <b>Ilustración 13 Cargador Balanceador iMAX B6 .....</b>         | <b>37</b> |
| <b>Ilustración 14 Elementos de Sujeción .....</b>                | <b>38</b> |
| <b>Ilustración 15 Chasis 6x6 Rocker-Bogie en PLA.....</b>        | <b>40</b> |
| <b>Ilustración 16 Piezas Modificadas .....</b>                   | <b>41</b> |
| <b>Ilustración 17 Medición y corte de Extensiones .....</b>      | <b>41</b> |
| <b>Ilustración 18 Piezas del Chasis.....</b>                     | <b>42</b> |
| <b>Ilustración 19 Prusa I3 Pro B .....</b>                       | <b>42</b> |
| <b>Ilustración 20 PLA Filamento 1.75mm .....</b>                 | <b>43</b> |
| <b>Ilustración 21 Diagrama cinemático de la Suspensión .....</b> | <b>44</b> |
| <b>Ilustración 22 Sistema geométrico .....</b>                   | <b>45</b> |
| <b>Ilustración 23 Distancia entre centros de Ruedas .....</b>    | <b>45</b> |
| <b>Ilustración 24 Análisis Triangulo Inferior .....</b>          | <b>46</b> |
| <b>Ilustración 25 Análisis Triangulo interno 1 .....</b>         | <b>47</b> |
| <b>Ilustración 26 Análisis Triangulo Interno 2 .....</b>         | <b>47</b> |
| <b>Ilustración 27 Analisis Triangulo Exterior .....</b>          | <b>48</b> |
| <b>Ilustración 28 Análisis Triangulo exterior 1.....</b>         | <b>49</b> |

|                       |   |           |
|-----------------------|---|-----------|
| <b>Ilustración 29</b> | <b>Análisis Triangulo Exterior 2.....</b>         | <b>50</b> |
| <b>Ilustración 30</b> | <b>Resultado Suspensión Rocker-Bogie .....</b>    | <b>51</b> |
| <b>Ilustración 31</b> | <b>radiación infrarroja y ultravioleta.....</b>   | <b>54</b> |
| <b>Ilustración 32</b> | <b>Radiación infrarroja Longitud de onda.....</b> | <b>54</b> |
| <b>Ilustración 33</b> | <b>Espectro visible.....</b>                      | <b>55</b> |
| <b>Ilustración 34</b> | <b>Microorganismos vs UV.....</b>                 | <b>56</b> |
| <b>Ilustración 35</b> | <b>Indicadores de Desinfectantes .....</b>        | <b>58</b> |
| <b>Ilustración 36</b> | <b>Prototipo.....</b>                             | <b>61</b> |
| <b>Ilustración 37</b> | <b>Anclaje al Chasis .....</b>                    | <b>62</b> |
| <b>Ilustración 38</b> | <b>Ultimaker Cura .....</b>                       | <b>63</b> |
| <b>Ilustración 39</b> | <b>Preparando Prusa I3 Para Impresión .....</b>   | <b>63</b> |
| <b>Ilustración 40</b> | <b>Impresión en Proceso .....</b>                 | <b>64</b> |
| <b>Ilustración 41</b> | <b>Pieza terminada Buena Calidad.....</b>         | <b>64</b> |
| <b>Ilustración 42</b> | <b>Pulido de Pieza.....</b>                       | <b>65</b> |
| <b>Ilustración 43</b> | <b>Acople Hexagonal de 12mm .....</b>             | <b>66</b> |
| <b>Ilustración 44</b> | <b>Ruedas .....</b>                               | <b>66</b> |
| <b>Ilustración 45</b> | <b>Amortiguadores.....</b>                        | <b>67</b> |
| <b>Ilustración 46</b> | <b>Ball End.....</b>                              | <b>67</b> |
| <b>Ilustración 47</b> | <b>Soldadura conector XT60.....</b>               | <b>70</b> |
| <b>Ilustración 48</b> | <b>Borneras de los Módulos.....</b>               | <b>71</b> |
| <b>Ilustración 49</b> | <b>Disipadores en la Pi Zero W .....</b>          | <b>71</b> |
| <b>Ilustración 50</b> | <b>Descripción Pin Out L298N.....</b>             | <b>72</b> |
| <b>Ilustración 51</b> | <b>Servomotor SG90 .....</b>                      | <b>75</b> |
| <b>Ilustración 52</b> | <b>Hoja de datos del 2N3904 .....</b>             | <b>76</b> |
| <b>Ilustración 53</b> | <b>Adaptador Mini HDMI.....</b>                   | <b>78</b> |
| <b>Ilustración 54</b> | <b>Descargando NOOBS.....</b>                     | <b>79</b> |
| <b>Ilustración 55</b> | <b>Asistente NOOBS .....</b>                      | <b>80</b> |
| <b>Ilustración 56</b> | <b>Instalación de Rapbian .....</b>               | <b>80</b> |
| <b>Ilustración 57</b> | <b>Escritorio de Rapbian .....</b>                | <b>80</b> |
| <b>Ilustración 58</b> | <b>Etcher .....</b>                               | <b>82</b> |
| <b>Ilustración 59</b> | <b>Carga del SO en la MicroSD .....</b>           | <b>82</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Ilustración 60 Carga correcta del SO.....</b>                  | <b>83</b>  |
| <b>Ilustración 61 Carpeta Boot.....</b>                           | <b>83</b>  |
| <b>Ilustración 62 Archivos de configuración del Wifi .....</b>    | <b>84</b>  |
| <b>Ilustración 63 Datos de Configuración .....</b>                | <b>84</b>  |
| <b>Ilustración 64 puTTY .....</b>                                 | <b>85</b>  |
| <b>Ilustración 65 Wifi - Alerta .....</b>                         | <b>85</b>  |
| <b>Ilustración 66 App Home Wifi-Alert.....</b>                    | <b>86</b>  |
| <b>Ilustración 67 Consola de la Raspberry desde puTTY.....</b>    | <b>86</b>  |
| <b>Ilustración 68 Instalación de paquetes.....</b>                | <b>87</b>  |
| <b>Ilustración 69 Gpio Raspberry .....</b>                        | <b>89</b>  |
| <b>Ilustración 70 Iniciando servidor de streaming .....</b>       | <b>90</b>  |
| <b>Ilustración 71 MJPG-Streamer .....</b>                         | <b>91</b>  |
| <b>Ilustración 72 Control luces lado del cliente.....</b>         | <b>92</b>  |
| <b>Ilustración 73 Control luces lado del servidor .....</b>       | <b>93</b>  |
| <b>Ilustración 74 Movimiento elevación lado cliente .....</b>     | <b>93</b>  |
| <b>Ilustración 75 Movimiento Azimut lado cliente .....</b>        | <b>94</b>  |
| <b>Ilustración 76 Elevación y Azimut lado servidor .....</b>      | <b>94</b>  |
| <b>Ilustración 77 Mapeo de impulsión cartesiana.....</b>          | <b>96</b>  |
| <b>Ilustración 78 Control motoreductores lado cliente .....</b>   | <b>96</b>  |
| <b>Ilustración 79 Control motoreductores lado servidor .....</b>  | <b>97</b>  |
| <b>Ilustración 80 Contenido Carpeta touchUI .....</b>             | <b>98</b>  |
| <b>Ilustración 81 Test interfaz de usuario .....</b>              | <b>98</b>  |
| <b>Ilustración 82 Streaming de video MJPG-Streamer .....</b>      | <b>100</b> |
| <b>Ilustración 83 Interfaz de Usuario Web.....</b>                | <b>100</b> |
| <b>Ilustración 84 Interacción con controles de la cámara.....</b> | <b>102</b> |
| <b>Ilustración 85 Css control cámara.....</b>                     | <b>102</b> |
| <b>Ilustración 86 Luces Off.....</b>                              | <b>103</b> |
| <b>Ilustración 87 Luces ON.....</b>                               | <b>103</b> |
| <b>Ilustración 88 Propiedades Css del botón de luces .....</b>    | <b>104</b> |
| <b>Ilustración 89 Toma de Foto en proceso .....</b>               | <b>105</b> |
| <b>Ilustración 90 Ubicación de las fotos.....</b>                 | <b>105</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Ilustración 91 Mensaje confirmación botón de Apagado.....</b>                | <b>106</b> |
| <b>Ilustración 92 Segundo mensaje de Información.....</b>                       | <b>106</b> |
| <b>Ilustración 93 Estilos Css del botón de apagado .....</b>                    | <b>107</b> |
| <b>Ilustración 94 Control Multitouch .....</b>                                  | <b>107</b> |
| <b>Ilustración 95 Topología de red.....</b>                                     | <b>108</b> |
| <b>Ilustración 96 Vista Lateral del Vehículo .....</b>                          | <b>109</b> |
| <b>Ilustración 97 Vista Frontal del vehículo.....</b>                           | <b>110</b> |
| <b>Ilustración 98 Elevación y Azimut de la cámara.....</b>                      | <b>111</b> |
| <b>Ilustración 99 Luces del vehículo .....</b>                                  | <b>112</b> |
| <b>Ilustración 100 Modelos Raspberry pi.....</b>                                | <b>113</b> |
| <b>Ilustración 101 Comparativa de modelos de Raspberry pi.....</b>              | <b>115</b> |
| <b>Ilustración 102 Vista Trasera del Prototipo .....</b>                        | <b>116</b> |
| <b>Ilustración 103 Vista Lateral del Prototipo .....</b>                        | <b>116</b> |
| <b>Ilustración 104 7Zip.....</b>  | <b>118</b> |
| <b>Ilustración 105 Cisco Packet Tracer .....</b>                                | <b>119</b> |
| <b>Ilustración 106 Etcher-Utilidad Para Escribir Archivos de Imagenes .....</b> | <b>119</b> |
| <b>Ilustración 107 Diseño de circuitos y esquemáticos .....</b>                 | <b>120</b> |
| <b>Ilustración 108 Tinkercad .....</b>  | <b>120</b> |
| <b>Ilustración 109 Navegador y Editor Web .....</b>                             | <b>121</b> |
| <b>Ilustración 110 Navegador Web Chrome.....</b>                                | <b>121</b> |
| <b>Ilustración 111 Editor de Texto y Código.....</b>                            | <b>122</b> |
| <b>Ilustración 112 Editor Fotográfico .....</b>                                 | <b>122</b> |
| <b>Ilustración 113 Consola Remota.....</b>                                      | <b>123</b> |

## Lista de tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> Lista de Elementos de Sujeción ..... | 39 |
|---|----|

**Lista de circuitos**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Circuito 1</b> Alimentación etapa de control .....          | 69  |
| <b>Circuito 2</b> Diagrama de Bloques Etapa de Potencia .....  | 70  |
| <b>Circuito 3</b> Control motores .....                        | 73  |
| <b>Circuito 4</b> Control de luces .....                       | 74  |
| <b>Circuito 5</b> Diagrama general.....                        | 77  |
| <b>Circuito 6</b> Diagrama bloques del Prototipo .....         | 117 |
| <b>Circuito 7</b> Diagrama bloques de las luces y cámara ..... | 117 |
| <b>Circuito 8</b> Diagrama bloques de las luces y cámara ..... | 117 |

## 1. Introducción

El siguiente trabajo pretende dar respuesta a la propuesta de proyecto de grado que se articula al semillero de investigación UNAD – Tronic del Grupo de Investigación en Desarrollo Tecnológico (GIDESTEC), titulado “Prototipo Robótico para la desinfección del Covid-19 y otros virus en Hospitales y zonas comunes.” Para esta etapa, se dará solución al problema de control, monitoreo y sistema de desinfección de un vehículo a escala tipo “Rover” mediante una red WLAN para la desinfección de diferentes escenarios en especial Hospitales, Funerarias, Cementerios y demás. Posee un sistema avanzado de movilidad que permitirá desplazarse por terrenos no regulares y rocosos; el controlador principal es un mini ordenador por medio del cual se efectuara el control remoto del vehículo, de la cámara incorporada en el Rover mediante un navegador Web y el sistema de desinfección y esterilización. Lo anterior, debe ser en tiempo real, generando *Streaming* de video para el control y visualización del entorno. Gracias a la tecnología y el desarrollo aquí planteado, este vehículo puede ser mejorado incorporando funcionalidades de inteligencia artificial, escalar a IOT, e implementar navegación automática en las siguientes etapas que compongan el semillero de investigación para este proyecto.

El COVID-19 es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto más recientemente. Tanto este nuevo virus como la

enfermedad que provoca erand desconocidos antes de que estallara el brote en Wuhan (China) en diciembre de 2019. Actualmente la COVID-19 es una pandemia que afecta a muchos países de todo el mundo. Tomado de: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses#:~:text=La%20COVID-19%20es,en%20diciembre%20de%202019>.

El uso de la robótica o de sistemas asistidos de bajo costo es poco usado en robótica aplicada a sistemas de desinfección, en hospitales y zonas de alto riesgo de contagio en especial al actual virus Covid-19, dentro de las referencias encontramos a Fleming, M., Patrick, A., Gryskevicz, M., Masroor, N., Hassmer, L., Shimp, K., ... & Bearman, G. (2018), y su estudio titulado: Deployment of a touchless ultraviolet light robot for terminal room disinfection: the importance of audit and feedback. Publicado en la revista American journal of infection control donde habla acerca de un estudio realizado durante 25 meses que demostró que el uso de de la luz ultravioleta (UVC) mediante robot móviles elimina entre un 20% y 100% las distintas bacterias que pueden estar en la superficie, así mismo existen otros estudios sobre diferentes prototipos utilizando diferentes métodos entre ellos ozono, calor, químicos, etc. Este proyecto pretende dar solución a la conectividad y control de los diferentes mecanismos empleados en un vehículo principalmente para los lugares anteriormente descritos, que puede ser utilizado como una mano remota, permitiendo realizar labores de alto riesgo.



## 2. Abstract

The following work intends to respond to the proposal of the degree project that is articulated to the research seedbed UNAD - Tronic of the GIDESTEC research group, entitled “Rocker Bogie 6x6 off-road robotic vehicle.” For this stage, the control problem will be solved and monitoring of a vehicle on a “Rover” scale using a WLAN network for the surveillance of different residential, military, industrial and other scenarios. It has an advanced mobility system that will allow you to move through non-regular and rocky terrain; The main controller is a minicomputer by means of which the remote control of the vehicle and the camera incorporated in the rover will be carried out by means of a Web browser. The above must be in real time, generating video streaming for control and visualization of the environment. Thanks to the technology and development proposed here, this vehicle can be improved by incorporating artificial intelligence capabilities, climbing to IOT, and implementing automatic navigation in the following stages that make up the research seedbed for this project.

The use of robotics or low cost assisted systems is a little use in robotics applied to disinfection systems, in hospitals and areas at high risk of contagion, especially the current Covid-19 virus, there are no bibliographic references that affirm the opposite, and in my experience, I have not witnessed the use of robotic vehicles for disinfection. This project aims to provide a solution to the connectivity and control of the different mechanisms use in vehicle mainly for the places described above, which can be used as a remote hand allowing high risk task to be carried out.

### 3. Línea de investigación

#### **Desarrollo de un vehículo robótico para vigilancia etapa 1**

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Nombre del Grupo de Investigación:        | GIDESTEC Código Colciencias |
| del Grupo de Investigación:               | COL0111569 Tipo de Grupo de |
| Investigación:                            | AVALADO                     |
| Fecha de creación grupo de Investigación: | SEPTIEMBRE 2010             |

Nombre del Semillero de Investigación: UNAD – Tronic

#### **Semillero de investigación en electrónica, telecomunicaciones y redes**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Investigador responsable del semillero: | John Jairo Leiva         |
| Línea de Investigación:                 | Ingeniería de Software Y |
| Gestión de Sistemas                     |                          |
| Escuela:                                | ECBT                     |

#### 4. Justificación

El diseño y construcción de un vehículo prototipo todoterreno 6x6 rocker-bogie para la desinfección en hospitales y zonas comunes de alto riesgo, puede ayudar a mejorar la seguridad de los encargados de la limpieza, además de programar una continua limpieza, evitando el alto riesgo al que se exponen las personas que realizan estas actividades. Todo esto es posible realizarlo a bajo costo, gracias a los avances tecnológicos, específicamente al desarrollo e investigaciones de Software, y Hardware libre por parte de fabricantes, y a la impresión 3D. En la actualidad, se encuentran fabricantes que ofrecen mini computadores e infinidad de sensores de fácil adquisición, con la capacidad de usar sistemas tipo servidor como es el caso de Ubuntu, Armbian, Android, Apache, cámaras de video, puertos USB, dispositivos bluetooth entre otros.

Existe gran compatibilidad con plataformas como Arduino que usan protocolos de comunicación como I<sup>2</sup>C (*Inter-Integrated Circuit*), ICSP (*In Circuit Serial Programming*), Digital I/O (*Input Output*) y RS 232 (*Recommended Standard 232*). Se puede implementar un sistema capaz de censar variables como la humedad; presencia de CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono); fuego; detección de movimiento, *Streaming* de video en vivo, e infinidad de funciones adicionales; con la capacidad de transmitir estos valores a un servidor para su posterior análisis. Lo anterior permite evitar pérdida de vidas humanas, desarrollando modelos robóticos que reduzcan el peligro al que se enfrentan algunas personas en circunstancias específicas al momento de realizar labores de limpieza.

Es importante destacar, que el terreno donde se moverá el vehículo no será plano en todas las ocasiones, en algunas ocasiones puede ser terreno no regular y escalonado, es indispensable incluir en el diseño del vehículo un sistema de movilidad que le permita desplazarse por estos terrenos; por lo anterior se opta por adaptar al vehículo una suspensión tipo ROCKER BOGIE ideal para el tipo de terrenos al que se enfrentará. El control seguro de los motores y actuadores en tiempo real será responsabilidad del operador, ya que la implementación de inteligencia al vehículo con reconocimiento de obstáculos por inteligencia artificial podrá ser implementada en el futuro.

## 5. Estado del arte

La tecnología avanza a pasos agigantados, lo podemos ver a diario, la reducción del tamaño de los componentes electrónicos, nuevos sistemas de inteligencia artificial, nuevos sensores cada vez más pequeños y con más funcionalidades. Donde es posible destacar estos avances y Proyectos de tecnología es que hay muchos que son *Open source*, esto quiere decir que no son de uso propietario, lo que permite una amplia gama de posibilidades. Estos dispositivos ya sean sensores, tarjetas de desarrollo y microcomputadoras son de fácil compra local, o en caso contrario, la mayoría de estas tecnologías son de fácil importación a Colombia. Al tener todas estas tecnologías al alcance de todos se podrá desarrollar proyectos al beneficio de las comunidades, industrias, etc. lo cual mejora la calidad de vida. Proyectos a realizar con estas tecnologías son múltiples, es por esto que se aprovecharán algunas de estas tecnologías, para realizar vehículo robótico todoterreno 6x6 rocker-bogie, capaz de desarrollar tareas de desinfección. En la actualidad los desarrollos en robótica a nivel nacional e internacional avanzan de manera positiva. A continuación, se mencionan algunos proyectos realizados en Colombia y en el exterior.

Fleming, M., Patrick, A., Gryskewicz, M., Masroor, N., Hassmer, L., Shimp, K., ... & Bearman, G. (2018). Y su estudio titulado: Deployment of a touchless ultraviolet light robot for terminal room disinfection: the importance of audit and feedback. Estudio donde se construye un robot que posee un brazo dotado de luz ultravioleta que periódicamente realiza procesos de limpieza y

demonstró su eficiencia en la reducción de la contaminación por bacterias entre un 20% y 100%.

También tenemos a German A. Sarmiento López y Carlos Andrés Sarmiento López (2011), estudiantes de la universidad libre de Bogotá – Colombia, realizaron el análisis y diseño mecánico de un robot de exploración tipo Rover con suspensión ROCKER-BOGIE, cuyo objetivo principal es de trabajar como robot geológico, su misión fue recolectar material para ser clasificado e investigarlo.

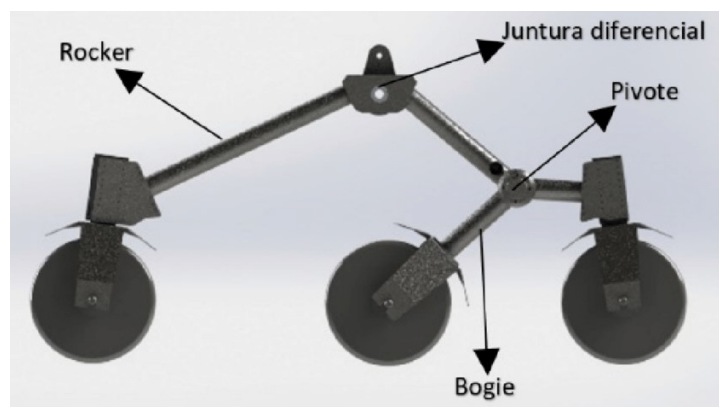
“Una de las características más destacadas del robot Rover es que posee un sistema avanzado de movilidad que le permitió desplazarse por terrenos no regulares y rocosos. El robot explorador cuenta con un chasis de 6 ruedas, cada una con un sistema motriz individual y un sistema de posicionamiento angular por servo control que le permite tener movilidad 360 grados en su propio eje. En cuanto al sistema de navegación del robot, son basados en sistemas odométricos, se utilizarán cámaras estéreo con visión estereoscópicas. La función principal de la suspensión Rocker-Bogie es proporcionar al móvil, la capacidad de absorber eficientemente las fuerzas ejercidas y las cargas de acción sobre el robot. En la

**Ilustración** se presenta las características de la suspensión de un Rocker-Bogie, creado por (Avilés O., 2018).

Este tipo de suspensión se usa en la mayoría de robots exploradores de las agencias espaciales. Esta suspensión posee una parte fija (roCKER), la cual se encarga de la estabilidad y una parte móvil (Bogie) que se encarga del balanceo del robot al momento de cruzar obstáculos. Los creadores de este diseño encontraron que, el análisis mecánico del robot de exploración, los parámetros establecidos durante la investigación fueron suficientes para establecer las condiciones necesarias para que el prototipo final fuera operado en ambientes extremos de la geografía colombiana. También encontraron que el prototipo permite desarrollar futuras investigaciones en diferentes campos, no solo la exploración de ambientes extremos, sino también el desarrollo de investigaciones tipo militar.” (Lopez, 2011).

### **Ilustración 1**

#### *Suspensión Rocker-Bogie*



*Nota.* Rocker -Bogie suspensión Adaptado de Avilés S, O. F, 2018, Recuperado de ([https://www.researchgate.net/figure/Rocker-Bogie-suspension\\_fig2\\_323466855](https://www.researchgate.net/figure/Rocker-Bogie-suspension_fig2_323466855).)

CC BY 2.0

Álvaro Javier Viloría Luna y Carlos Andrés Correa Causil (2015), estudiantes de la facultad de ingeniería, departamento de sistemas y telecomunicaciones de la universidad de Córdoba - Colombia, realizaron la construcción de un robot explorador con movimiento controlado por wifi. “Este transmite video a través de una cámara IP. El robot puede ser manipulado a través de un computador de escritorio o computadora portátil, el cual le permitirá desarrollar tareas de vigilancia o exploración en espacios reducidos o peligrosos para los miembros del cuerpo de bomberos de montería- córdoba. El armado del chasis fue el soporte el encargado de movilizar el robot en las áreas que se ubique, el circuito y sus conexiones se encargaran de manejar las comunicaciones entre mecanismos para que todo funcione de la mejor manera, la programación de la tarjeta Arduino, quien será la encargada de la lógica del robot, recibir y ejecutar instrucciones. Los creadores del proyecto encontraron que por su reducido tamaño era ideal para hacer exploraciones en espacios pequeños de ambientes peligrosos, su alcance máximo el campo abierto sin obstáculos es de 40 metros.” (ÁLVARO JAVIER VILORIA LUNA, 2015). En la **Ilustración 2** el robot explorador completo.



## Ilustración 2

### *Robot Explorador*



*Nota.* Viloría, A Construcción de un Robot Explorador, 2015, Recuperado de (<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/286>) CC BY 2.0

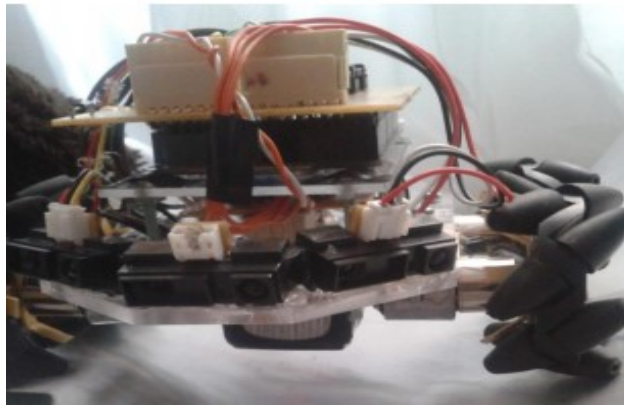
Leonardo Pérez Ramírez y Nadia Patricia Vargas, de la facultad de Ingeniería Mecatrónica en la universidad de Buenaventura – Colombia, “realizaron el diseño y construcción de un prototipo de Robot Explorador para ductos, capaz de reconocer y memorizar obstáculos, su función fue identificar obstrucciones en ductos superiores a 14 pulgadas, siendo capaz de recopilar cierta información que luego fue almacenada y procesada por un pc. El robot fue construido con Ruedas Omnidireccionales, los motores seleccionados fueron moto reductores de 6v, se utilizaron ruedas especiales mecanum. El sistema de control del robot está realizado con un microcontrolador AT-MEGA, para la identificación de obstáculos se utilizaron sensores ópticos ubicados en la parte frontal del robot, junto a una pantalla lcd que sería la encargada de identificar y mostrar la distancia recorrida y la distancia a la que se encuentre un obstáculo. Los autores encontraron que el proceso de detección de obstáculos depende

esencialmente de la selección y posición de los sensores y una calibración especial, el diseño de los elementos electrónicos fue acorde a las necesidades del robot como consumo de corriente y telemetría” (Corredor, 2012). Ver

**Ilustración 3** explorador de Ductos, tomado de biblioteca.usbbog.edu.co.pdf.

### **Ilustración 3**

*Explorador de Ductos*



*Nota.* Corredor Diseño y Construcción de un Prototipo de Robot Explorador, 2012, Recuperado de (<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/72414.pdf>) CC BY 2.0

La empresa ZEQUER dedicada a soluciones globales de seguridad, desarrollo el Robot Riley, que es un robot inteligente para vigilancia del hogar, cumple las funciones de guardián de seguridad, cuenta con una cámara la cual puede tomar fotos, capturar video. “En cuanto a movilidad puede girar 360 grados, y una característica importante es que su cargador se pone en el piso como una base de carga. Posee sensores de movimiento que pueden alertar al usuario frente a todo lo que ocurra; el robot cuenta con una aplicación “appbot

Riley”, lo que permite gestionar el robot desde el dispositivo móvil. Riley posee un altavoz y un micrófono para interactuar desde el Smartphone con la persona que se encuentre o simplemente para advertir de una emergencia. Este dispositivo puede hacer rondas de vigilancia de Día y de noche ya que cuenta con una cámara de visión nocturna.” (Zequer, 2017). Este robot tiene muchas características importantes, una de las desventajas es la poca capacidad para grabar video y almacenamiento de fotos. En la **Ilustración 4** vemos el robot Riley tomada del blog.zequer.

#### **Ilustración 4**

*Riley*



*Nota.* Zequer, 2017, Tomado de (<https://blog.zequer.com/inteligencia-artificial-para-aumentar-la-seguridad-zequer/>)

## 6. Problema de investigación

De acuerdo con las necesidades planteadas en el semillero de investigación, para esta etapa los retos radican en la comunicación máquina – usuario, el vehículo debe ser todoterreno que permita desplazarse por terrenos irregulares. Esta interacción y funcionalidad, mediante el uso de robótica o asistentes inteligentes asistidos de bajo costo es probablemente muy reducido en los diferentes escenarios hospitalarios y demás en nuestro país. En una búsqueda en la web no se encuentran referencias en las cuales se utilicen estas aplicaciones en los escenarios antes descritos en Colombia, podría ser debido a la baja investigación, sistemas propietarios y elevados costos de adquisición. El problema principal radica en diseñar y construir un vehículo en el cual se puedan establecer protocolos de comunicación, control en tiempo real que sean accesibles al usuario final, sin dejar a un lado la facilidad a la hora de operar el sistema.

Expuesto lo anterior, se plantea la necesidad de llevar a cabo, la siguiente pregunta de investigación:

**¿Cómo diseñar y construir un vehículo prototipo todoterreno 6x6 rocker-bogie para la desinfección de zonas con alto riesgo de transmisión del covid-19?**

## 7. Marco teórico

Los robots tele-operados se componen principalmente de una estación de tele operación, un sistema de comunicaciones y el robot. La estación de tele operación para el desarrollo de este proyecto está representada por cualquier dispositivo compatible con HTML5 (*HyperText Markup Language*) y como medio de comunicación se utiliza wifi para conectarse a Internet.

El control del robot y diseño se realizó usando sistemas embebidos, tarjetas genéricas y otros componentes de fácil adquisición. A continuación, describimos las tecnologías usadas:

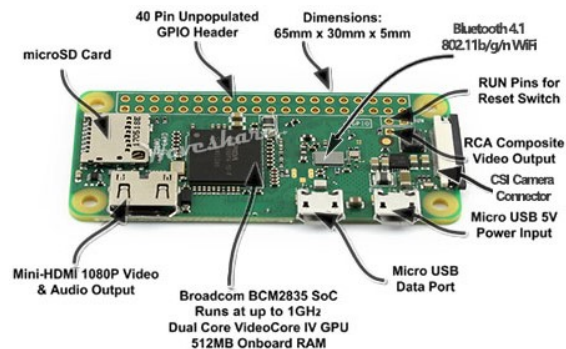
### 7.1 Componentes de hardware y software

#### 7.1.1 Sistemas embebidos y tarjetas electrónica

##### 7.1.1.1 Raspberry pi zero W

### *Ilustración 5*

#### *Raspberry pi Zero w*



*Nota.* Pi Zero 2018, Tomado de (<https://www.didacticaselctronicas.com/index.php/sistemas-de-desarrollo/raspberry/tarjetas-raspberry/raspberry-pi-zero-2-w-raspberry-sistemas-tarjetas-de-desarrollo-minipc-mini-pc-mini-computadores-raspberry-pi-zero-2w-2w-detail>) CC BY2.0

En el mercado hay diferentes placas de desarrollo como el arduino, placas basadas en microcontroladores pic, pero ninguna de estos cuenta con un sistema operativo como la raspberry pi. Existen placas como la Orange Pi, en cuanto a hardware es un poco superior en algunas versiones a la raspberry pi, por lo cual la velocidad de procesamiento seria mayor. Esta placa carece de soporte, esto es crucial a la hora de hacer desarrollos en cualquier proyecto, ya que ayuda en la solución de problemas. La placa de desarrollo Raspberry Pi Zero W gracias a su alto nivel de procesamiento, a su gran nivel de conectividad, a su sistema operativo y capacidad de memoria en un tamaño reducido, será usada como controlador principal; funcionando como servidor donde corra la utilidad de control y monitoreo. El cliente o usuario accederá al aplicativo ubicado en este dispositivo, en el cual podrá ver en esta etapa inicial la temperatura de la CPU y un video en directo transmitido desde el robot. “La raspberry pi Zero W es un Mini Pc de un reducido tamaño cuyo sistema operativo son GNU/LINUX, Resabian es una de estas distribuciones que esta optimizada para el hardware de la Raspberry. Estos mini Pc son muy económicos, están alrededor de los 10USD” (raspberrypi, 2017). Cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

- LAN inalámbrica 802.11 b / g / n
- Bluetooth 4.1
- Bluetooth de baja energía (BLE)
- 1GHz, CPU de un solo núcleo
- 512 MB de RAM
- Puerto's Mini HDMI y USB On-The-Go
- Micro USB de energía
- Cabezal de 40 pines compatible con HAT

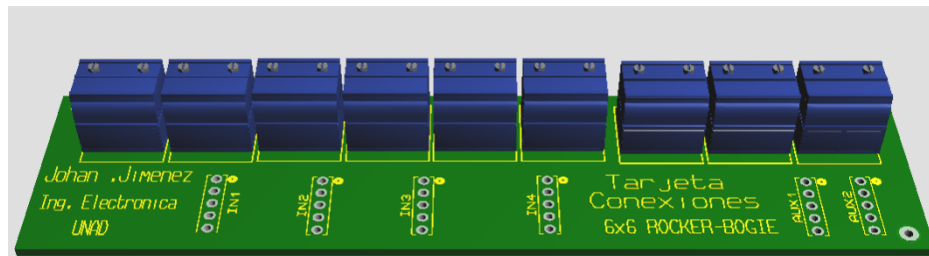
- Video compuesto y reinicio de encabezados
- Conector de cámara CSI

De acuerdo con las características anteriores lo hace perfecto para el proyecto, ya que bajo el sistema operativo de GNU/LINUX se podrá trabajar bajo numerosos lenguajes de programación como JavaScript, NodeJs, Python. Soporta servidores de la familia Linux como apache, el hecho de tener una LAN inalámbrica 802.11b/g/n lo hace aún más interesante, ya que por medio de esto se podrán hacer aplicaciones controladas remotamente a través de internet sin utilizar módulos adicionales. Ver **Ilustración 5** Raspberry Pi Zero W.

### 7.1.1.2 Tarjeta de conexiones

#### Ilustración 6

##### *Tarjeta de Conexiones*

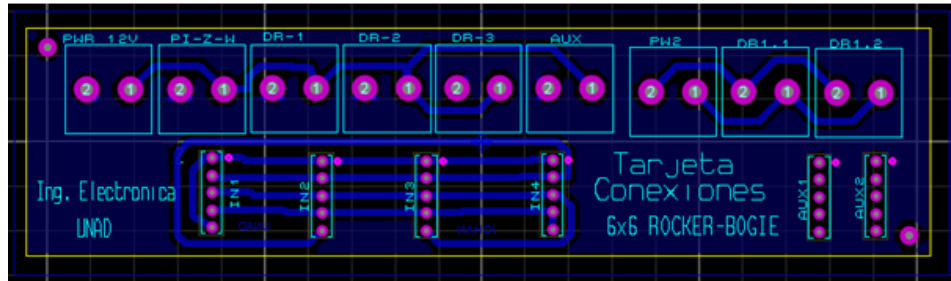


Este módulo de conexiones (**Ilustración 6**) diseñada exclusivamente para el vehículo todo terreno 6x6 ROCKER-BOGIE con el fin de concentrar todas las conexiones de control de los motores, señales PWM de salida de la Pi Zero, los diferentes voltajes de alimentación de los módulos de los controladores de los motores Y la alimentación del módulo de corriente para la PI Zero. La tarjeta de conexiones cuenta con entradas adicionales para conectar futuros drivers y componentes que permitan ampliar las funcionalidades del vehículo. En la

(**Ilustración 7**), se puede observar el diseño del PCB LAYOUT desarrollado en el software de Ares de proteus, en esta vista puede observar el ruteo y la colocación de los componentes en el módulo tarjeta de conexiones, pcb layout.

### Ilustración 7

*Pcb Layout T. Conexiones*

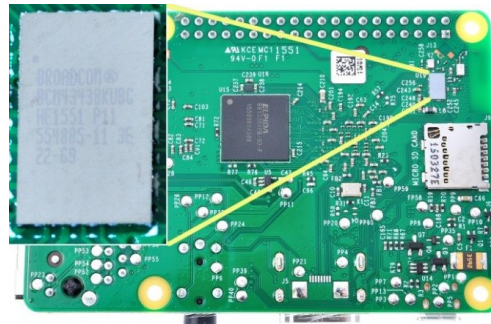


#### 7.1.1.3 Comunicaciones

#### 7.1.1.4 Con antena de cavidad resonante

### Ilustración 8

*BCB43438 Con Antena Resonante*



Nota. Tarjeta BCB, 2018, Tomada de (<http://www.multicopter.org/es/raspbian-en-raspberry-pi-3-configurar-la-wifi-en-la-linea-de-comandos/>) CC BY 2.0

La interacción con el mundo exterior de la Raspberry pi Zero w de modo inalámbrico es controlado por el chip BCM43438 de Broadcom, como lo dice sus creadores en su hoja de datos “Es una solución altamente integrada y ofrece



el RBOM más bajo en la industria de los teléfonos inteligentes, tabletas, y una amplia gama de otros dispositivos portátiles, el chip incluye una WLAN de 2,4Ghz IEEE 802.11b/g/n MAC/banda base/radio, soporte para bluetooth 4.1 y un receptor de FM, la interfaz WLAN admite una velocidad de transferencia de hasta 200Mbps al operar en modo de 4bits a una frecuencia de bus de 50Mhz” (CYPRESS EMBEDD IN TOMORROW, 2017). Como desarrollo creativo de la empresa sueca Proant es el diseño de la antena, como se puede observar en la (Ilustración 8).

“la antena consta de una cavidad resonante, donde las ondas de radio interactúan con este espacio libre, y resuenan en esta cavidad a la frecuencia correcta, 2 condensadores se encuentran en la parte inferior del plano de tierra y capturan la señal de radio”, (TheMagPi Magazine, 2017). BCM43438 Broadcom.

### 7.1.1.5 Sensórica y periféricos

## 7.2 Camera 10 mp

### Ilustración 9

*Cámara Bus CSI*



*Nota.* Módulo de Cámara, 2014, RS Tomado de (<https://es.rs-online.com/web/p/camaras-para-raspberry-pi/9132664/>) CC BY 2.0

Para el desarrollo del proyecto es necesario una cámara de una resolución considerable, de un tamaño reducido, y que sea compatible con la raspberry pi Zero w y que sea de fácil instalación. Es por esto que La cámara de la raspberry pi v2 es la indicada. “cuenta con una resolución de 8 megapíxeles de resolución nativa de alta calidad sensor de imagen Sony IMX219, es capaz de general imágenes estáticas de 3280 x2464 pixeles, realiza capturas de video en resoluciones de 1038p30,720p60 y 640x480p90, todo el software esta soportado dentro de la última versión del sistema operativo de Raspbian” (ELECTRONILAB, 2016). Ver (**Ilustración 9**) Cámara Bus CSI.

### **7.2.1 Moto reductor de 4kg/cm, 150 rpm**

Este motor funciona hasta con un nivel máximo de voltaje de 12v. Tiene un consumo máximo de corriente de 0.5Amp, genera un torque de 4kg/cm, la reducción es de 1:00 a 34; un conjunto de 6 de estos motores serán los encargados de dar movilidad al vehículo de vigilancia.

### **7.2.2 Ruedas**

Las características principales de esta rueda es que su diámetro del neumático es de 11,5cm/4,53 pulgadas, el ancho del neumático es de aproximadamente 5cm/1,97pulgadas, tiene un acople hexagonal de 12mm, su material de construcción de caucho; dado sus dimensiones y construcción se hace ideal para la implantación del rover.

### **7.2.3 Control de motores**

### **7.2.4 Modulo 1298n**

## Ilustración10

### *Driver motores DC 1*



*Nota.* Vistronica, 2016, Tomado de ([https://www.iberobotics.com/wp-content/uploads/2018/04/Driver\\_control\\_motores\\_L298N.jpg](https://www.iberobotics.com/wp-content/uploads/2018/04/Driver_control_motores_L298N.jpg)) CC BY 2.0

Este módulo permite controlar el sentido de motores de corriente continua, con un soporte de corriente de 2A por canal, provee gran variedad de voltajes de alimentación lo que lo convierte en un dispositivo muy flexible para gran cantidad de proyectos ya que puede ser alimentado hasta con 46VDC, puede manejar hasta 2 motores de corriente continua con facilidad para el cambio de giro y control PWM, este módulo tienen gran capacidad para el filtrado de ruido, tiene diodo de protección ante corriente inversa (Vistronica, 2016); por todas estas prestaciones será el indicado para este proyecto. Vemos en la (**Ilustración 10**) Driver motores tomado de iberobotics.com.

#### 7.2.4.1 Fuente de alimentación

#### 7.2.4.2 Conversor dc-dc tipo Buck kis3r33s

## Ilustración 11

### *Conversor DC-DC 5V/3*



*Nota Vistronica, 2016, Tomado de ([www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/conversores-dc-dc/conversor-dc-dc-tipo-buck-lm2596-doble-usb-5v-detail.html](http://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/conversores-dc-dc/conversor-dc-dc-tipo-buck-lm2596-doble-usb-5v-detail.html)) CC BY 2.0*

Este conversor será utilizado para reducir el voltaje de 12V (**Ilustración 11**) provenientes de la batería Lipo que alimenta los componentes del vehículo a 5v, estos 5 voltios serán específicamente utilizados para alimentar a la raspberry Pi Zero W; cuenta con protección automática de cortocircuito, cuenta con un rango de voltaje de entrada de 7 a 24VDC con un único valor de voltaje de salida de 5VDC, este conversor soporta una corriente de 3A, tiene una eficiencia de 96% (Vistronica, 2017).

### 7.2.4.3 Batería

#### **Ilustración 12**

*Batería LIPO*



*Nota.* Vistronica, 2017, Tomada de (<https://www.vistronica.com/baterias/bateria-zippy-5000-mah-14-8v-25c-detail.html>) CC BY 2.0

La batería utilizada para la construcción del proyecto es una batería tipo Lipo (**Ilustración 12**) cuya abreviatura significa que su construcción es de Litio y Polímero, son baterías recargables utilizadas mayormente en sistemas de radiocontrol, como aviones, helicópteros, drones entre otros, su vida útil es de 2 a 3 años, tienen una muy buena eficiencia en relación a su tamaño comparado con otras tecnologías. Cada celda es de 3.7v y se pueden encontrar de hasta 6 celdas, su capacidad se mide en miliamperios hora, para este proyecto se utilizará una batería de 5000mAh, lo que le da una muy buena autonomía al vehículo.

#### 7.2.4.4 Cargador de baterías lipo

##### **Ilustración 13**

*Cargador Balanceador iMAX B6*



*Nota.* Electronilab, 2016, Tomado de (<https://electronilab.co/tienda/cargadorbalanceador-imax-b6-digital-rc-de-baterias-lipo-nimh/>) CCBY 2.0

Teniendo en cuenta que la fuente de alimentación de vehículo todo terreno que se construirá es una batería Lipo, que, según sus características, debe ser cargada de forma balanceada para alargar su vida útil y no tener accidentes.

“El cargador Balanceador iMAX B6 (**Ilustración 13**) es perfecto para esta aplicación, ya que tiene múltiples funciones inteligentes para cargar, descargar y balancear, es compatible con baterías de Lion, Lipo, Life, Pb, NiCd y de NiMH, su control es por medio de microprocesador, posee Balanceo de celda individual, cuenta con una amplia gama de corrientes de carga, tiene una función de límite de tiempo, supervisión de tensión de entrada”. (Electronilab, 2016).

#### 7.2.4.5 Elementos estructurales

#### 7.2.4.6 Tornillos, anclajes y tuercas

En la (Tabla 1) se puede observar la lista de los tornillos, anclajes y tuercas utilizados para la sujeción de las diferentes piezas del Rockerk-bogie. Dentro de ellos se encuentra el tornillo DIN 965 de cabeza avellanada que está

fabricado de acero de calidad 4.8 e impronta PH, estos tornillos fueron utilizados en diferentes dimensiones para unir diferentes partes del vehículo. Las tuercas, cuya función es acoplar un tornillo en forma fija como se utilizará en el proyecto, las arandelas serán utilizadas, para que la unión entre el tornillo y la tuerca cierre mejor y quede bien fija (wikipedia.org, 2018). una de las aplicaciones de los separadores hembra en la robótica es para fijar los circuitos a los robots, pero en nuestro caso se utilizarán además para sujetar y dar soporte a algunas piezas y componentes del vehículo robótico Rocker-Bogie 6x6 (Super Robotica, 2018). Ver **Ilustración 14** Elementos de Sujeción.

#### **Ilustración 14**

##### *Elementos de Sujeción*



*Nota.* Super robótica, 2018, Tomado de ( <http://www.superrobotica.com/S360187.htm> )  
CC BY 2.0

**Tabla 1***Lista de Elementos de Sujeción*

| <b>Elemento</b>          | <b>Largo</b> | <b>Cantidad</b> |
|--------------------------|--------------|-----------------|
| Barra Roscada, M10       | 290mm        | 1               |
| Arandela, M10            |              | 2               |
| Tuerca de seguridad, M10 |              | 2               |
| Separador, M3            | 80mm         | 2               |
| Tuerca de seguridad, M4  |              | 4               |
| Avellanado, M3           | 20mm         | 2               |
| Avellanado, M3           | 30mm         | 2               |
| Tuerca, M3               |              | 4               |
| Avellanado, M3           | 16mm         | 2               |
| Tuerca, M3               |              | 2               |
| Avellanado, M2.5         | 20mm         | 6               |
| Tuerca, M2.5             |              | 6               |
| Avellanado, M3           | 20mm         | 6               |
| Arandela, M3             |              | 2               |
| Tuerca, M3               |              | 6               |
| Separador, M3            | 8mm          | 6               |
| Avellanado, M3           | 10mm         | 2               |
| Avellanado, M3           | 20mm         | 1               |
| Tuerca, M3               |              | 1               |
| Avellanado, M3           | 16mm         | 4               |
| Barra Roscada, M5        | 50mm         | 2               |
| Avellanado, M3           | 16mm         | 2               |
| Avellanado, M3           | 16mm         | 4               |
| Avellanado, M3           | 16mm         | 2               |
| Tuerca, M3               |              | 2               |
| Avellanado, M3           | 6mm          | 4               |
| Tuerca, M3               |              | 4               |
| Avellanado, M3           | 10mm         | 2               |
| Avellanado, M3           | 20mm         | 2               |
| Avellanado, M3           | 10mm         | 4               |
| Tuerca, M3               |              | 4               |

### 7.2.4.7 Chasis

#### Ilustración 15

*Chasis 6x6 Rocker-Bogie En PLA*

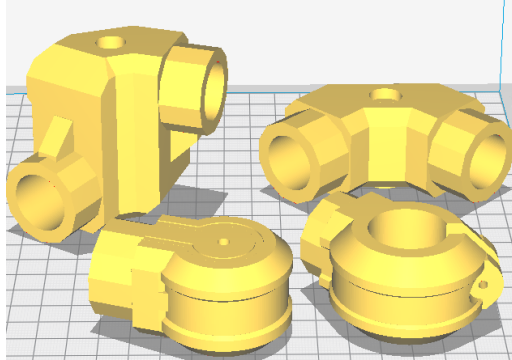


En la (**Ilustración 15**) se puede observar la construcción del chasis del vehículo Robótico Rocker-Bogie, este diseño fue tomado como referencia del señor (Larkin, 2017), los componentes pueden ser descargados en su mayoría desde el sitio web del fabricante en formato STL para ser impreso en la impresora3D.



## Ilustración 16

### *Piezas Modificadas*



Al modelo original se le realizaron algunos cambios en su estructura en alguno de sus componentes, (**Ilustración 16**) esto debido a que algunas de las piezas originales eran muy costosas y no eran muy comunes encontrar en el mercado, ese fue el caso de las extensiones de color blanco que se observan en su diseño original son de fibra de carbono, estos fueron reemplazados por tubos de PVC (Poli cloruro de vinilo) que son muy comunes encontrarlos en cualquier tienda ferretera del país. En la (**Ilustración 17**) puede evidenciar la medición y corte de los tubos de PVC que serán utilizados como parte del chasis del vehículo.

## Ilustración 17

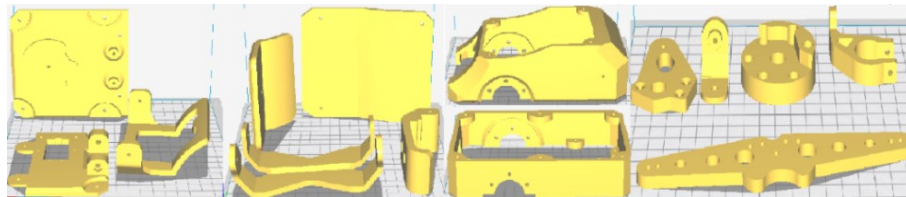
### *Medición y corte de Extensiones*



Debido a que estos tubos de PVC tienen un diámetro de 5mm más grandes que los originales, se realizaron algunos cambios en algunas de sus piezas, en la (Ilustración18) se pueden ver las piezas que fueron necesarias ser modificadas en su diámetro, estas modificaciones se realizaron con el software de Thinkercad. Este software es gratuito y online creado por la empresa Autodesk, una de las empresas más importantes en el software de diseño 3D (educoteca, n.d.).

### **Ilustración 18**

#### *Piezas del Chasis*



La construcción total del chasis consta de 18 piezas imprimibles, en la que se encuentra la totalidad de las piezas que componen la estructura del vehículo robótico

### **Ilustración 19**

#### *Prusa 13 pro B*



Nota. Prusa, 2011, Tomada de ([www.geeetech.com](http://www.geeetech.com)) CC BY 2.0

El chasis fue impreso en la Prusa I3 pro B diseñada y fabricada por Shenzhen Getech Co Ltd., es de fácil operación y rendimiento estable, admite 5 tipos de filamentos, ABS, PLA, Wood-Polymer, Nylon y PLA flexible, está controlada por una tarjeta GT2560. La estructura de la impresora es simplificada, lo que significa que es de montaje rápido y fácil ajuste, lo que ahorra tiempo y energía, posee mayor estabilidad y fiabilidad, viene integrada con una pantalla LCD 2004 y lector de tarjetas SD. (geeetech, 2015) .

### **Ilustración 20**

*PLA Filamento 1.75mm*



*Nota.* PLA, 2012, Ardobot, Tomado de ( <https://www.ardobot.co/filamento-pla-1-75mm-para-impresora-3d-1kg.html> ) CC BY 2.0

PLA (poli-ácido- láctico) filamento de 1.75 mm de diámetro fue el material utilizado para la impresión de las piezas que componen el chasis, (**Ilustración 20**) es un material muy práctico para adentrarse por primera vez en la impresión 3D (bq, 2016).

Es sencillo de utilizar, ofrece una gran adherencia y está especialmente indicado para impresiones de larga duración. Solidifica rápidamente, esto ofrece una mayor calidad de impresión en piezas de volumen reducido sin sacrificar la velocidad. (bq, 2016)

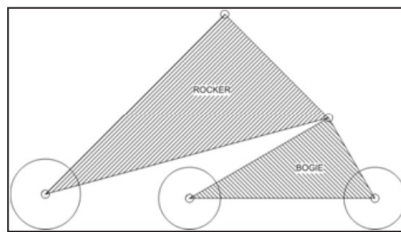
Posee mínima deformación por tensión térmica. El PLA ofrece una excelente adherencia incluso sin cama caliente. (bq, 2016).

### 7.2.4.8 Teoría aplicada a la suspensión

El tipo de suspensión Rocker-Bogie utilizado en el Vehículo, es una de las configuraciones más importantes en el desarrollo de los ‘Rovers’, que comparada con la inestable suspensión rígida la cual se inclina al ritmo de la carretera, no es seguro (BARON, 2017), y por lo tanto no aplicaría para la construcción del rover. Una de las características más importantes de este tipo de suspensión es que posee un sistema avanzado de movilidad que le permitirá desplazarse por terrenos no regulares y rocosos. (Lopez, 2011). La función principal del sistema de suspensión es proporcionar al vehículo, la capacidad de absorber eficientemente las fuerzas ejercidas y las cargas de acción sobre el robot. Este tipo de suspensiones son utilizadas por las agencias espaciales. La suspensión Rocker-Bogie posee una parte fija (Rocker) y una parte móvil (Bogie) que es la encargada del balanceo del robot al momento de cruzar obstáculos.

#### Ilustración 21

*Diagrama cinemático de la Suspensión*

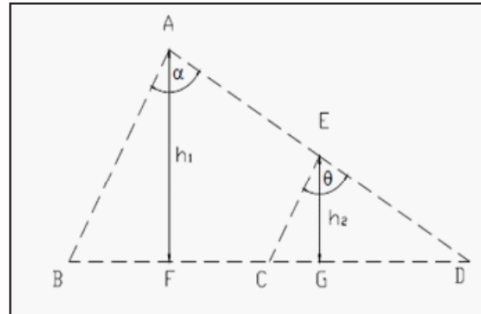


*Nota.* Diagrama, 2011, Adaptado de ([www.unihorizonte.edu.co](http://www.unihorizonte.edu.co)) CC BY 2.0

El diseño de la suspensión se utiliza el método geométrico de triángulos semejantes, ya que se debe garantizar la proporcionalidad tanto del conjunto de las ruedas como el sistema de suspensión.

## Ilustración 22

### *Sistema Geométrico*

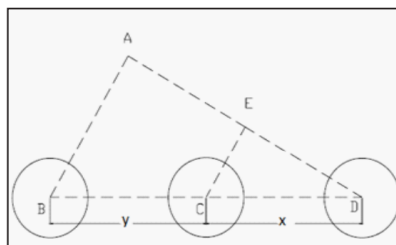


*Nota.* S. Geométrico, 2011, Tomado de ( [www.unihorizonte.edu.co](http://www.unihorizonte.edu.co) ) CC BY 2.0

Según lo que formula (Lopez, 2011) para definir los segmentos del triángulo se debe definir la altura  $h$ , y los ángulos  $\theta$  y  $\alpha$ . Esto se hace en función del tamaño deseado para el móvil, el teorema de Pitágoras permite determinar los puntos geométricos importantes para la estabilidad del robot como son las distancias entre centros de las ruedas  $y$ ,  $x$

## Ilustración 23

### *Distancia Entre Centros de Ruedas*

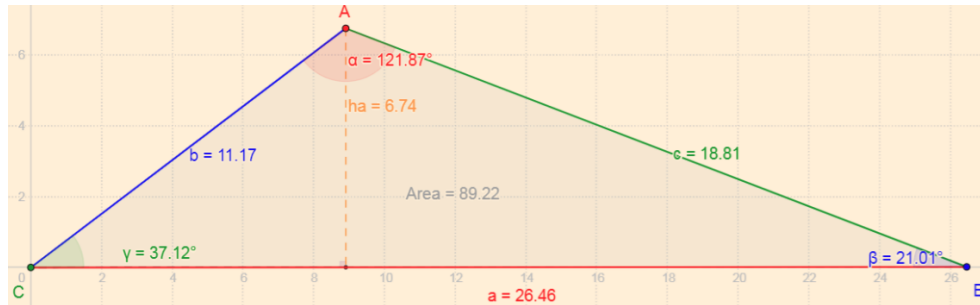


*Nota.* Distancia Entre C, 2011, Tomado de ( [www.unihorizonte.edu.co](http://www.unihorizonte.edu.co) ) CC BY 2.0

Teniendo en cuenta el diseño de (Larkin, 2017) , los parámetros y cálculos realizados por (Lopez, 2011), el análisis mecánico aproximado de la suspensión Rocker-Bogie es se describe a continuación.

## Ilustración 24

### Análisis Triangulo Inferior



Nota. Análisis, 2019, TrianCal Adaptado de ( <https://triancal-ab967.firebaseio.com/#> )  
CC BY 2.0

En la (Nota. Análisis, 2019, TrianCal Adaptado de ( <https://triancal-ab967.firebaseio.com/#> ) CC BY 2.0

Son los siguientes.

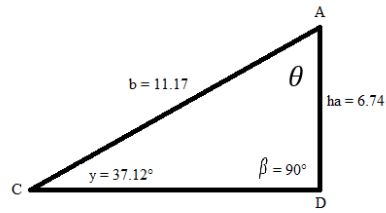
Según el teorema de Pitágoras que dice que la suma de los cuadrados de las longitudes de los catetos es igual a cuadrado de la longitud de la hipotenusa del triángulo, obtenemos lo siguiente.

Las unidades de medida de los lados están dadas en centímetros y las unidades de los ángulos en grados (Instituto de Monterey, 2016).

$$h^2 = a^2 + b^2$$

## Ilustración 25

### *Análisis Triangulo Interno*



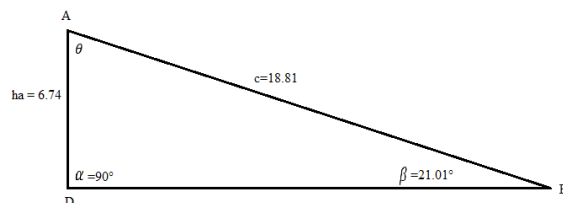
$$\begin{aligned}
 CA^2 &= ha^2 + CD^2 \\
 11.17^2 &= 6.74^2 + CD^2 \\
 11.17^2 - 6.74^2 &= CD^2 \\
 79.34 &= CD^2 \\
 \sqrt{79.34} &= \sqrt{CD^2} \\
 8.90\text{cm} &= CD
 \end{aligned}$$

Para encontrar el Angulo  $\theta$  se utilizará la propiedad de los triángulos de esta clase que dice, la suma de los ángulos de un triángulo siempre es igual a  $180^\circ$  (Aymemí, 2016).

$$\begin{aligned}
 \gamma + \theta + \beta &= 180^\circ \\
 37.12^\circ + \theta + 90^\circ &= 180^\circ \\
 \theta_1 + 127.12^\circ &= 180^\circ \\
 \theta_1 &= 180^\circ - 127.12^\circ \\
 \theta_1 &= 52.88^\circ
 \end{aligned}$$

## Ilustración 26

### *Análisis Triangulo Interno*



$$\begin{aligned}
 AB^2 &= ha^2 + DB^2 \\
 18.81^2 &= 6.74^2 + DB^2 \\
 18.81^2 - 6.74^2 &= DB^2 \\
 308.3961 &= DB^2 \\
 \sqrt{308.3961} &= \sqrt{DB^2} \\
 17.56\text{cm} &= DB \\
 \theta + \alpha + \beta &= 180^\circ \\
 \theta + 90^\circ + 21.01^\circ &= 180^\circ \\
 \theta + 111.01^\circ &= 180^\circ \\
 \theta &= 180^\circ - 111.01^\circ \\
 \theta &= 68.99^\circ
 \end{aligned}$$

Sumando los ángulos  $\theta_1 + \theta$  obtenemos el valor  $\alpha$  de la (Nota. Análisis, 2019, TrianCal Adaptado de ( <https://triancal-ab967.firebaseio.com/#> ) CC BY 2.0

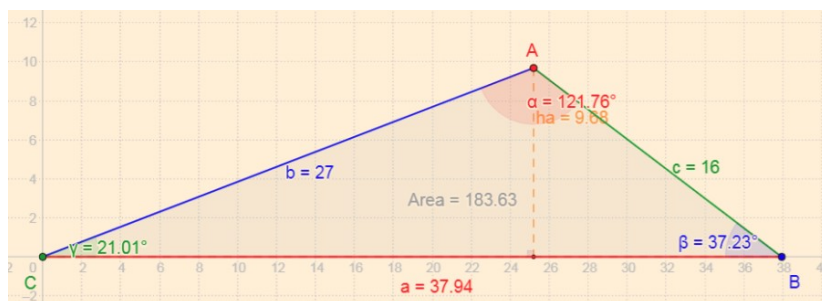
$$\begin{aligned}
 \theta_1 + \theta &= \alpha \\
 52.88^\circ + 68.99^\circ &= 121.87^\circ
 \end{aligned}$$

Sumando los lados  $CD$ , y los lados  $DB$  se obtiene la longitud de los lados  $CB$ .

$$\begin{aligned}
 CD + DB &= CB \\
 8.90 + 17.56 &= CB \\
 26.46 &= CB
 \end{aligned}$$

## Ilustración 27

*Análisis Triangulo Exterior*



Nota. Análisis, 2019, TrianCal Adaptado de ( <https://triancal-ab967.firebaseio.com/#> ) CC BY 2.0

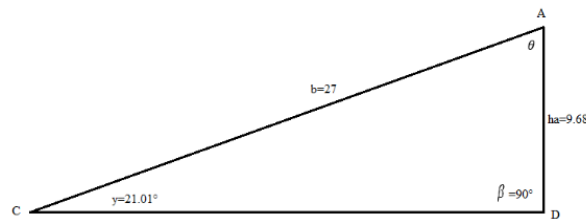


Se describen las medidas de cada uno de los ángulos y lados del triángulo Exterior que componen la suspensión Rocker-Bogie, estos cálculos fueron realizados utilizando software online. La verificación de los cálculos mostrados son los siguientes.

$$h^2 = a^2 + b^2$$

### Ilustración 28

*Análisis Triangulo exterior*



$$CA^2 = ha^2 + CD^2$$

$$27^2 = 9.68^2 + CD^2$$

$$27^2 - 9.68^2 = CD^2$$

$$635.29 = CD^2$$

$$\sqrt{635.29} = \sqrt{CD^2}$$

$$25.20\text{cm} = CD$$

$$\gamma + \theta + \beta = 180^\circ$$

$$21.01^\circ + \theta_2 + 90^\circ = 180^\circ$$

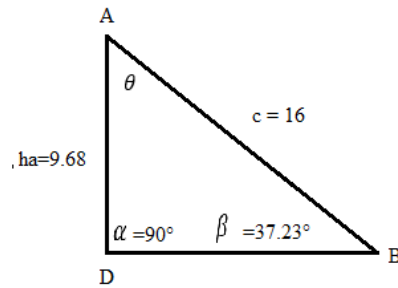
$$\theta_2 + 111.01^\circ = 180^\circ$$

$$\theta_2 = 180^\circ - 111.01^\circ$$

$$\theta_2 = 68.99^\circ$$

## Ilustración 29

### Análisis Triangulo Exterior



$$AB^2 = ha^2 + DB^2$$

$$16^2 = 9.68^2 + DB^2$$

$$16^2 - 9.68^2 = DB^2$$

$$162.29 = DB^2$$

$$\sqrt{162.29} = \sqrt{DB^2}$$

$$12.73\text{cm} = DB$$

$$\theta + \alpha + \beta = 180^\circ$$

$$\theta + 90^\circ + 37.23^\circ = 180^\circ$$

$$\theta + 127.23^\circ = 180^\circ$$

$$\theta = 180^\circ - 127.23^\circ$$

$$\theta = 52.77^\circ$$

Sumando los ángulos  $\theta_1 + \theta$  obtenemos el valor  $\alpha$  de la (Nota. Análisis, 2019, TrianCal Adaptado de (<https://triancal-ab967.firebaseio.com/#>) CC BY 2.0

$$\theta_2 + \theta = \alpha$$

$$68.99^\circ + 52.77^\circ = 121.76^\circ$$

Sumando los lados CD  
y los lados DB se obtiene la longitud de los lados CB

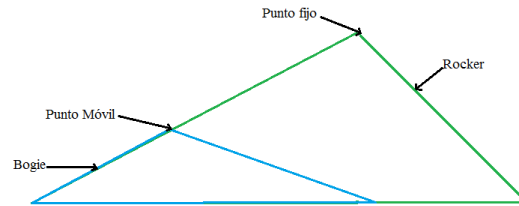
$$CD + DB = CB$$

$$25.20 + 12.73 = CB$$

$$37.93 = CBD$$

### Ilustración 30

#### *Resultado Suspensión Rocker-Bogie*



#### 7.2.4.9 Componentes de software

La parte lógica, una vez conexionados todos los elementos de Hardware, es controlada por la Raspberry pi Zero w, basados en la arquitectura maestro – esclavo. Este mini Pc controla todos los elementos como actuadores y sensores a bordo. Para lograr este objetivo se usaron los siguientes lenguajes de programación.

### 7.3 Lenguaje de programación java script (is)

Es un lenguaje ligero e interpretado, orientado a objetos desarrollado por Netscape que se utiliza en millones de páginas web y aplicaciones de servidor en todo el mundo. JavaScript de Netscape es un súper conjunto del lenguaje de scripts estándar de la edición de ECMA-262 3 (ECMAScript) que representa solo leves diferencias respecto a la norma publicada. Permite la creación de objetos basado en prototipos (MDN Web Docs, 2015).

#### 7.3.1 Apache

Apache es un servidor web HTTP, cuyo nombre proviene de la frase inglesa “a pathchy server” y es completamente libre, ya que es un software Open

Source y con licencia GPL. Una de las ventajas más grandes de apache, es que es un servidor web multiplataforma, es decir, puede trabajar con diferentes sistemas operativos y mantener buen rendimiento. Tiene alta aceptación en la red y muy popular, esto hace que muchos programadores del todo el mundo contribuyen constantemente con mejoras que están disponibles para cualquier persona que use el servidor web y que apache se actualice constantemente, tiene seguridad SSL Y TLS. (Cases, 2015)

### 7.3.2 Node js

Node.js es un entorno de JavaScript del lado del servidor, basado en eventos. Node ejecuta JavaScript utilizando el motor v8, desarrollado por Google para uso de su navegador Chrome. Aprovechando este motor V8 permite a Node proporcionar un entorno de ejecución del lado del servidor que compila y ejecuta JavaScript a grandes velocidades. Un aspecto muy importante a tener en cuenta es que Node es de código abierto y multiplataforma. Lo que caracteriza a Node además de la alta velocidad de ejecución es el Bucle de Eventos (Event Loop), en resumen, node se propone como solución para mejorar a un alto nivel el rendimiento de tráfico, velocidad de procesador y la velocidad de memoria. (netconsulting, 2015).

Para el vehículo robótico se utilizaron 2 bibliotecas de Node.js que fueron fundamentales para la correcta funcionalidad del proyecto. Una de esta biblioteca es Socket.io, en la cual es bastante fácil crear un socket web donde los datos pueden enviarse desde y hacia la Raspberry pi Zero w en una comunicación bidireccional, y no tenemos que estar haciéndole peticiones al servidor, el

servidor nos lo envía cuando haya nuevos datos disponibles. La segunda biblioteca es la de Pigpio que permite acceso rápido a los pines de IO de la raspberry, a los módulos PWM, servomotores y manejo de interrupciones.

### **7.3.3 Html 5**

HTML (HyperText Markup Language) lenguaje de marcas de hipertexto, basado en etiquetas, indican al navegador como ordenar y mostrar el contenido que se ha creado. La interfaz de usuario se realizará con HTML 5, en la cual se mostrará la imagen del video de streaming de la cámara de la pi y los controles de mando. Para los controles se tomó como ejemplo el desarrollo de (Lee-Delisle, 2011) el cual funciona con dispositivos multitouch.

### **7.3.4 Lenguaje bash unix**

Este, es el lenguaje usado en servidores para ejecutar comandos directamente desde la consola, que puede ser ejecutada de forma local o remota. En los miniordenadores existe la posibilidad de que dichos comandos, representen una respuesta física mediante la manipulación de los puertos GPIO (General Purpose Input/Output). Un sistema operativo Unix basado en Ubuntu y compilado para procesadores ARM se puede encontrar en Raspbian, que es un sistema operativo recomendado para la Raspberry pi, ya que esta optimizado para su hardware y se basa en una distribución de GNU.

### **7.3.5 Luz ultravioleta uv (light) radiación por UVC**

El descubrimiento de la radiación ultravioleta está asociado a la experimentación del oscurecimiento de las sales de plata al ser expuestas a la luz solar. En 1801 el físico alemán Johann Wilhelm Ritter descubrió que los rayos

invisibles situados justo detrás del extremo violeta del espectro visible eran especialmente efectivos oscureciendo el papel impregnado con cloruro de plata. Denominó a estos rayos “rayos desoxidantes” para enfatizar su reactividad química y para distinguirlos de los “rayos calóricos” (descubiertos por William Herschel) que se encontraban al otro lado del espectro visible. Poco después se adoptó el término “rayos químicos”. Estos dos términos permanecieron siendo bastante populares a lo largo del siglo XIX. Finalmente, estos términos fueron dando paso a los más modernos de radiación infrarroja y ultravioleta (**Ilustración 31**).

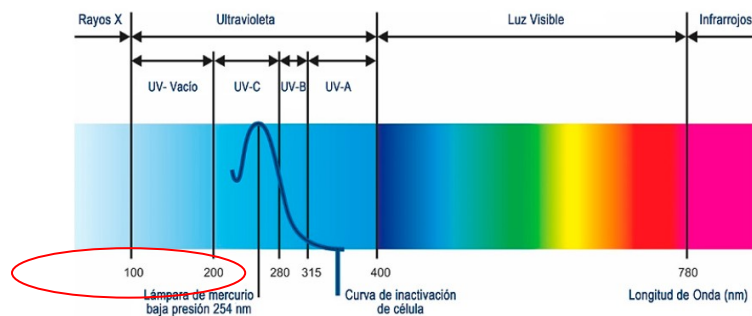
### Ilustración 31

*Radiación Infrarroja y Ultravioleta*



### Ilustración 32

*Radiación Infrarroja Longitud de Onda*



Nota. Radiación infrarroja adaptado de grafica longitud de Onda, uvc.zone, 2020, ( [https://uvc.zone/que\\_es\\_la\\_luz\\_uv.html](https://uvc.zone/que_es_la_luz_uv.html)) CC BY 2.0

Se denomina **radiación ultravioleta** o radiación **UV** a la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 10 nm ( $10 \times 10^{-9}$  m) y los 400 nm ( $400 \times 10^{-9}$  m). Su nombre proviene que su rango empieza desde longitudes ondas muy cortas (**Ilustración 32**).

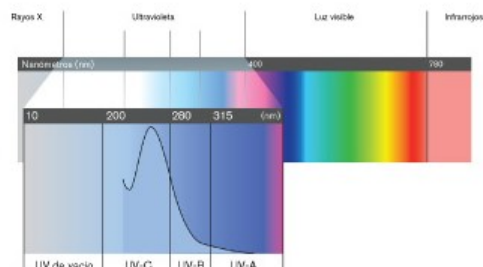
La luz ultravioleta causa desarreglos moleculares en el material genético (ácido nucleico, DNA) del microorganismo, esto impide su reproducción y si no puede reproducirse, entonces se le considera MUERTO. La luz ultravioleta (UV) destruyen más del 99.9% de bacterias, virus y gérmenes patógenos tales como COVID-19 (Coronavirus). Tomado de: <https://www.biomec.com.co/lamparas-de-desinfeccion-virus-y-bacterias.html>

La luz ultravioleta tiene numerosas aplicaciones prácticas. Se usa en la esterilización de agua y alimentos, en la soldadura de arco industrial, para el curado fotoquímico de tintas, pinturas y plásticos y para tratamientos médicos de diagnóstico y terapéuticos, como las lámparas UV utilizadas en dermatología y bronceado cosmético.

### Ilustración 33

#### *Espectro Invisible*

La luz ultravioleta es invisible al ojo humano pero se puede emplear para la desinfección contra microorganismos, incluidos protozoos resistentes al cloro.



*Nota.* Espectro Luz UV, 2020, Trojan technologies (<https://www.trojanuv.com/es/uv-basics>) CC BY 2.0

### 7.3.6 Desinfección uv

A diferencia de los enfoques químicos para la desinfección del agua, la luz UV proporciona una inactivación rápida y efectiva de los microorganismos a través de un proceso físico. Cuando las bacterias, los virus y los protozoos se exponen a las longitudes de onda germicida de la luz UV, se vuelven incapaces de reproducirse e infectarse. Ha demostrado su eficacia contra organismos patógenos, incluidos los responsables del cólera, la poliomielitis, la fiebre tifoidea, la hepatitis y otras enfermedades bacterianas, virales y parasitarias.

**(Ilustración 33).**

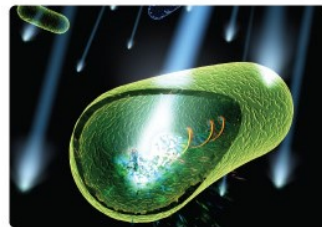
“Una característica única de la luz UV es que un intervalo específico de sus longitudes de onda, el comprendido entre los 200 y los 300 nanómetros (una milmillonésima parte de un metro), se clasifica como germicida, es decir, puede inactivar microorganismos como bacterias, virus y protozoos. Esta capacidad ha permitido la adopción generalizada de la luz UV como una forma respetuosa con el medio ambiente, sin sustancias químicas y muy eficaz para desinfectar y proteger el agua frente a microorganismos perjudiciales.”

#### **Ilustración 34**

##### *Microorganismos vs UV*

La luz UV impide que los microorganismos se reproduzcan dañando su ácido nucleico.

La desinfección por UV no es un proceso químico y no produce ningún residuo.



*Nota.* Microorganismos, 2020, Trojan technologies ( <https://www.trojanuv.com/es/uv-basics>) CC BY 2.0



“Los microorganismos se desactivan por medio de la luz UV como resultado del daño a los ácidos nucleicos. El ADN y el ARN celular absorben la energía alta asociada con la energía UV de longitud de onda corta, principalmente a 254 nm. Esta absorción de energía UV forma nuevos enlaces entre nucleótidos adyacentes creando dobles enlaces o dímeros. **Ilustración 34.**

La dimerización de las moléculas adyacentes, especialmente de las timinas, constituye el daño fotoquímico más frecuente. La formación de numerosos dímeros de timina en el ADN de bacterias y virus impide la replicación y la capacidad de infectar. Un ejemplo de esto son los rayos UVC (Ultravioleta Onda Corta) 280 – 100 nm, con rango entre 4,43 – 12,40 energía por fotón (eV)”. Tomado de: <https://www.trojanuv.com/es/uv-basics#:~:text=Los%20microorganismos%20se%20desactivan%20por,da%C3%B1o%20a%20los%20%C3%A1cidos%20nucleicos.&text=Esta%20absorci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20UV,creando%20dobles%20enlaces%20o%20d%C3%ADmeros.>

### 7.3.7 Eficacia de la radiación uv

Un importante conjunto de investigaciones científicas ha demostrado la capacidad de la luz UV para inactivar una extensa lista de bacterias patógenas, virus y protozoos. La luz UV ofrece una ventaja clave sobre la desinfección con cloro, ya que puede inactivar protozoos perjudiciales para la salud de la población (destacan *Cryptosporidium* y *Giardia*).

La liberación de estos microorganismos perjudiciales a los lagos y ríos receptores a través de las plantas de tratamiento de aguas residuales que utilizan cloro para la desinfección incrementa el riesgo de contaminación en comunidades que utilizan los mismos cuerpos de agua para el agua potable y el agua de uso lúdico. Las plantas de tratamiento de aguas potables pueden beneficiarse de la utilización de luz UV, puesto que inactiva fácilmente patógenos resistentes al cloro (protozoos), a la vez que reduce el empleo de cloro y la formación de sus subproductos.

### Ilustración 35

#### *Indicadores de Desinfectantes*

|   | Desinfección con cloro | Desinfección por UV |
|---|------------------------|---------------------|
| Sin subproductos de la desinfección (SPD)             | No                     | Si                  |
| Sin residuos químicos                                 | No                     | Si                  |
| No corrosiva  | No                     | Si                  |
| Sin riesgos para la seguridad de la comunidad         | No                     | Si                  |
| Eficaz contra <i>Cryptosporidium</i> y <i>Giardia</i> | No                     | Si                  |

*Nota.* Indicadores de desinfección, 2020, Trojan T. (<https://www.trojanuv.com/es/uv-basics>) CC BY 2.0

Ventajas de la desinfección por uv relativas a los costes.

Los costes operativos de la desinfección por UV vienen dados por la sustitución anual de las lámparas y el consumo eléctrico.

La luz UV elimina o reduce el peligro inmediato para la seguridad que supone el gas de cloro, sin crear nuevos costes a largo plazo asociados al uso de productos químicos, el transporte y la distribución (**Ilustración 35**).

Con la desinfección por UV, se minimizan y/o eliminan los costes por

respuestas a fugas, administración, gestión de riesgos y planificación de emergencias y formación de los operarios.

Los ayuntamientos no pagan primas por las significativas ventajas para la seguridad de la desinfección por UV.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Diseñar un sistema de desinfección con rayos ultravioleta para un vehículo prototipo todoterreno 6x6 rocker-bogie, diseñado por el semillero Unad-Tronic. Que se aplicara en la desinfección de Hospitales, Cementerios, Funerarias y demás sitios con alto riesgo de contagio con el virus SARS CoV-2 o covid-19.

### Objetivos específicos

- Definir el modelo de suspensión del vehículo robótico apropiado para la movilización terrenos irregulares.
- Definir la red WLAN y LAN con la que trabajarán los dispositivos.
- Determinar el uso de software y hardware libre que permita el control del vehículo.
- Establecer comunicación con los sensores y dispositivos de desinfección uv y motores en el mini PC.
- Establecer el *streaming* de video de una cámara ubicada en el vehículo.
- Desarrollar interfaz WEB cliente-servidor que permita controlar el vehículo inalámbricamente y ver el video en directo.

## 8 Construcción e implementación del prototipo

A continuación, se presenta la construcción y ensamble del prototipo. Se observan cinco fases principales, descritas en la (Ilustración 36)

### Prototipo final:

#### Ilustración 36

*Prototipo*



### 8.1 Chasis y elementos estructurales

El chasis del Vehículo Robótico Todoterreno 6x6 Rocker-Bogie es el encargado de dar sostén, rigidez y forma al vehículo, está fabricado en PLA con un 80% de relleno para darle una gran rigidez al mismo y sus piezas fueron impresas con la Prusa I3 pro-B (Impresora 3D), Es la base del proyecto. En el chasis estarán soportados aquellos elementos de Hardware. Se usó tornillería en su mayoría de cabeza avellanada con mástiles que poseen diferentes longitudes según su requerimiento.

### 8.1.1 Tornillos y tuercas

Se usaron tornillos de distintos diámetros 3mm y 10mm, cada perforación fue estandarizada a sus respectivos diámetros, se usaron espaciadores estándar que fueron utilizados como roscas, con el fin de no tener que mecanizar el material del chasis para que encajaran con los tornillos. Referirse al ítem (7.2.4.5) del presente documento, (**Ilustración 37**) Anclaje al Chasis.

#### **Ilustración 37**

*Anclaje al Chasis*

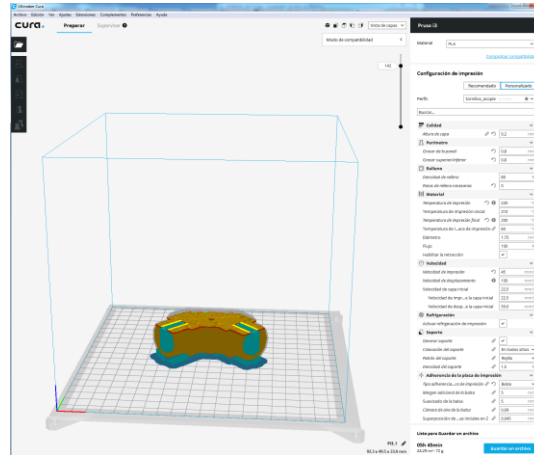


### 8.1.2 Proceso de impresión de piezas

Luego de tener todas las piezas en formato STL, tener la impresora armada y configurada, llega el momento de configurar y cargar las piezas en el software de Ultimaker Cura, (**Ilustración 38**) “es el software de impresora 3D más avanzado del mundo, crea una integración perfecta entre la impresora 3D, software y materiales para lograr impresiones perfectas en todo momento, es un software de código abierto multiplataforma, disponible completamente gratis. Imprime de inmediato utilizando el modo recomendado, o se puede usar el modo personalizado para configurar más de 300 configuraciones, para un control máximo. Tiene soporte listo para usar formatos de archivos STL, OBJ, X3D y 3MF” (Ultimaker, 2018).

## Ilustración 38

### *Ultimaker Cura*



Se puede observar una captura de pantalla de una de las piezas del chasis del vehículo robótico 6x6, al momento de cargar la pieza en el Cura se procede a configurar parámetros de impresión como la altura de capa, relleno, se configura el material a utilizar y temperatura, la velocidad de impresión, activar o desactivar el soporte, y muy importante la adherencia a la placa de impresión.

## Ilustración 39

### *Preparando Prusa I3 Para Impresión*



El paso para seguir después de la configuración el software Cura, es la de cargar el archivo. Gcode con todas las configuraciones realizadas en la impresora, después de esto es aconsejable impregnar la cama caliente de la impresora con colbón para mejor adherencia de la pieza y de esta manera obtener una primera capa sin problemas, (**Ilustración 39**).

#### **Ilustración 40**

*Impresión en Proceso*



Se muestra una impresión en proceso, en el LCD de la impresora de observa el porcentaje de avance, la temperatura de la cama caliente y de la boquilla, el tiempo que falta para terminar la impresión, **Ilustración 40**.

#### **Ilustración 41**

*Pieza terminada Buena Calidad*

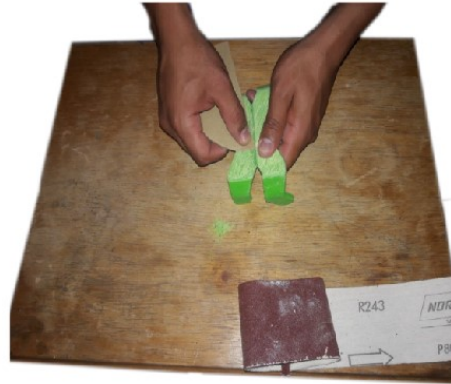




En el caso que en el proceso de impresión todo salga sin novedades (**Ilustración 41**), como un corte de luz inesperado, que la pieza durante la impresión no se mueva, que la boquilla no se obstruya por exceso de material.

### **Ilustración 42**

#### *Pulido de Pieza*



Si durante el proceso de impresión ocurre algún imprevisto, normalmente problemas de impresión en la primera capa que son los más comunes, se opta por hacer un pulido de la pieza, (**Ilustración 42**) esto con el fin de corregir imperfecciones y que la impresión quede en óptimas condiciones.

#### **8.1.2.1 Elementos agregados al chasis**

En el proceso de construcción del chasis del vehículo robótico Rocker-Bogie además de las piezas impresas en PLA por la Prusa I3 pro B, tienen algunos elementos adicionales los cuales no son de menos importancia que los demás, a continuación, se mencionaran cada uno de estos elementos.

### Ilustración 43

*Acople Hexagonal de 12mm*



*Nota.* Acople, Amazon, 2017, Tomado de (<https://www.amazon.es/Modelo-Reduccion-B3n-Acople-Hexagonal-acoplador/dp/B01F0T1Q08>) CC BY 2.0

Los acoples hexagonales de 12mm (**Ilustración 43**), fueron utilizados para unir el eje de motor con el centro de las ruedas del vehículo.

### Ilustración 44

*Ruedas*



*Nota.* Rueda, 2018, RobotShops (<https://www.robotshop.com/es/es/llantas-talon-28-par.html>) CC BY 2.0

Las ruedas Utilizadas Tienen un diámetro de neumático es de 11,5cm/4,53 pulgadas, el ancho del neumático es de aproximadamente 5cm/1,97pulgadas, tiene un acople hexagonal de 12mm, su material de construcción de caucho, (**Ilustración 44**) el vehículo cuenta con 6 unidades de estas ruedas.

## Ilustración 45

### *Amortiguadores*



*Nota.* Shocks, 2018, RobotShops (<https://www.robotshop.com/products/2900-series-shock-120-1-2x>) CC BY 2.0

Los Amortiguadores utilizados cuyas dimensiones son de 63x17mm y 140x20mm, estos dispositivos controlan las fuertes de oscilaciones del resorte lo que provoca inestabilidad del vehículo, de esta manera el amortiguador (**Ilustración 45**) cumple con la función de brindar confort, seguridad y sensibilidad necesaria para lograr mayor adherencia del neumático al piso.

## Ilustración 46

### *Ball End*



Los elementos fueron diseñados en el software de tinkercad, he impresos en la Prusa I3 Pro-B en material PLA. Estos elementos proporcionan un medio de fácil conexión de partes móviles, tienen una función similar a la rótula de una articulación de la cadera (Ball End). **Ilustración 46** (Wikipedia, 2018).

## **8.2 Hardware**

En este apartado se describen en detalle aquellas partes físicas o materiales electrónicos considerados más relevantes que componen el Vehículo Robótico Todoterreno 6x6 Rocker-Bogie.

### **8.2.1 Fuente de energía**

Sin duda, esta parte es una de las más importantes, ya que de ella depende la autonomía y libertad del robot para desplazarse por los lugares asignados. En el proyecto se optaron por una batería tipo Lipo (Litio y Polímero), batería de 12 v (Voltios), y 5000mAh lo que le da una muy buena autonomía al vehículo, tiene una vida útil de entre 2 a 3 años.

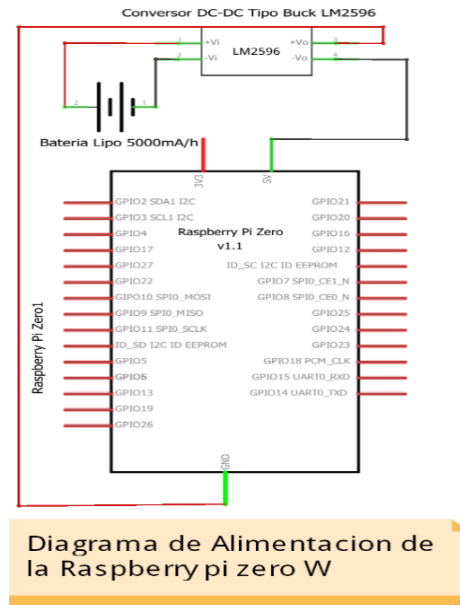
### **8.2.2 Alimentación etapa de control**

En esta etapa, la alimentación de la sección de control, y de la raspberry pi Zero w es proporcionada por el conversor DC-DC tipo Buck KIS3R33S 5v/3Amp, Este conversor será utilizado para reducir el voltaje de 12v de la batería que alimentará todos los componentes electrónicos del vehículo a 5v específicamente para alimentar la raspberry pi Zero w; cuenta con protección automática de cortocircuito, cuenta con un rango de tención de entrada de 7 a 24

VDC con un único valor de voltaje de salida de 5VDC, soporta una corriente de 3 A, tiene una eficiencia de 96%.

## Circuito 1

### *Alimentación Etapa de Control*



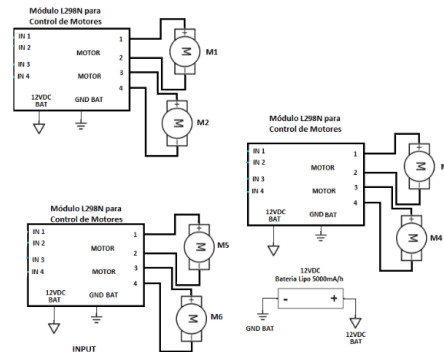
### 8.2.3 Alimentación etapa de potencia

La alimentación de la etapa de potencia proviene de la batería, cuya salida de voltaje es de 12Vdc, los 6 motores que posee el sistema soportan este nivel de voltaje. los 6 motores que dan movimiento al vehículo están conectados a un módulo L298N, Este módulo permite controlar el sentido de giro de los motores, con un soporte de corriente de 2A por canal, provee gran variedad de voltajes de alimentación lo que lo convierte en un dispositivo muy flexible para gran cantidad de proyectos ya que puede ser alimentado hasta con 46V, puede manejar hasta 2 motores de corriente continua con facilidad para el cambio de giro y

control por PWM, este módulo tiene gran capacidad para el filtrado de ruido, tiene diodo de protección ante corriente inversa; por todas estas prestaciones será el indicado para este proyecto.

## Circuito 2

### Diagrama de Bloques Etapa de Potencia



### 8.2.4 Conexión de bornes

Para la conexión de los cables de la batería se soldaron conectores XT60. Para los cables o buses de datos entre el la raspberry pi y los módulos L298N, el módulo control de luces, y el control de movimiento de la cámara se usaron Cables Dupont Macho-Hembra. La mayoría de todos estos módulos contienen borneras que facilitan su conexión con otros dispositivos.

### Ilustración 47

#### Soldadura conectora XT60



## Ilustración 48

*Borneras de los Módulos*



### 8.2.5 Raspberry pi zero w

Se implementó un sistema de refrigeración pasivo, para reducir la temperatura en el procesador. Fueron instalados disipadores (heat sink) sitios estratégicos en aquellos componentes susceptibles a generar calor, como él y procesador.

## Ilustración 49

*Disipadores en la Pi Zero W*



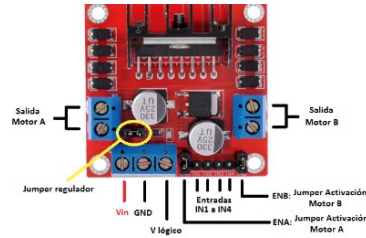
### 8.2.6 Motor shield

Para controlar los moto reductores, que para este caso son seis con un voltaje de operación de 12 voltios ver apartado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), se opta por incluir 3 módulos L298N, (**Ilustración 50**) este módulo es muy completo y de fácil utilización ya que todos los componentes necesarios para su funcionalidad ya están incluidos dentro del módulo, no se

necesita de ningún elemento externo adicional para ponerlo en marcha, es importante decir que cuenta con 2 jumper (ENA y ENB) encargados de habilitar y deshabilitar las salidas del módulo OUT1,OUT2,OUT3 Y OUT4.

### Ilustración 50

*Descripción Pin Out L298N*



*Nota.* Controlador, 2018, Prometec ( <https://store.prometec.net/producto/controlador-motor-l298n/>) CC BY 2.0

El módulo contiene una entrada de voltaje llamada Vin a la cual se le pueden suministrar tensiones de 3v a 35v, adicional cuenta con una conexión V lógico el cual tiene diferentes funcionalidades; si el jumper del regulador está cerrado, se activara el regulador de tensión del módulo, y tendremos en esta salida un valor de tensión de 5 voltios, en caso contrario en el cual el jumper no este puesto se desactivara el regulador y tendremos que alimentar con 5v el módulo por este mismo pin (V lógico) para que funcione; el regulador solo funciona con una tensión máxima de 12v en Vin, si se alimenta con un voltaje mayor se tendrá que quitar el jumper y alimentar la parte lógica con 5 voltios. Importante si introducimos corriente con v lógico con el jumper puesto podemos dañar el módulo.

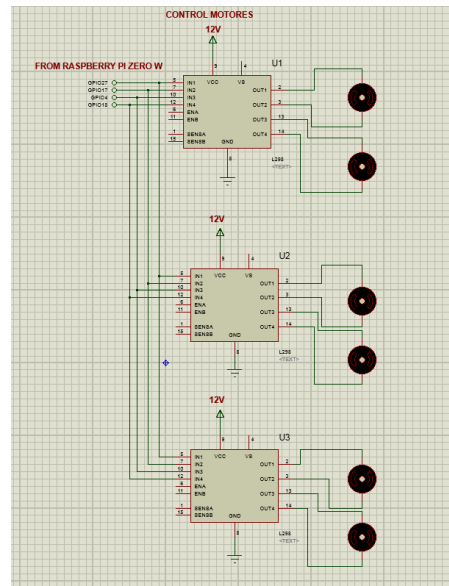
Los pines IN1 e IN2 nos permiten controlar el sentido de giro del motor A y los pines IN3 e IN4 el sentido de giro del motor B.



Para el caso del vehículo robótico, el módulo se alimentará con 12V en la entrada Vin. por lo que no necesitaremos de una fuente externa para alimentar la parte lógica del L298N, el control de los motores se realizará por los pines anteriormente mencionados. En el circuito 3 se muestra el diagrama de conexión con los GPIO de la Raspberry pi.

### Circuito 3

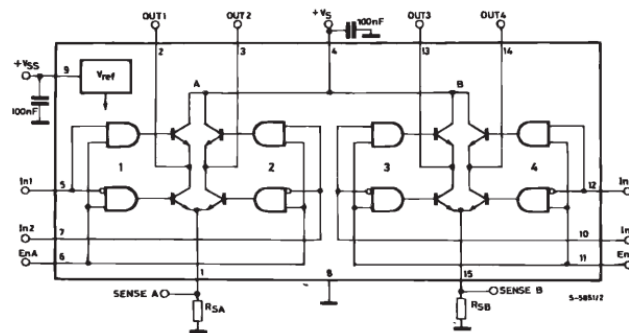
#### *Controles motores*



Se debe acudir al Datasheet (STMicroelectronics, 2018) del fabricante, en este documento se encuentra toda la información acerca del componente electrónico a usar. Como ejemplo se puede tomar el IC (Integrated Circuit) L298, este no debe superar los parámetros de su hoja de datos.

## Circuito 4

### Dual Full – Bridge Driver



Nota. Circuit Diagram, 2018, St. tomado de

([https://www.st.com/content/st\\_com/en/products/motor-drivers/brushed-dc-motor-drivers/1298.html](https://www.st.com/content/st_com/en/products/motor-drivers/brushed-dc-motor-drivers/1298.html)) CC BY 2.0

Last picture

“The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15- lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device in dependently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage”.

### 8.2.7 Servomotores

El vehículo cuenta con una cámara de 8 Megapíxeles montada en la parte superior del vehículo, esta posee movimiento en elevación y azimut de 180 grados, el movimiento es generado por 2 Micro Servomotor SG90 9G,

(Ilustración 51) son pequeños y ligeros, con piñonería plástica, de alta calidad y buena velocidad; El servo está diseñado para funcionar con casi todos los sistemas de radio de control (Vistronica, 2016).

## Ilustración 51

### *Servomotor SG90*

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Modulación                                   | Analógica             |
| Torque                                       | 4.8V (1.80 kg/cm)     |
| Velocidad de funcionamiento (4.8V sin carga) | 0.12sec/60 grados     |
| Voltaje de entrada                           | 3.5V~8.4V             |
| Tipo de motor                                | 3 Polos               |
| Piñonería                                    | Plástica              |
| Rotación/Soporte                             | Cojinete              |
| Rango de ángulo rotacional                   | 180°                  |
| Ancho de pulso                               | 500us-2400us          |
| Longitud del cable                           | 25cm                  |
| Temperatura de operación                     | -30°C~+60°C           |
| Ancho de banda muerta                        | 4usec                 |
| Tamaño                                       | 3.0cm x 3.0cm x 1.1cm |
| Peso   | 15 gramos             |



*Nota.* Servo,2018, V (<https://www.vistronica.com/robotica/motores/servomotores/micro-servomotor-sg90-9g-detail.html>) CC BY 2.0

### 8.2.8 Control de luces (equipo desinfección uv)

De acuerdo con la corriente que soporta las entradas y salida de la pi Zero w es de 50mA (elinux.org, 2018) , fue necesario incorporar un circuito con transistor 2n3055 y un 2N3904 configurado como interruptor para que controlara la corriente necesaria para encender y apagar los led's que dan iluminación al vehículo, estos led's tienen un consumo total de 400mA (Miliamperios), por lo que si los conectamos directamente a la raspberry pi la dañaríamos.

## Ilustración 52

### Hoja de datos del 2N3904

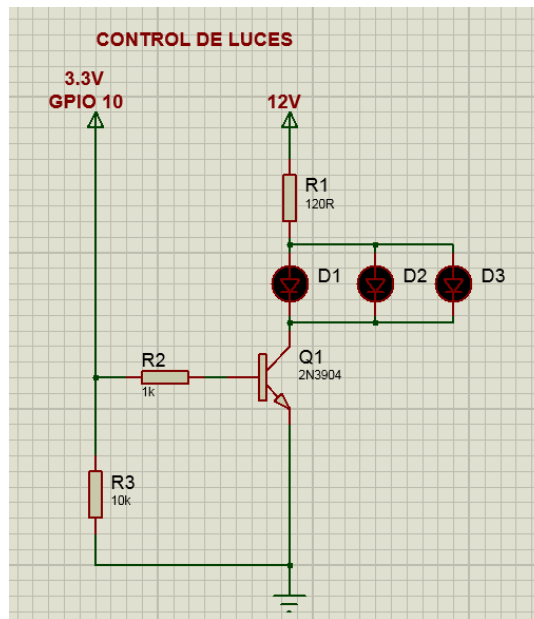
| <b>MAXIMUM RATINGS:</b> ( $T_A=25^\circ\text{C}$ ) | <b>SYMBOL</b>  |             | <b>UNITS</b>       |
|--|----------------|-------------|--------------------|
| Collector-Base Voltage                             | $V_{CB0}$      | 60          | V                  |
| Collector-Emitter Voltage                          | $V_{CE0}$      | 40          | V                  |
| Emitter-Base Voltage                               | $V_{EB0}$      | 6.0         | V                  |
| Continuous Collector Current                       | $I_C$          | 200         | mA                 |
| Power Dissipation                                  | $P_D$          | 625         | mW                 |
| Operating and Storage Junction Temperature         | $T_J, T_{stg}$ | -65 to +150 | $^\circ\text{C}$   |
| Thermal Resistance                                 | $\theta_{JA}$  | 200         | $^\circ\text{C/W}$ |

*Nota.* Data sheet, 2018, Mouser. Adaptado de (<https://co.mouser.com/>) CC BY 2.0

Se muestra el circuito que activa la unión de Colector-Emisor energizando la Base poniéndolo en saturación, o desenraizando la base poniendo el transistor en la región de corte. La señal de activación o desactivación proviene de 3.3 voltios de la raspberry pi cuando el usuario decida encender o apagar las luces del vehículo. En este circuito, se iluminan 3 LED'S que hacen las veces de Lámpara UV especializadas para la desinfección que se encuentran conectaos en paralelo, y que son la carga en este caso. El uso adecuado de R2 ayuda a evitar la sobre intensidad. Es necesario cuando se polariza la base en este caso que el voltaje de base no debe sobrepasar los 6voltios según (Mouser, 2018) en su hoja de datos, ver **Circuito 5**.

## Circuito 5

### Control de Luces



El uso de una resistencia de carga (R1) también es importante, para que no haya demasiada corriente circulando a través del LED y el transistor. En el análisis del circuito se muestran los valores teóricos.

Cuando la entrada GPIO = 0

$$I_B = 0$$

$$I_C = 0$$

*Transistor en corte,*

$$I_{led} = 0$$

*led apagado*

Cuando la entrada GPIO = 1

$$V_{R2} = \frac{10k}{10k + 1k} * 3.3v$$

$$V_{R2} = 3v$$

$$I_B = \frac{3V}{1k}$$

$$I_B = 3mA$$

$$-V_{CC} + R_C I_C + V_{LED} + V_{CESAT} = 0$$

$$-12V + 120I_C + 2V + 0.2 = 0$$

$$I_C = \frac{12 - 0.2 - 2}{120}$$

$$I_C = 81mA$$

## 8.3 Software

### 8.3.1 Iniciando con la raspberry pi forma 1

En este apartado se hablará de una de las formas de como iniciar con la Raspberry pi, como parámetro inicial debemos tener los materiales a utilizar, que para este caso será la Raspberry pi a utilizar, en este caso la Pi Zero W, una tarjeta SD de 8Gb de capacidad, un monitor con cable HDMI, conjunto de teclado y mouse bluetooth, fuente de alimentación con capacidad de 1Amperio, y un adaptador. (**Ilustración 53**).

#### Ilustración 53

*Adaptador Mini HDMI*

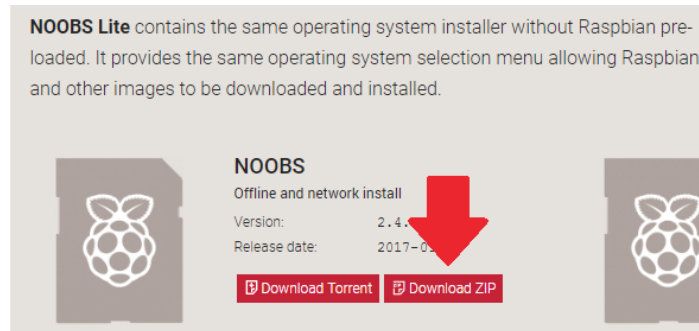


*Nota.* Mini hdmi, 2018, Tomado de (<https://www.startech.com/es-es/cables-adaptadores/hdacfm5in>) CC BY 2.0

Como recurso de Software debemos descargar Raspbian, que es el sistema operativo optimizado para la Raspberry pi, podemos usar NOOBS que es una de la forma más fácil de instalas si SO (Sistema Operativo), se puede descargar desde la página oficial de raspberry [www.raspberrypi.org/downloads/](http://www.raspberrypi.org/downloads/). **(Ilustración 54).**

### **Ilustración 54**

*Descargando NOOBS*



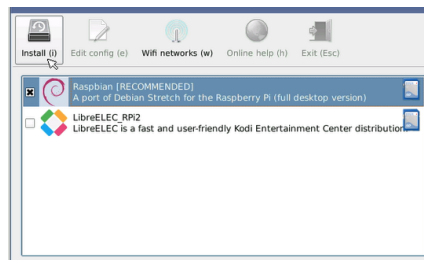
Es necesario formatear la tarjeta SD antes de copiar el archivo descargado a la misma, para esto puede utilizar el software SD Card Formatter.

Luego de tener la tarjeta SD debidamente formateada, procedemos a extraer los archivos de NOOBS que se descargó anteriormente, luego de la extracción se procede a copiar todos los archivos extraídos a la SD. Ver **(Ilustración 55)**

Paso a seguir se debe insertar la tarjeta en la ranura de la raspberry pi en la parte inferior, se conecta el receptor bluetooth de teclado y el ratón y el cable HDMI de la pantalla, y por último se conecta el cable de alimentación, se mostrará en la pantalla el asistente de NOOBS.

## Ilustración 55

### *Asistente NOOBS*



Seguidamente se selecciona la opción de Raspbian y no queda más que esperar a que se termine de instalar el S.O. (**Ilustración 56**)

## Ilustración 56

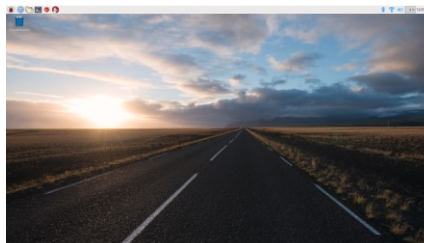
### *Instalación de Raspbian*



Una vez terminada la instalación, en la Pi se mostrará un escritorio gráfico. (**Ilustración 57**).

## Ilustración 57

### *Escritorio de Raspbian*





### 8.3.2 Iniciando con la raspberry pi forma 2

Otra de las formas de conectarse a la raspberry pi es la que se describirá a continuación, en la cual no se necesita de teclado, ratón, o monitor externo.

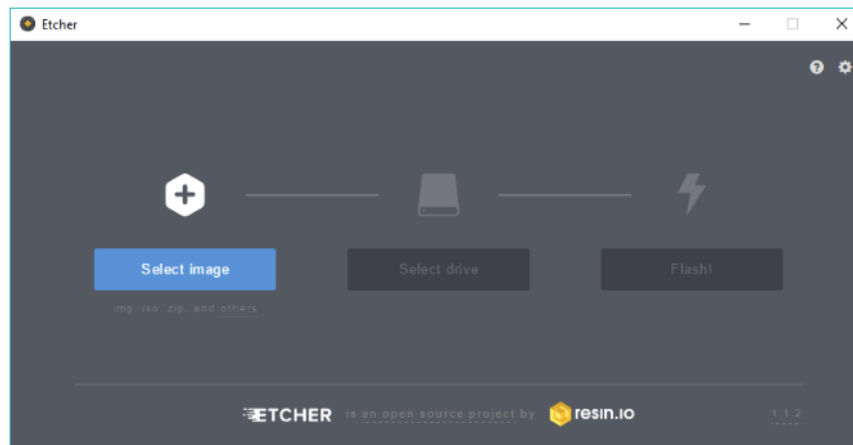
Los materiales que necesitamos en esta ocasión se reducen considerablemente ya que solo se necesita la raspberry pi Zero w, la tarjeta de memoria microSD (8Gb), conexión a internet y alimentación de 5voltios con capacidad de corriente de 1Amp.

Luego de tener los materiales antes descritos, lo siguiente que se debe hacer es descargar la imagen ISO de Raspbian del sitio oficial de Raspberry pi.org. Cuando se haya descargado el archivo.img donde se encuentra alojado el SO se debe descargar un Programa para guardar la memoria SD con el archivo .img que se descargó.

Etcher es una aplicación creada por Resin.io para grabar o quemare en la memoria archivos .igm, se puede descargar desde su página web <https://etcher.io/> e instalarse como cualquier programa en su sistema operativo; luego de tener ya instalado el Etcher se procede a grabar la tarjeta microSD con en el archivo .img que se había descargado anteriormente, el cual contiene el sistema operativo para la raspberry pi, se observa en entorno del programa, que por cierto es bastante simple de utilizar y entender, se debe seleccionar la imagen, seguidamente seleccionar el Drive donde se va a grabar el archivo (SD card) y para iniciar el proceso seleccionar la opción de Flash. (Ilustración 58).

## Ilustración 58

*Etcher*



## Ilustración 59

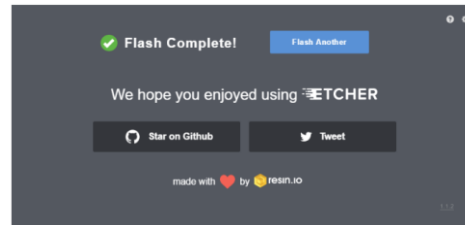
*Carga del SO en la MicroSD*



Después de aproximadamente 5 minutos el programa se encargará de quemar esta imagen a la memoria; comprobará la integridad de la información guardada y si es correcto, expulsará la memoria para ser insertada en el mini ordenador. (Ilustración 59).

## Ilustración 60

### *Carga correcta del SO*

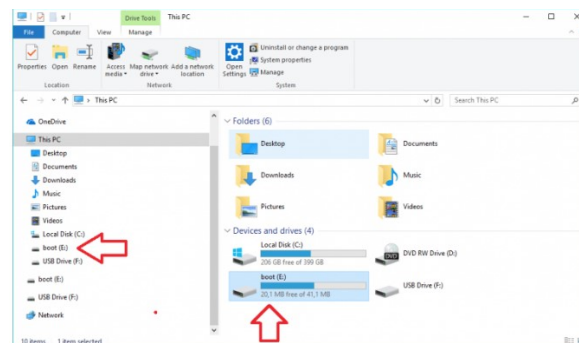


La clave de este tipo de conexión a la raspberry está en el siguiente paso, en la cual se conectará a la raspberry mediante WIFI, para este caso debemos crear un archivo de configuración donde estarán guardados tanto el nombre de la red (SSID) y la contraseña de la misma. Con el archivo de configuración podemos acceder vía ssh (Secure SHell) a la raspberry pi. (jonious, 2018). **(Ilustración 60)**, carga correcta del SO.

Para la creación de este archivo de configuración se debe ingresar a la memoria microSD que normalmente estará nombrada como Boot, debemos crear dos archivos de texto llamados ssh.txt y wpa\_supplicant.conf.txt **(Ilustración 61)**, **(Ilustración 62)**. Archivos de configuración del Wifi.

## Ilustración 61

### *Carpeta Boot*



*Nota.* Folder, 2019, Internetdelas cosas. Tomado de ([www.internetdelas cosas.cl](http://www.internetdelas cosas.cl)) CC BY 2.0

## Ilustración 62

### *Archivos de configuración del Wifi*

|                         |                  |               |          |
|-------------------------|------------------|---------------|----------|
| LICENSE.oracle          | 07-09-2017 14:54 | ORACLE File   | 19 KB    |
| start.elf               | 11-08-2017 16:03 | ELF File      | 2.801 KB |
| start_cd.elf            | 11-08-2017 16:03 | ELF File      | 651 KB   |
| start_db.elf            | 11-08-2017 16:03 | ELF File      | 4.890 KB |
| start_x.elf             | 11-08-2017 16:03 | ELF File      | 3.860 KB |
| ssh.txt                 | 30-10-2017 12:02 | Text Document | 0 KB     |
| wpa_supplicant.conf.txt | 30-10-2017 12:02 | Text Document | 0 KB     |

*Nota.* File, 2019, Tomado de ( [www.internetdelascosas.cl](http://www.internetdelascosas.cl) ) CC BY 2.0

Una parte importante, es que el archivo ssh.txt debe quedar vacío sin extensión, por lo que debemos renombrarlo y solo quedaría ssh; en el archivo wpa\_supplicant.conf.txt se coloca la configuración de la red wifi. (jonious, 2018).

(Ilustración 63) Datos de configuración

## Ilustración 63

### *Datos de Configuración*

```
ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant GROUP=netdev
update_config=1
country=AU
network={
    ssid="SID_de_nuestra_red"
    psk="contraseña_super_secreta"
    key_mgmt=WPA-PSK
}
```

*Nota.* Datos 2019, Tomado de ( [www.internetdelascosas.cl](http://www.internetdelascosas.cl) ) CC BY 2.0

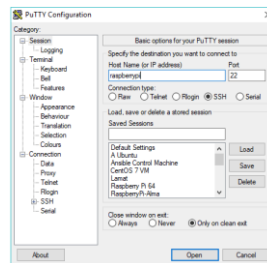
Después de editar correctamente el archivo de configuración le quitamos la extensión.txt.

Seguidamente debemos extraer la memoria microSD e insertarla en la raspberry pi, posterior alimentamos la raspberry con el cargador apropiado para darle corriente a la misma.

Putty es una aplicación para Windows que permite establecer sesiones remotas en servidores, y para este caso sería la raspberry pi, este software puede descargarse fácil mente desde internet con una búsqueda rápida en Google. Para contarnos a la raspberry pi debemos abrir la aplicación de putty y configurarlo con el Host name: raspberry pi o ip asignada a la raspberry Port: 22, (**Ilustración 64**).

### Ilustración 64

*puTTY*



*Nota.* Putty 2019, Adaptado de ( [www.internetdelas cosas.cl](http://www.internetdelas cosas.cl) ) CC BY 2.0

Para conocer la ip de la raspberry existe varias formas, la utilizada en este caso fue una aplicación móvil llamada alerta de wifi. (**Ilustración 65**)

En la opción de análisis de red muestra todos los dispositivos conectados a la red LAN con su respectiva dirección ip.

### Ilustración 65

*Wifi - Alerta*



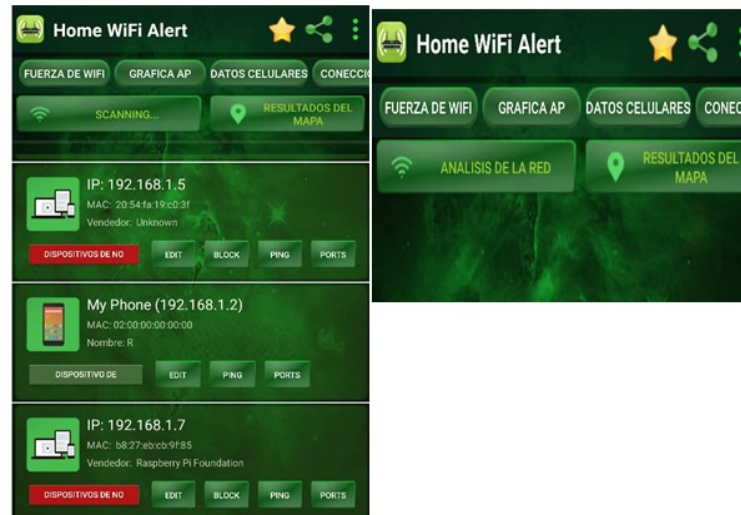
*Nota.* Wifi, 2018, Tomado de (<https://play.google.com/store/search?q=wifi%20alerta&c=apps&hl=es&gl=US>) CC BY 2.0

El router, le dio la dirección 192.168.1.7 a la raspberry; regresando a putty ponemos en el campo Host name 192.168.1.7 y en puerto ponemos el 22.

(Ilustración 66). App Home Wifi-Alert.

### Ilustración 66

*App Home Wifi-Alert*



Recordar que al usuario por defecto es pi y la contraseña es raspberry. La interfaz de putty luego de conectarse se muestra de la siguiente forma

### Ilustración 67

*Consola de la Raspberry desde puTTY*

```

pi@raspberrypi ~
login as: pi
pi@192.168.79.136's password:
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Mon Oct 30 13:06:46 2017
pi@raspberrypi:~$

```

## Configuración inicial

Luego de haber iniciado con la raspberry pi con cualquiera de las 2 formas indicadas, se debe hacer configuraciones iniciales en el sistema operativo, que constan en primera instancia de ejecutar el comando `sudo raspi-config` y en las opciones de interfaz habilitar cámara, el vnc y la instalación de paquetes requeridos para la interfaz web y servidor en mini ordenador.

### 8.3.3 Instalación del software requerido

Se muestra la lista de comandos necesarios para la instalación del software requerido para el inicio del Proyecto. El código de proyecto de base en un proyecto ya existente, del señor (Max.K, 2017) el cual se tomó y se adaptó para las necesidades del vehículo robótico 6x6 Rocker bogie, los cambios en el software que se realizaron se mostraran más adelante en este documento. (**Ilustración 68**).

#### Ilustración 68

##### *Instalación de Paquetes*

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
sudo apt-get install apache2 node.js npm
git clone https://github.com/CoretechR/ZeroBot_Desktop/touchUI
cd Desktop/touchUI
sudo npm install express
sudo npm install socket.io
sudo npm install pi-gpio
sudo npm install pigpio
```

*Nota.* Paquetes Instalación, 2018, Hackaday. adaptado de ([www.hackaday.io](http://www.hackaday.io))CC BY 2.0

`Sudo apt-get update`: actualiza las listas de paquetes para las actualizaciones de los paquetes que necesitan actualización, así como los paquetes nuevos que acaban de llegar a los repositorios. (askubuntu, 2014).

`Sudo apt-get upgrade`: se utiliza para instalar versiones más recientes de

todos los paquetes actualmente instalados en el sistema desde las fuentes enumeradas en la ruta `/etc./apt/sources.list`. (askubuntu, 2014).

`Sudo apt-get install apache2 node.js npm`: se utiliza para instalar nuevos paquetes en este caso `apache2`, `node` y `npm`. (askubuntu, 2014).

`Git clone ruta del repositorio tuta de descarga`: con este comando de obtiene una copia de un repositorio de Git ya existente en la ruta especificada.

Npm es el manejador de paquetes de Node.js, un entorno de ejecución para JavaScript, por ello se utiliza para instalar `express`, `socket.io`, `pi-gpio` y `pigpio`.

“Express es un framework web de Node.js y es la librería subyacente para un gran número de otros frameworks web de Node populares. Proporciona mecanismos para:

- Integración con motores de renderización de "vistas" para generar respuestas mediante la introducción de datos en plantillas.
- Establecer ajustes de aplicaciones web como qué puerto usar para conectar, y la localización de las plantillas que se utilizan para renderizar la respuesta.
- Añadir procesamiento de peticiones "middleware" adicional en cualquier punto dentro de la tubería de manejo de la petición.”. (MDN web docs, 2018).

`Socket.io` Es una librería que nos permite manejar eventos en tiempo real mediante una conexión TCP y todo ello en JavaScript. Es realmente potente y podemos hacer todo tipo de aplicaciones en tiempo real.

Las entradas y salidas de propósito general Gpio de la raspberry pi, son las conexiones entre la raspberry pi y el mundo físico. Por medio de los Gpio se pueden controlar los moto-reductores, luces y servomotores del vehículo. **(Ilustración 69)**



## Ilustración 69

### Gpio Raspberry

|         |    |    |         |                     |
|---------|----|----|---------|---------------------|
| 3V3     | 1  | 2  | 5V      | Physical Pin Number |
| GPIO 2  | 3  | 4  | 5V      | Power +             |
| GPIO 3  | 5  | 6  | GND     | Ground              |
| GPIO 4  | 7  | 8  | GPIO 14 | UART                |
| GND     | 9  | 10 | GPIO 15 | I2C                 |
| GPIO 17 | 11 | 12 | GPIO 18 | SPI                 |
| GPIO 27 | 13 | 14 | GND     | GPIO                |
| GPIO 22 | 15 | 16 | GPIO 23 | Do Not Connect      |
| 3V3     | 17 | 18 | GPIO 24 |                     |
| GPIO 10 | 19 | 20 | GND     |                     |
| GPIO 9  | 21 | 22 | GPIO 25 |                     |
| GPIO 11 | 23 | 24 | GPIO 8  |                     |
| GND     | 25 | 26 | GPIO 7  |                     |
| DNC     | 27 | 28 | DNC     |                     |
| GPIO 5  | 29 | 30 | GND     |                     |
| GPIO 6  | 31 | 32 | GPIO 12 |                     |
| GPIO 13 | 33 | 34 | GND     |                     |
| GPIO 19 | 35 | 36 | GPIO 16 |                     |
| GPIO 26 | 37 | 38 | GPIO 20 |                     |
| GND     | 39 | 40 | GPIO 21 |                     |

Nota. Gpio, 2018, 3schools. Tomado de ([www.w3schools.com](http://www.w3schools.com))CC BY 2.0

### 8.3.4 instalar mjpg-streamer

MJPEG-Streamer es una aplicación que se ejecuta por línea de comandos. A grandes rasgos, se encarga de obtener frames JPG (imágenes) capturadas desde una cámara compatible y transmitir las como M-JPEG (secuencia de vídeo) mediante el protocolo HTTP para poder visualizarlo en navegadores, VLC y otras herramientas. (AlexCorvis84, 2018).

- Para la instalación del software se utilizan los siguientes comandos:
- `Sudo apt-get install libjpeg62-turbo-dev`
- `sudo apt-get install libjpeg62-turbo-dev`
- `sudo apt-get install cmake`
- `git clone https://github.com/jacksonliam/mjpg-streamer.git ~ / mjpg-streamer`

`cd mjpg-streamer / mjpg-streamer-experimental`

Luego de la instalación de todo este software para que la cámara funcione correctamente, se debe iniciar el servidor de streaming. Como no se está ejecutando desde el directorio de ejecución, el comando a ejecutar es el siguiente, (**Ilustración 70**), iniciando el servidor streaming.

## Ilustración 70

### *Iniciando Sservidor de Streaming*

```
1 LD_LIBRARY_PATH=/opt/mjpg-streamer/ /opt/mjpg-streamer/mjpg_streamer
2 -i "input_raspicam.so -rot 180 -vf -hf -fps 15 -q 50 -x 640 -y 480 "
3 -o "output_http.so -p 9000 -w /opt/mjpg-streamer/www" > /dev/null 2>&18
```

- LD\_LIBRARY\_PATH establece la ruta de las bibliotecas de enlace dinámico al directorio actual. Esto es para que la aplicación pueda encontrar los complementos, que están en el mismo directorio. (miguelgrinberg, 2013).
- -i establece el complemento de entrada. Estamos utilizando un plugin llamado input\_file.so. Este complemento observa un directorio y cada vez que detecta que un archivo JPEG fue escrito en él, transmite ese archivo. La carpeta y el archivo para ver se dan como los argumentos -fy -n. (miguelgrinberg, 2013).
- -o establece el plugin de salida. Estamos utilizando el complemento de transmisión HTTP, que inicia un servidor web al que podemos conectarnos para ver el video. El directorio raíz del servidor web se da -w como argumento. Usaremos las páginas web predeterminadas que vienen con la aplicación por ahora, estas se pueden cambiar y personalizar según sea necesario. (miguelgrinberg, 2013), (**Ilustración 71**).

Luego de los pasos anteriores, todo está listo, y desde cualquier navegador que esté a nuestro alcance podremos ingresar `http://<IP-address>:9000` e ingresaremos a la interfaz.

## Ilustración 71

### MJPEG-Streamer



pi-gpio y pigpio son librerías que permiten controlar las entradas y salidas de propósito general de la Pi Zero W con Node.js, tienen características muy importantes como:

- Hasta 1.4 millones de lecturas digitales por segundo
- Hasta 1 millón de escrituras digitales por segundo
- PWM en cualquiera de las GPIO'S 0 de la 0 a la 31
- Múltiples frecuencias y rangos de ciclos de trabajo soportados
- Servo control en cualquiera de las GPIOs
- Avisa cuando alguno de los GPIOs 0 a 31 cambia de estado
- La hora del cambio de estado está disponible con una precisión de unos pocos microsegundos. (NPM,Inc, 2018).

## 8.4 Control

El control de los actuadores del vehículo robótico se hace mediante node.js para la parte del servidor y JavaScript para el lado del cliente.

A continuación, se describirá brevemente las partes de código las cuales

manejan las luces del vehículo y el movimiento de la cámara.

Para el control de los motores se tomó algoritmo desarrollado por (dyadica.co.uk, 2014). En la url (<http://www.dyadica.co.uk/blog/basic-differential-aka-tank-drive/>) se puede encontrar toda la explicación del algoritmo. Todos los botones y control del vehículo se realizaron para ser controlados por medio de mouse del pc y compatibles con dispositivos multitouch.

#### 8.4.1 Control de luces

En lo que compete a las luces se tiene en el lado del frontend la función `handleHeadlightClick`, lo que hace es leer si el usuario a dado la orden de prender la luces e inmediatamente emite el evento 'light' a todos los sockets conectados.

(Ilustración 72).

#### Ilustración 72

*Control Luces Lado del Cliente*

```
function handleHeadlightClick(cb) {
  if (cb.checked) {
    // Turn on headlight
    headlight = 1;
  } else {
    // Turn off headlight
    headlight = 0;
  }
  socket.emit('light', headlight);
}
```

Mientras que en el lado del backend se definen los pines de entrada y salida, que para el caso de las luces se llamó LED y utiliza el Gpio 22 como salida. Al escuchar el evento correspondiente 'light', escribe el valor lógico correspondiente en la salida asignada, lo que permite prender las luces del vehículo. (Ilustración 73).

## Ilustración 73

### Control Luces Lado del Servidor

```
var Gpio = require('pigpio').Gpio,
    A1 = new Gpio(27, {mode: Gpio.OUTPUT}),
    A2 = new Gpio(17, {mode: Gpio.OUTPUT}),
    B1 = new Gpio( 4, {mode: Gpio.OUTPUT}),
    B2 = new Gpio(18, {mode: Gpio.OUTPUT});
motor = new Gpio(10, {mode: Gpio.OUTPUT});
motor1 = new Gpio(26, {mode: Gpio.OUTPUT});
LED = new Gpio(22, {mode: Gpio.OUTPUT});

socket.on('light', function(toggle) {
  LED.digitalWrite(toggle);
});
```

### 8.4.2 Control movimiento de la cámara

Para el control de movimiento en elevación de la cámara y en el lado del cliente Se Programó el siguiente script, en este se puede ver que la función subir y bajar, se activan cuando el usuario así lo requiera, estas funciones incrementan o decrementan según el caso a la variable pulseWidth inmediatamente se emite el evento ‘elevación’, el cual lleva como parámetro el valor pulseWidth.

(Ilustración 74) función incrementa decrementan variable pulse width.

## Ilustración 74

### Movimiento Elevación Lado Cliente

```
<script >
let pulseWidth = 1900;
let increment = 50;
let pulseWidth1 = 1500;
let increment1 = 50;
// *****ELEVATION*****
function subir (){
  pulseWidth += increment;
  document.getElementById('prueba').style.backgroundColor="blue";
  if(pulseWidth >= 2500){
    pulseWidth = 2500;
  }
  socket.emit('elevacion', pulseWidth);
}

function bajar (){
  pulseWidth -= increment;
  document.getElementById('prueba').style.backgroundColor="green";
  if(pulseWidth <= 650){
    pulseWidth = 650;
  }
  socket.emit('elevacion', pulseWidth);
}
```

En cuanto al movimiento en azimut la dinámica del script es la misma, con la única variante que se trabaja con un valor inicial de la variable pulseWidth1 inicializada en 1500, la variable increment para los dos casos elevación y azimut es el paso de los motores, un valor muy grande hace que al momento de girar la cámara lo haga en un recorrido muy grande y la imagen no se vea correctamente, por esta razón se optó por dejar el paso en un valor de 50. El código de programación para el movimiento en azimut. (**Ilustración 75**).

### Ilustración 75

#### *Movimiento Azimut Lado Cliente*

```

function derecha () {
    pulseWidth1 = increment1;
    document.getElementById("prueba").style.backgroundColor="gray";
    if(pulseWidth1 == 2500){
        pulseWidth1 = 2500;
    }
    socket.emit("azimut", pulseWidth1);
}

function izquierda () {
    pulseWidth1 = increment1;
    document.getElementById("prueba").style.backgroundColor="violet";
    if(pulseWidth1 == 500){
        pulseWidth1 = 500;
    }
    socket.emit("azimut", pulseWidth1);
}

```

Para el lado del servidor, en primera instancia el código utilizado, se puede ver la configuración y asignación de los pines Gpio 10 y 26 configurados como salidas que corresponden al motor que controla el movimiento de elevación y el motor que controla el movimiento de azimut. (**Ilustración 76**) Elevación y Azimut.

### Ilustración 76

#### *Elevación y Azimut Lado Servidor*

```

socket.on('elevacion', function(pulseWidth) {
    console.log("elevacion: ", pulseWidth);
    motor.servoWrite(pulseWidth);
});

console.log("azimut ", pulseWidth1);
motor1.servoWrite(pulseWidth1);
});

```

En segunda instancia, cuando en el lado del servidor se escucha el evento ‘elevación’ o ‘azimut’, se muestra el valor de la variable pulseWidth o pulseWidth1 según corresponda en consola, y posterior escribe el valor lógico correspondiente en la salida asignada, lo que permite que la cámara se mueva según lo requiera el operador del vehículo.

### **8.4.3 Control moto reductores**

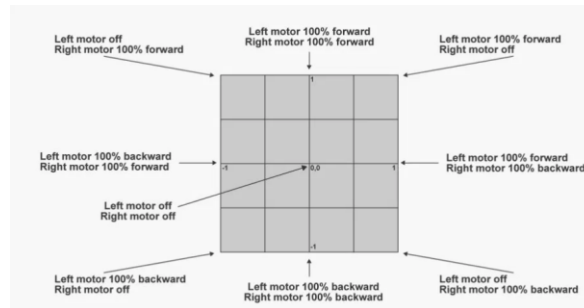
Los moto-reductores son los encargados de darle el movimiento al Vehículo Robótico Todoterreno 6x6 Rocker-Bogie, el cual cuenta con 6 de estos. Para el control de los motores se tomó algoritmo desarrollado por (dyadica.co.uk, 2014). En la url (<http://www.dyadica.co.uk/blog/basic-differential-aka-tank-drive/>) se puede encontrar toda la explicación del algoritmo detalladamente.

Una descripción corta de este algoritmo de unidad diferencial consiste en

“Un sistema de accionamiento diferencial es un método de movimiento que se basa en solo dos ruedas para proporcionar control de la dirección y movimiento direccional. Como las ruedas pueden moverse independientemente unas de otras (por lo tanto, el impulso diferencial), la diferencia de velocidad entre la izquierda y la derecha determina tanto el giro como la cantidad de giro. Por ejemplo, si ambas ruedas se mueven en la misma dirección y velocidad, el robot se moverá en esa dirección. Si ambas ruedas giran con la misma velocidad en direcciones opuestas, el robot girará hacia la izquierda o hacia la derecha dependiendo de la dirección de los motores.” (dyadica.co.uk, 2014)

## Ilustración 77

### Mapeo de Impulsión Cartesiano



Nota. Mapeo, 2018, dyadica. Tomado de (<https://www.dyadica.co.uk/>) CC BY 2.0

Resumiendo, un poco lo anterior el script escrito en JavaScript para el control de los moto reductores asigna una coordenada cartesiana, como la que genera un joystick o una pieza equivalente de hardware, a la velocidad y dirección requeridas de izquierda a derecha. (Ilustración 77)

## Ilustración 78

### Control Moto Reductores Lado Cliente

```
function tankDrive(x, y){
  // source: https://www.dyadica.co.uk/basic-differential-aka-tank-drive/
  // First hypotenuse
  var z = Math.sqrt(x * x + y * y);
  // angle in radians
  var rad = Math.acos(Math.abs(x) / z);
  if (isNaN(rad)) rad = 0;
  // and in degrees
  var angle = rad * 180 / Math.PI;
  // Now angle indicates the measure of turn
  // Along a straight line, with an angle 0, the turn co-efficient is same
  // this applies for angles between 0-90, with angle 0 the co-eff is -1
  // with angle 45, the co-efficient is 0 and with angle 90, it is 1
  var tcoeff = -1 + (angle / 90) * 2;
  var turn = tcoeff * Math.abs(Math.abs(y) - Math.abs(x));
  turn = Math.round(turn * 100) / 100;
  // And max of y or x is the movement
  var move = Math.max(Math.abs(y), Math.abs(x));
  // First and third quadrant
  if ((x >= 0 && y >= 0) || (x < 0 && y < 0)){
    rawLeft = move;
    rawRight = turn;
  } else {
    rawRight = move;
    rawLeft = turn;
  }
  // Reverse polarity
  if (y < 0) {
    rawLeft = 0 - rawLeft;
    rawRight = 0 - rawRight;
  }
  RawLeft = rawLeft;
  RawRight = rawRight;
  leftMot = Remap(rawLeft, MinJoy, MaxJoy, MinValue, MaxValue);
  rightMot = Remap(rawRight, MinJoy, MaxJoy, MinValue, MaxValue);
}

function sendControls(){
  if(sendFlag == true){
    //socket.emit('pos', leftVector.x, leftVector.y);
    socket.emit('pos', leftMot, rightMot);
    sendFlag = false;
  }
}
```



En la función `sendControls` se observa que es la encargada de emitir el evento 'pos' que significa posición, y envía dos parámetros con los valores correspondientes seleccionados por el operador del vehículo, (**Ilustración 78**).

En el lado del servidor se captura el evento 'pos' y se ejecuta una función anónima con los parámetros enviados desde el frontend donde se convierten en un entero, y seguidamente se escribe el valor como `pwmWrite` según corresponda el caso, (**Ilustración 79**).

### Ilustración 79

#### *Control Moto Reductores Lado Servidor*

```
socket.on('pos', function (msx, msy) {
  //console.log('X:' + msx + ' Y: ' + msy);
  //io.emit('posBack', msx, msy);

  msx = Math.min(Math.max(parseInt(msx), -255), 255);
  msy = Math.min(Math.max(parseInt(msy), -255), 255);

  if(msx > 0){
    A1.pwmWrite(msx);
    A2.pwmWrite(0);
  } else {
    A1.pwmWrite(0);
    A2.pwmWrite(Math.abs(msx));
  }

  if(msy > 0){
    B1.pwmWrite(msy);
    B2.pwmWrite(0);
  } else {
    B1.pwmWrite(0);
    B2.pwmWrite(Math.abs(msy));
  }
});
```

## 8.5 Upload web site app de control

Esta APP está basada en Zerobot, (Max.K, 2017); fue modificada y adaptada para ser integrada al sistema de control que concierne en este documento. Los archivos o código fuente de esta nueva APP se podrán descargar del repositorio. Solo basta con seguir los pasos de descarga de la imagen del sitio web del proyecto original y reemplazar los archivos app.js y Touch.html con las modificaciones de este proyecto.

El proyecto consta de una carpeta llamada touchUI donde se encuentran todos los archivos y carpetas necesarios para la correcta ejecución de la App tanto del lado del cliente como del lado del servidor, contenido carpeta touchUI en (Ilustración 80).

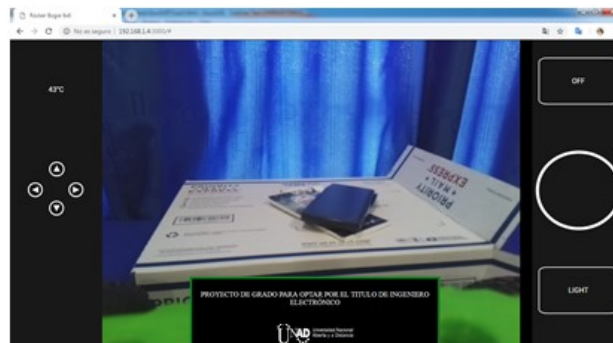
### Ilustración 80

*Contenido Carpeta TouchUI*

| Nombre          | Fecha de modifica...  | Tipo                 | Tamaño   |
|-----------------|-----------------------|----------------------|----------|
| .git            | 07/11/2018 06:44 a... | Carpeta de archivos  |          |
| imagenes        | 07/11/2018 06:44 a... | Carpeta de archivos  |          |
| node_modules    | 07/11/2018 06:44 a... | Carpeta de archivos  |          |
| app.js          | 11/11/2018 10:27 ...  | Archivo de secuen... | 4 KB     |
| cam1.jpg        | 31/10/2018 03:59 ...  | Imagen JPEG          | 4.052 KB |
| LICENSE         | 31/10/2018 03:58 ...  | Archivo              | 35 KB    |
| start_stream.sh | 31/10/2018 03:58 ...  | Shell Script         | 1 KB     |
| Touch.html      | 31/10/2018 03:58 ...  | Chrome HTML Do...    | 20 KB    |

### Ilustración 81

*Test Interfaz de Usuario*



Una vez subido el servidor y el código del frontend terminado correctamente, se puede navegar en la interfaz WEB. En este momento es funcional la aplicación y se puede controlar todas las funcionalidades del vehículo robótico entre las cuales se encuentran:

- Control del vehículo como avance, retroceso, giro derecha y giro a la izquierda
- Manejo de movimiento de la cámara elevación y azimut con las flechas de la barra de navegación del lado izquierdo.
- Encender y apagar las luces del vehículo.
- Tomar una foto.
- Apagar de forma segura el vehículo.

La aplicación se puede manipular desde cualquier dispositivo, como pc de escritorio, computadora portátil, Tablet o Smartphone, solo basta con conectarse a la ip asignada a la raspberry pi por el puerto 3000.

Es pertinente aclarar que los botones tienen interacción con el usuario, como cambio de color de fondo, cambio de color del borde, estas interacciones fueron implementadas con pseudoclasses y pseudoelementos de CSS. En la interfaz de usuario se implementó una pantalla con solo una imagen de la cámara en el centro, una palanca de control analógico en el lateral, este control es compatible con dispositivos multitouch. (Max.K, 2017).

Además de lo anterior la implementación de socket web, desde donde se pueden enviar datos hacia y desde la Raspberry Pi. En este caso, serían dos valores para la velocidad y la dirección que van a la Raspberry y algunos datos de telemetría básica que se enviarán al usuario para monitorear, por ejemplo, la temperatura de la CPU, el control de movimiento de la cámara.

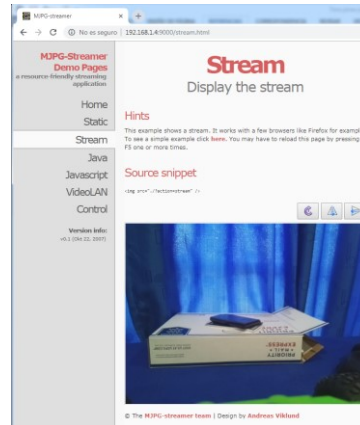
### **8.5.1 Streaming de video**

Para generar el video en directo, se empleó la aplicación MJPG-Streamer, una vez configurado el archivo de ejecución del programa se ingresa por el puerto

9000 e IP asignados mediante un navegador WEB. También se puede encontrar información detallada en el repositorio de MJPG-Streamer para Raspbian. (jacksonliam, 2018), ver (**ilustración 82**).

## Ilustración 82

### *Streaming de Video MJPG-Streamer*



### 8.5.2 Interfaz de usuario

A continuación, se describirá la interfaz de usuario con cada uno de los elementos que lo conforman, ver (**Ilustración 83**).

## Ilustración 83

### *Interfaz de Usuario Web*



En la imagen anterior se muestra la interfaz de usuario programada en NODE.JS Y HTML5, interfaz compatible con dispositivos multitouch lo que permite hacer gestos con los dedos, por ejemplo, pasar fotos, ampliarlas con un simple movimiento. En este caso se usará para controlar el vehículo con un único dedo.

La interfaz se compone de:

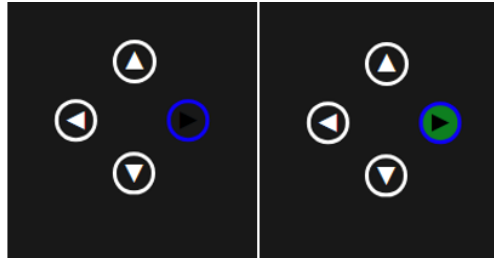
1. Url de acceso, no olvidar el puerto 3000.
2. Barra de navegación lateral Izquierda.
3. Temperatura del CPU de la raspberry.
4. Control de movimiento de la cámara (Elevación y azimut).
5. Video Streaming.
6. Control multitouch para los moto reductores.
7. Botón de Apagado del miniordenador.
8. Botón Para la toma de fotografías.
9. Barra de navegación lateral izquierda.
10. Botón Para el encendido y apagado de las luces.
11. Footer con logo de la universidad.

#### **8.5.2.1 Interacción del control de la cámara**

Además de los componentes enumerados anteriormente, la mayoría de los controles tienen una interacción visual que ayuda al usuario a dar una mejor experiencia visual y hacer más fácil la identificación de los elementos que se están utilizando actualmente en la aplicación, (**Ilustración 84**).

## Ilustración 84

### *Interacción con Controles de la Cámara*



Se puede ver que hay dos comportamientos distintos del control de la cámara; la del lado izquierdo corresponde cuando se pasa el ratón por el control, este cambia el color de su borde; la imagen de la derecha obedece cuando el usuario tiene presionado el click izquierdo del ratón haciendo cambiar el color de fondo a verde del control correspondiente.

Estos cambios de interacción con el usuario son gracias a css (Cascading Style Sheets- Hojas de Estilo en Cascada), como vemos en la **(Ilustración 85)**.

## Ilustración 85

### *Css Control Cámara*

```

.izquierda{
  transform: rotate(270deg);
  color:white;
  padding-top:1.8em;
  display:inline-block;
  position:relative;
  border-color:white;
  text-decoration:none;
  transition:all .3s ease-out;
  top:70px;
  left:-30%;
}
.izquierda:before{
  content:'A';
  font-size:9em;
  position:absolute;
  top:5px;
  left:50%;
  margin-left:-.7em;
  border:solid .13em white;
  border-radius:10em;
  width:1.4em;
  height:1.4em;
  line-height:1.3em;
  border-color:inherit;
  transition:transform .5s ease-in;
}
.izquierda:hover{
  color:black;
  border-color:blue;
}
.izquierda:active:before{
  transform: rotate(0deg);
  background-color: green;
}

```

En la ilustración anterior solo se mostrará el control izquierdo, ya que el código de los demás botones del control de la cámara son muy similares.

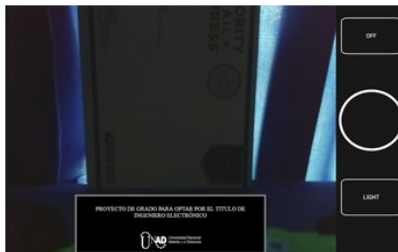
## 8.5.2.2 Interacción barra navegación derecha

### 8.5.2.2.1 Botón light

En cuanto a los estilos del control de las luces del vehículo, este corresponde a un botón tipo checkbox de forma rectangular con esquinas redondeadas, que inicialmente su fondo es de color negro indicando que las luces se encuentran apagada, por esto la captura de video se ve oscura, (**Ilustración 86**).

#### Ilustración 86

Luces Off



En el instante que el usuario da click izquierdo sobre el botón light este cambia su fondo a color gris indicando que las luces se encuentran encendidas, (**Ilustración 87**) por esto la captura de video se ve más clara.

#### Ilustración 87

Luces ON



## Ilustración 88

### *Propiedades Css del Botón de Luces*

```
.light_button {
  background-color: transparent;
  border-radius: 10%;
  border: 2px;
  border-style: solid;
  border-color: white;
  text-align:center;

  padding-top: 20%;
  padding-bottom: 20%;
  font-size: 16px;
  margin: 40% 7% 10%;
  cursor: pointer;
}
.light_button:checked {
  background-color: #b1b;
}
```

*Nota.* Css Botón Luces programa, 2018, Adaptado de (<https://hackaday.io/>) CC BY 2.0

Todas las propiedades Css para el diseño del botón y la interacción del mismo, donde la pseudo-clase checked es la responsable de cambiar el fondo del botón a gris, indicando al usuario que las luces del vehículo están encendidas.

(Ilustración 88).

#### 8.5.2.2.2 Botón de captura de pantalla o foto

Un botón circular para la captura de pantalla en resolución completa de fondo, en la cual el streaming de video transcurre sin inconveniente, esto indica que aún no se ha solicitado una captura de pantalla por parte del usuario. Cuando el botón se torna de fondo gris indica una solicitud de captura de pantalla resolución completa. Esto no es tan fácil como parece, La secuencia debe detenerse para iniciar la aplicación raspistill y luego reiniciar, (Ilustración 89).



## Ilustración 89

### *Toma de Foto en Proceso*



Se muestra que el fondo del botón circular a cambiado a gris, indicando que el usuario a dado click izquierdo sobre él, desencadenando una serie de eventos tales como la detención de la secuencia de streaming de video, esto debe ocurrir para que la aplicación raspistill dentro del MJPG-streamer se reinicie y la captura de pantalla ocurra sin problema. La ubicación de la imagen se guarda dentro de la carpeta touchUI que se encuentra en el escritorio de la raspberry pi, las imágenes son guardadas como una sucesión de fotos con el nombre cam1.jpg, cam2.jpg y así sucesivamente, (**Ilustración 90**). Ubicación fotos.

## Ilustración 90

### *Ubicación de las Fotos*

```
pi@raspberrypi:~ $ cd Desktop/
pi@raspberrypi:~/Desktop $ ls
touchUI url
pi@raspberrypi:~/Desktop $ cd touchUI/
pi@raspberrypi:~/Desktop/touchUI $ ls
app.js      cam2.jpg    Escritorio  node_modules  Touch.html
app.js~    cam3.jpg    imagenes    start_stream.sh Touch.html~
cam1.jpg   Documentos  LICENSE     Touch
```

### 8.5.2.2.3 Botón de apagado

En cuanto a los estilos del control de apagado del vehículo, este corresponde a un botón tipo checkbox de forma rectangular con esquinas redondeadas, que inicialmente su fondo es de color negro indicando que el usuario no ha dado la orden de apagar la raspberry pi.

## Ilustración 91

### *Mensaje Confirmación Botón de Apagado*



Es esta ilustración el botón de apagado cambia su fondo a gris, indicando que el usuario a dado click en él, desencadenando una alerta de confirmación del apagado de la raspberry pi. (**Ilustración 91**).

## Ilustración 92

### *Segundo Mensaje de Información*



En el caso que el usuario confirme su deseo de apagar la raspberry pi, aparecerá un mensaje de información confirmando que en 20 segundos se apagará la mini computadora.

## Ilustración 93

### *Estilos Css del Botón de Apagado*

```
.off_button {
  background-color: transparent;
  border-radius: 10%;
  border: 2px;
  border-style: solid;
  border-color: white;
  text-align:center;
  padding-top: 20%;
  padding-bottom: 20%;
  font-size: 100%;
  margin: 10% 7%;
  cursor: pointer;
}
.off_button:active {
  background-color: gray;
}
```

*Nota.* Estilo Css 2018, Hackaday.io ( <https://hackaday.io/>) CC BY 2.0

Todas las propiedades Css para el diseño del botón y la interacción del mismo, donde la pseudo-clase active es la responsable de cambiar el fondo del botón a gris, indicando al usuario desea apagar la raspberry pi. (**Ilustración 93**).

### 8.5.2.3 Control multitouch para motores

El control de los servomotores se tomó del proyecto Zerobot de (Max.K, 2017), donde se plantea una interfaz multitouch y compatible con los eventos de mouse, la interfaz permite controlar el vehículo como si fuera un joystick desde la pantalla, dibujando un círculo desde el inicio del evento y otro círculo donde el usuario quiere mover. (**Ilustración 94**).

## Ilustración 94

### *Control Multitouch*



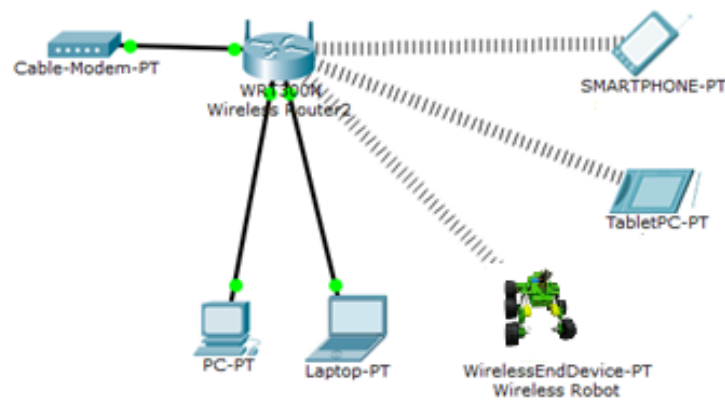
*Nota.* Control, 2018, Hackaday.io Tomado de (<https://hackaday.io/>) CC BY 2.0

## 8.6 Segmentación de red

Para tener una idea de cómo es la topología de red en estrella en donde trabajara el vehículo robótico, donde las estaciones están conectadas directamente a un punto central que este caso es el router. Esta topología es la más común de encontrar el cualquier hogar colombiano, (**Ilustración 95**).

### Ilustración 95

#### *Topología de Red*



## 8.7 Puesta en Marcha

Para finalizar, todos los elementos en conjunto permiten que el robot se desplace según los parámetros anteriormente descritos. Se realizaron pruebas de campo donde se verificó el correcto funcionamiento de la suspensión Rocker-Bogie. El enlace con el Router y los tiempos de respuesta del control WEB, tanto el video como la respuesta en conjunto fueron satisfactorios, permitiendo al usuario controlar de manera instantánea y accionar los controles en tiempo real, también se logró una experiencia de control óptima al presenciar el Streaming del video de la cámara frontal, las luces funcionan correctamente para guiar e identificar objetivos a 2 metros de distancia en la oscuridad.

## Ilustración 96

### *Vista Lateral del Vehículo*



Tomando como referencia la imagen anterior (**Ilustración 96**) cada elemento corresponde a:

1. Cámara Raspberry Pi V2 - 8 megapíxeles, 1080p
2. Soporte Plástico Para Cámara.
3. Contenedor de la Electrónica
4. Parte fija de la suspensión Rocker.
5. Parte Móvil de la suspensión.
6. Rueda.

La vista frontal del robot, se observan los 3 Diodos led emisores de luz, 2 de los cuales se encuentran en la cámara del vehículo, lo que permite que se muevan con la cámara con el fin de identificar objetivos en la oscuridad, el tercer y último led se encuentra en la parte frontal, este es utilizada principalmente para que el vehículo se guíe en la oscuridad. (**Ilustración 97**).

También se observan 2 etiquetas, una en la parte superior se encuentra en color azul las siglas de la universidad (UNAD).

## **Ilustración 97**

### *Vista Frontal del Vehículo*



## **9 Mejoras**

### **9.1 Chasis**

Como se mencionó en un apartado anterior el chasis fue tomado como referencia del proyecto del MARTIAN ROVER de (Larkin, 2017), se le hicieron modificaciones el alguno de sus componentes ya que algunos de los elementos originales no se pudieron encontrar el mercado.

#### **9.1.1 Diámetro sujeción suspensión rocker bogie**

El diámetro de las sujeciones del Rocker y el Bogie de la suspensión la cual se hizo de 20mm mayor al original, ya que los brazos extensores se consiguieron de un diámetro mayor en comparación al original.

#### **9.1.2 Ball end**

Para economizar un poco en el proyecto se optó por imprimirlos en pla con la impresora 3D y no comprar estos pequeños elementos, que sirven de sujeción entre la suspensión y el contenedor donde está incluida toda la electrónica del proyecto.

### 9.1.3 Batería

Para obtener una mayor autonomía, y considerando el consumo en corriente de todo el vehículo, se incorporó en el vehículo una batería Lipo con una capacidad de 5000mAh a 12voltios, lo que le da una autonomía mínima al vehículo de 2 horas a full consumo en corriente del vehículo.

### 9.1.4 Estructura cámara

Se agregó una nueva estructura elaborada en PVC, que soporta 2 servomotores 9G, tiene Elevación y Azimut de 180° cada uno; esto permitirá que el usuario pueda efectuar movimientos e inclinaciones según su preferencia; maximizará el área explorada y alcanzará nuevos ángulos de inspección el robot, (**Ilustración 98**).

#### Ilustración 98

*Elevación y Azimut de la Cámara*



### 9.1.5 Luces

Se adaptaron un conjunto de 3 Diodos Led's para la identificación de objetivos y guiado del vehículo en la oscuridad, dos ubicados en el soporte de la cámara y el Led restante ubicado en la parte frontal, (**Ilustración 99**).

## Ilustración 99

### *Luces del Vehículo*



## 9.2 Software

Como se mencionó en el apartado, parte del software del vehículo se basó en el proyecto del señor (Max.K, 2017), y se adaptó código adicional para el control de motores de la cámara y la adición de los controles y la interacción con el usuario para controlar este movimiento.

## 10 Comparación de los modelos de raspberry pi

Para el proceso de construcción del vehículo se tuvieron en cuenta diferentes modelos de minicomputadoras de la serie de raspberry pi. Se estudiaron las características de cada una de ellas teniendo como parámetro fundamental el tamaño reducido, conector para cámara, antena wifi incorporada, vemos en la (Ilustración 100).



## Ilustración 100

### *Modelos Raspberry pi*



*Nota.* Modelos, 2019, Tomado de (<https://www.luisllamas.es/?s=Raspberry>) CC BY 2.0

La familia “principal” ha tenido 3 versiones, siendo el modelo actual el Raspberry Pi 3 B. El primer Raspberry Pi, modelo 1, tuvo varias versiones, A, B y B+, siendo el más habitual el B. Las versiones 2 y 3 solo tuvieron versión “B”.

Describiendo los modelos:

#### 1. modelo raspberry pi 1:

“el modelo 1 tiene un soc broadcom bcm2835, chip gráfico videocore iv y procesador arm11 arm1176jzf-s de un núcleo a 700mhz, aunque podía hacerse overclock hasta 1000 MHz. El modelo A cuenta con 256Mb de SDRAM, 1 puerto USB, y carece de conectividad Ethernet. El modelo B cuenta con 512Mb, 2 puertos USB, y añade un puerto Ethernet. Por su parte, el modelo B+ amplía a 4 los puertos USB, y cambia la tarjeta SD por una microSD. Todos los modelos 1 contienen salidas de video RCA, HDMI, y DSI para un panel LCD. Como salidas de audio tienen un conector Jack de 3.5mm y salida por el HDMI. Como dispositivos electrónicos, uno de los aspectos más interesantes y diferenciadores de Raspberry Pi, todos los modelos disponen de 8 x GPIO, SPI, I<sup>2</sup>C y UART.” (Llamas, 2018).

#### 2. El Raspberry Pi 2 B fue una versión actualizada del Raspberry Pi B cuyo principal cambio fue una potencia de cálculo muy superior. Monta un SOC

Broadcom BCM2836, un procesador ARM Cortex A7 de cuatro núcleos a 900 MHz y 1Gb de SDRAM. Se mantienen el chip gráfico VideoCore IV. El Raspberry Pi 2 cuenta con 4 puertos USB, puerto Ethernet 10/100 Mb. La tarjeta de memoria es Micro SD. El número de pines GPIO se amplía a 17, manteniendo las funciones SPI, I<sup>2</sup>C y UART. (Llamas, 2018)

3. El Raspberry Pi 3 B buscaba principalmente un cambio de conectividad, ya que la principal novedad fue la inclusión de Bluetooth 4.1 y Wifi 802.11n. La potencia se amplía con un SOC Broadcom BCM2837, y un procesador ARMv8 de cuatro núcleos a 1.2GHz de 64 bits. Se mantiene el chip gráfico VideoCore IV, 1Gb de SDRAM, puerto Ethernet, 4 puertos USB y 17 GPIO con funciones SPI, I<sup>2</sup>C y UART. (Llamas, 2018).

Por otra parte, tenemos la familia Raspberry Pi Zero, una serie de modelos de muy pequeño tamaño y bajo coste, que los hacen interesantes para integración en dispositivos e IoT.

4. El Raspberry Pi Zero tiene, a grandes rasgos, la misma potencia que un Raspberry Pi 1 B, en un tamaño muy inferior. Al igual que el Raspberry Pi 1 B, el Raspberry Pi Zero monta el SOC Broadcom BCM2835, procesador ARM1176JZF-S a 1Ghz, y cuenta con 512Mb de SDRAM. Dado el pequeño tamaño, prescinde del puerto de Ethernet y el conector DSI, y cuenta únicamente con un puerto Micro USB. Mantiene, sin embargo, las funciones electrónicas GPIO, SPI, I<sup>2</sup>C y UART. (Llamas, 2018).
5. Una actualización del Raspberry Pi Zero original que añade Bluetooth 4.1 y Wifi 802.11n, manteniendo el resto de características.

## Ilustración 101

### Comparativa de Modelos de Raspberry pi

| Modelo      | Raspberry Pi 1 B+ | Raspberry Pi 2 B | Raspberry Pi 3 B  | Raspberry Pi Zero | Raspberry Pi Zero W |
|-------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Fecha       | 2012 Feb 15       | 2015 Feb 1       | 2016 Feb 29       | 2015 Nov 30       | 2017 Feb 28         |
| Precio      | 30                | 35               | 35                | 5                 | 10                  |
| SOC         | Broadcom BCM2835  | Broadcom BCM2836 | Broadcom BCM2837  | Broadcom BCM2835  | Broadcom BCM2835    |
| Core        | ARM1176jZFS       | Cortex-A7        | Cortex-A53 64-bit | ARM1176jZFS       | ARM1176jZFS         |
| N° Cores    | 1                 | 4                | 4                 | 1                 | 1                   |
| GPU         | VideoCore IV      |                  |                   |                   |                     |
| CPU Clock   | 700 MHz           | 900 MHz          | 1.2 GHz           | 1 GHz             | 1 GHz               |
| RAM         | 512 MB            | 1 GB             | 1 GB              | 512 MB            | 512 MB              |
| Memoria     | Micro SD          | Micro SD         | Micro SD          | Micro SD          | Micro SD            |
| USB         | 2                 | 4                | 4                 | 1 microUSB        | 1 microUSB          |
| Ethernet    | Si                | Si               | Si                | No                | No                  |
| Wi-Fi       | No                | No               | Si                | No                | Si                  |
| Bluetooth   | No                | No               | Si                | No                | Si                  |
| HDMI        | Si                | Si               | Si                | Mini              | Mini                |
| GPIO        | 8                 | 17               | 17                | 17                | 17                  |
| UART        | Si                | Si               | Si                | Si                | Si                  |
| SPI         | Si                | Si               | Si                | Si                | Si                  |
| I2C         | Si                | Si               | Si                | Si                | Si                  |
| DSI (LCD)   | Si                | Si               | Si                | No                | No                  |
| Camara      | Si                | Si               | Si                | Si                | Si                  |
| Altura      | 85.6 mm           | 85.6 mm          | 85.6 mm           | 65 mm             | 65 mm               |
| Ancho       | 53.98 mm          | 56.5 mm          | 56.5 mm           | 30 mm             | 30 mm               |
| Profundidad | 17 mm             | 17 mm            | 17 mm             | 5 mm              | 5 mm                |
| Peso        | 45 g              | 45 g             | 45 g              | 9 g               | 9 g                 |
| Consumo     | 700 mA            | 820 mA           | 1400 mA           | 350 mA            | 350 mA              |

*Nota.* Tabla comparativa 2018, Tomada de (<https://www.luisllamas.es/?s=Raspberry>) CC BY 2.0

Teniendo en cuenta las características descritas anteriormente, aparecen las placas y miniordenadores que se analizaron para realizar diferentes pruebas de configuración y desempeño. Las usadas en este proyecto fueron las que mejor se acomodaron a las especificaciones de este. Claramente se escogió la raspberry pi Zero w por su tamaño y conectividad. (**Ilustración 101**).

## 11 Prototipo final

El resultado final se muestra en las siguientes imágenes, se aprecia en conjunto cada elemento anclado al chasis y conectado según el esquema del diagrama general, (**Ilustración 102**).

### Ilustración 102

*Vista Trasera del Prototipo*



### Ilustración 103

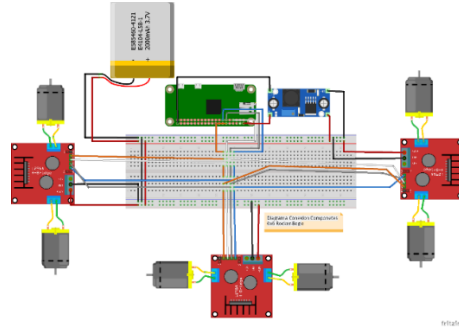
*Vista Lateral del Prototipo*



## 11.1 Diagrama conexionado general

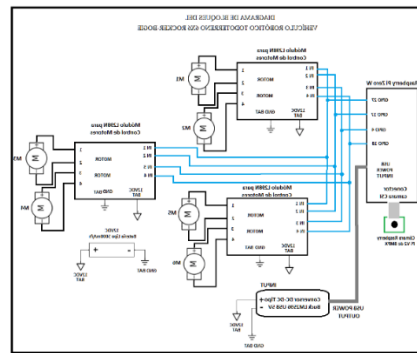
### Circuito 6

Diagrama General



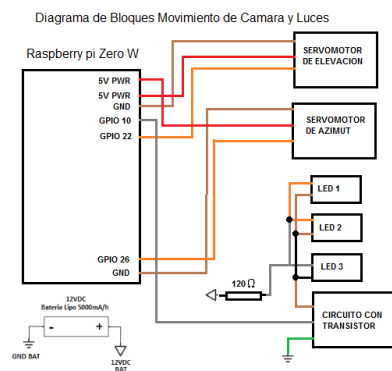
### Circuito 7

Diagrama Bloques del Prototipo



### Circuito 8

Diagrama Bloques de las Luces y Cámara



Se observa la conexión de los moto reductores, los módulos L298N, la fuente de alimentación con el mini computador utilizado. Es importante resaltar que la Protoboard está solo de muestra, ya que en la implementación del vehículo se diseñó una PCB para las conexiones múltiples de alimentación y señales de control de la raspberry pi.

Se muestra el diagrama de bloques de la conexión de los servomotores que dan movimiento en elevación y azimut a la cámara, y las luces del vehículo. Los servomotores están conectados a los pines Gpio 22 y 26 de la raspberry pi, y el control de las luces está conectado al Gpio 10 del mini ordenador.

Lo importante a resaltar es la conexión de la cámara en el conector CSI de la raspberry pi Zero W.

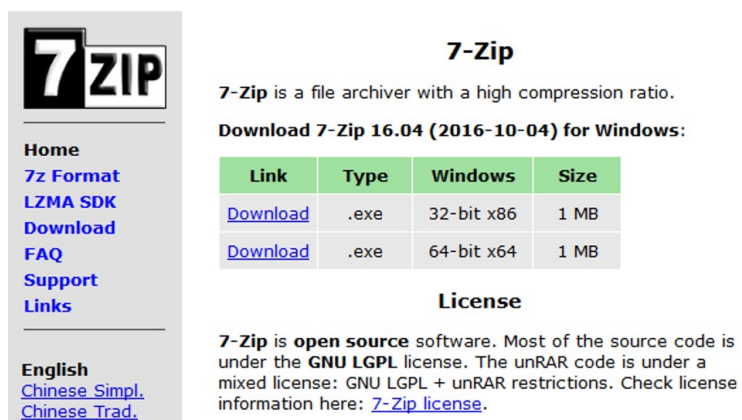
## 12 Software adicional

En la construcción de los diagramas y demás elementos de producción propia, fue usado Software esencial de tipo Open Source, licencia para estudiantes o Freeware, este será relacionado a continuación con el único fin de ser usado como herramienta. (7-zip, 2018), (**Ilustración 104**).

### 12.1 7zip

#### Ilustración 104

7-zip



**7-Zip**

7-Zip is a file archiver with a high compression ratio.

**Download 7-Zip 16.04 (2016-10-04) for Windows:**

| Link                     | Type | Windows    | Size |
|--------------------------|------|------------|------|
| <a href="#">Download</a> | .exe | 32-bit x86 | 1 MB |
| <a href="#">Download</a> | .exe | 64-bit x64 | 1 MB |

**License**

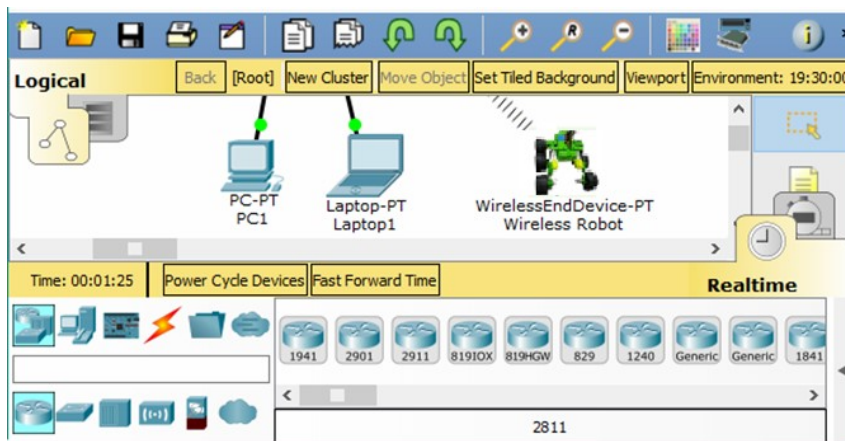
7-Zip is **open source** software. Most of the source code is under the **GNU LGPL** license. The unRAR code is under a mixed license: GNU LGPL + unRAR restrictions. Check license information here: [7-Zip license](#).

Nota. Zip.org, 2018, Tomado de ( <https://www.7-zip.org/> ) CC BY 2.0

## 12.2 Cisco packet tracer

### Ilustración 105

*Cisco Packet Tracer*



Usado para la elaboración y prueba lógica del diseño inicial y topología de redes, permite simular un entorno y conectividad deseados (Academy, 2018 ), (Ilustración 105).

## 12.3 Etcher

### Ilustración 106

*Etcher-Utilidad para Escribir Archivo de Imágenes*



Nota. Flash Etcher, 2018, Tomada de ( <https://www.balena.io/etcher/>) CC BY 2.0

Una de las mejores herramientas para compilar Os en tarjetas SD. Flashes 50% más rápidos, escritura simultánea para múltiples unidades, es multiplataforma. (balena.io, 2018), (**Ilustración 106**).

## 12.4 Fritzing

### Ilustración 107

*Diseño de Circuitos y Esquemáticos*



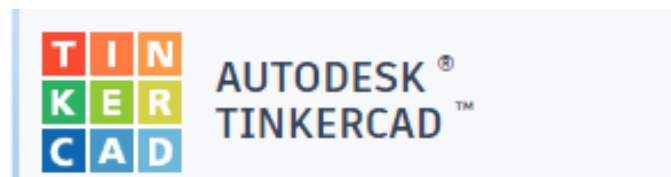
*Nota.* Circuito esquema, 2018, Tomado de ( <http://fritzing.org> ) CC BY 2.0

“Fritzing is an open-source hardware initiative that makes electronics accessible as a creative material for anyone. We offer a software tool, a community website and services in the spirit of Processing and Arduino, fostering a creative ecosystem that allows users to document their prototypes, share them with others, teach electronics in a classroom, and layout and manufacture professional pcbs”. (fritzing, 2018), (**Ilustración 107**).

## 12.5 Tinkercad

### Ilustración 108

*Tinkercad*



*Nota.* Tinkercad, 2018, Tomado de ( [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com) ) CC BY 2.0



Es un software gratuito online creado por la empresa Autodesk, una de las empresas punteras en el software de diseño 3D, con esta herramienta fue posible la modificación y creación de lagunas piezas para el vehículo, (**Ilustración 108**).

## 12.6 Mozilla firefox

### Ilustración 109

*Navegador y Editor Web*



*Nota.* Navegador Web, 2018, Tomado de ( [www.mozilla.org](http://www.mozilla.org) ) CC BY 2.0

En este navegador, (**Ilustración 109**) se probó la interfaz responsiva, también con la tecla F12 activa el modo de depuración, esto es muy útil para verificar el código HTML, css y JavaScript de la aplicación.

## 12.7 Navegador chrome

### Ilustración 110

*Navegador Web Chrome*



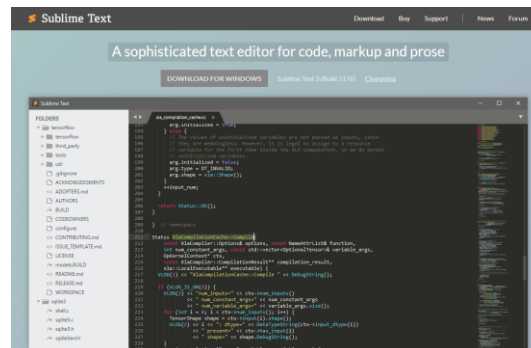
*Nota.* Chrome Navegador, 2018, Tomado de ( [www.google.com/chrome/](http://www.google.com/chrome/) ) CC BY 2.0

Otro navegador, es necesario testear la interfaz WEB para constatar la compatibilidad entre diferentes navegadores, (**Ilustración 110**).

## 12.8 Editor de código y texto sublime text

### Ilustración 111

*Editor de Texto y Código*



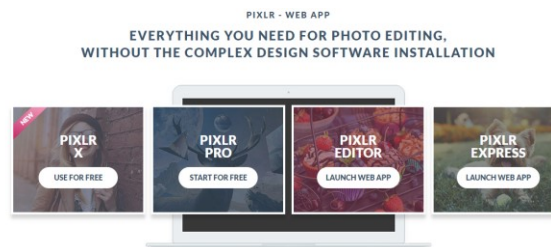
*Nota.* Sublime Editor, 2018 Tomado de ( [www.sublimetext.com](http://www.sublimetext.com) ) CC BY 2.0

Sublime Text es un editor de texto y editor de código fuente está escrito en C++ y Python, muy gráfico, es útil a la hora de seleccionar el lenguaje en el cual se está programando. Otorga una ayuda visual y formatea por colores facilitando la escritura de código. (sublimetext, 2018), (**Ilustración 111**).

## 12.9 Pixlr.com

### Ilustración 112

*Editor Fotográfico*



*Nota.* Editor de fotos, 2018, Tomado de ( <https://pixlr.com> ) CC BY 2.0

Pixlr es una herramienta de edición de imágenes online y gratuita, que puede utilizarse desde cualquier navegador que disponga de la tecnología Flash. Además cuenta con aplicaciones para iOS y Android lo que permite utilizarla desde prácticamente cualquier dispositivo. Editor fotográfico para Windows, permite realizar recortes, cambio de color y demás retoques necesarios a la hora de poner a punto las imágenes expuestas en este documento. (sinlios, 2013), (**Ilustración 112**).

## 12.10 Putty

### Ilustración 113

#### *Consola Remota*



#### Download PuTTY

PuTTY is an SSH and telnet client, developed originally by Simon Tatham for the Windows platform. PuTTY is open source software that is available with source code and is developed and supported by a group of volunteers.

You can download PuTTY [here](http://www.putty.org/).

*Nota.* Putty Platform, 2018, Tomado de ( <http://www.putty.org/> ) CC BY 2.0

Putty, (**Ilustración 113**) es una aplicación para Windows que permite establecer sesiones remotas en servidores, este software puede descargarse fácilmente desde internet con una búsqueda rápida en Google.

### 13 Conclusiones

Para finalizar, se exponen los resultados que se obtuvieron durante el desarrollo y puesta en marcha del robot para esta fase.

Se logró implementar y construir la suspensión tipo Rocker-Bogie en el vehículo, gracias a la implementación de la red WLAN mediante wifi se transmitieron las variables de control y video del Rover.

Se lograron implementar satisfactoriamente 03 módulos L298N para el control de los moto reductores, se incorporaron 02 servomotores para el movimiento de la cámara, todos estos elementos de hardware se obtuvieron por un bajo costo y se lograron controlar mediante bibliotecas de software libre.

Gracias a este diseño basado en Open Source y Open Code, puede servir para futuras implementaciones y no poner una barrera a la hora de ser usado en nuevos desafíos, partiendo que va a ser utilizado en este semillero para las fases que faltan. Cabe mencionar que se puede usar sin restricciones en otros proyectos.

Uno de los logros más importante fue la incorporación de video *streaming* en vivo mediante la aplicación MJPG-Streamer, que permitió darle capacidades más avanzadas al vehículo. se logró desarrollar la interfaz web intuitiva para el control del vehículo.

La comunicación de la raspberry pi Zero w con los sensores y dispositivos de control se logró a través de la biblioteca pigpio de node.js, la cual permitió un acceso rápido a los pines de entrada y salida, a los módulos PWM y servomotores del mini pc.

En el mercado se encuentran diferentes mini ordenadores, entre los que se encuentran Raspberry Pi y Orange Pi, de los cuales se realizaron análisis de características para encontrar la más apropiada para el proyecto. La placa Orange Pi en cuanto a hardware es un poco superior en algunas versiones a la raspberry pi, por lo cual la velocidad de procesamiento sería mayor. Esta placa carece de soporte, esto es crucial a la hora de hacer desarrollos en cualquier proyecto, ya que ayuda en la solución de problemas, el proceso de

instalación y ejecución es más complicado comparado con la raspberry pi. Por estas razones la placa Orange Pi fue descartada para este proyecto.

La Raspberry Pi, altamente está posicionada en el mercado gracias que posee una comunidad virtual que constantemente comparte información referente al uso de este mini ordenador, además de un amplio soporte. En las pruebas de campo que se realizaron con la raspberry pi funciono correctamente, Pi se usó sin generar demoras a la hora de implementar, programar y desarrollar el código, adaptándolo a las necesidades del proyecto sin generar traumatismos o problemas. Es importante destacar que no fue necesario el uso de placas adicionales como Arduino, ya que la raspberry posee grandes bibliotecas para el uso de los puertos GPIO y además es compatible con lenguajes de programación como JavaScript y Node.js que fueron de gran utilidad en el proyecto final.

Debido a la complicada situación actual y restricciones de movilidad y transporte no se pudo recibir la lámpara UV importada desde EEUU la cual teóricamente mide 20 cm de largo x 4 Cm de Ancho x 5 cm de alto, así que no pudimos desarrollar los anclajes necesarios en el robot para la misma, continuando a la espera del producto y poder realizar las pruebas en campo. De momento presentamos el robot con todo el sistema de movilidad, video, sensorica y control para su evaluación.

## 14 Referencias

- 7-zip. (2018, 10 23). *file archiver with a high compression ratio*. Retrieved from 7-zip: <https://www.7-zip.org/>
- Academy, C. N. (2018 , 10 3). *netacad*. Retrieved from Cisco: <https://www.netacad.com/es>
- Alex Corvis84. (2018, 10 02). *Video Streaming Live! con Raspberry Pi y Playstation Eye Toy*. Retrieved from geekytheory.com: <https://geekytheory.com>
- Ávaro Javier Viloría Luna, C. A. (2015). *unicordoba.edu.co*. Retrieved 07 29, 2018, from Contrucción de un Robot Explorador con Arduino para los Mienbros del Cuerpo de Bomberos de Monteria-Córdoba:  
<http://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/123456789/286/trabajo%20de%20grado%20final%202015fficce2003.pdf?sequence=1>
- Askubuntu. (2014, 09 31). *comandos linux*. Retrieved from askubuntu.com: <https://www.askubuntu.com>
- Avilés O., R. O. (2018). Simulation of a Mobile Manipulator on Webots. *International Journal of Online Engineering*, 14(2). doi:<https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i02.7789>
- Aymemí, P. R. (2016). *Textos Clásicos y Geometría Dinámica: estudio de un aporte mutuo para el aprendizaje de la geometría* . Retrieved from <http://edumat.uab.cat/EC-2009-01-AR-05.pdf>
- balena.io. (2018, 09 5). *Etcher*. Retrieved from balena: <https://www.balena.io>
- Baron, A. (2017, 09 19). *noticias.coches*. Retrieved 07 18, 2019, from Tipos de suspensiones: ventajas y desventajas: <https://noticias.coches.com/consejos/tipos-de-suspensiones-ventajas-y-desventajas/154515>
- bq. (2016). *PLA filamento de 1.75mm*. Retrieved from bq.com: <https://www.bq.com/es/pla>
- Cases, E. F. (2015, 02 04). *Apache HTTP Server*. Retrieved from <http://www.ibrugor.com>
- Corredor, L. P.-N. (2012, 05 15). *Biblioteca Uniersidad de Buenaventura*. Retrieved from biblioteca.usbbog: <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/72414.pdf>
- Cypress Embedd In Tomorrow. (2017, May 11). *cypress.com*. Retrieved from Single-Chip IEEE 802.11ac b/g/n MAC/Baseband/Radio with Integrated Bluetooth 4.1 and FM Receiver: <http://www.cypress.com/file/298076/download>
- dyadica.co.uk. (2014, 3 2). *Basic Differential aka Tank Drive*. Retrieved from <http://www.dyadica.co.uk>
- educoteca. (n.d.). *Educoteca.com*. Retrieved from Educación y Tecnología: <http://www.educoteca.com/tinkercad.html>

- Electronilab. (2016, 04 2). *Cámara para Raspberry Pi v2 – 8 Megapíxeles*. Retrieved from Ingeniería y Diseño Electronico: <https://electronilab.co/tienda/camara-para-raspberry-pi-v2-8-mpx/>
- Electronilab. (2016, 05 23). *Cargador/Balaceador iMAX B6 Digital RC de Baterías Lipo NiMH*. Retrieved from <https://electronilab.co/tienda/cargadorbalanceador-imax-b6-digital-rc-de-baterias-lipo-nimh/>
- Elinux.org. (2018, 11 2). *RPi Low-level peripherals*. Retrieved from elinux.org: <https://elinux.org>
- Fritzing. (2018, 09 6). <http://fritzing.org>. Retrieved from Electronics made easy: <http://fritzing.org/home/>
- Geeetech. (2015). *Acrylic Geeetech Prusa I3 pro B 3D Printer DIY kit*. Retrieved from <https://www.geeetech.com/acrylic-geeetech-prusa-i3-pro-b-3d-printer-diy-kit-p-917.html?zenid=45fib733huvj9m31vhdkflc452>
- Instituto de Monterey. (2016, 3 8). *El teorema de Pitágoras*. Retrieved from [https://www.montereyinstitute.org/courses/DevelopmentalMath/TextGroup-1-8\\_Resource/U07\\_L1\\_T4\\_text\\_final\\_es.html](https://www.montereyinstitute.org/courses/DevelopmentalMath/TextGroup-1-8_Resource/U07_L1_T4_text_final_es.html)
- Jacksonliam. (2018, 10 18). *mjpg-streamer*. Retrieved from github.com: <https://github.com/jacksonliam/mjpg-streamer>
- Jonious. (2018, 8 8). *Configurando una Raspberry pi Zero w*. Retrieved from Internetdelasosas.c: [/www.internetdelasosas.cl](http://www.internetdelasosas.cl)
- Larkin, M. (2017, 01 03). *Martian Rover*. Retrieved from thingiverse.com: <https://www.thingiverse.com/repbaza/about>
- Lee-Delisle, S. (2011, 05). *Multi-touch game controller in JavaScript/html5 for iPad*. Retrieved from Seb.ly: <http://seb.ly/2011/04/multi-touch-game-controller-in-javascripthtml5-for-ipad/>
- Llamas, L. (2018, 02 20). *Modelos de Raspberry PI*. Retrieved from luisllamas.es: <https://www.luisllamas.es>
- Lopez, G. A.-C. (2011). Analisis y Disno Mecanico de un Robot de Exploración Rocker-Bogie. *TECIKE*, 1-6.
- Max.K. (2017, 02 15). *ZeroBot - Raspberry Pi Zero FPV Robot*. Retrieved from Instrucciones Generales: <https://hackaday.io/project/25092/logs>
- MDN Web Docs. (2015, 05 26). *developer.mozilla.org*. Retrieved from JavaScript: [https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Acerca\\_de\\_JavaScript](https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Acerca_de_JavaScript)
- MDN web docs. (2018, 09 19). *Introducción a Express/Node*. Retrieved from developer.mozilla.org: <https://developer.mozilla.org>

- miguelgrinberg. (2013, 05 25). *Transmita videos desde la cámara Raspberry Pi a los navegadores web, incluso en iOS y Android*. Retrieved from miguelgrinberg.com: <https://blog.miguelgrinberg.com>
- Mouser. (2018, 07 20). *NPN Silicon Transistor*. Retrieved from mouser.com: <https://co.mouser.com>
- netconsulting. (2015, sep 30). *Node.js: ¿Qué es y para que sirve NodeJS?* Retrieved from Blog de NetConsulting: <https://www.netconsulting.es/blog/nodejs/>
- Npm Enterprise. (2018, 07 25). *Pigpio*. Retrieved from Npm: <https://www.npmjs.com/package/pigpio>
- NPM,Inc. (2018, 10 15). *pigpio*. Retrieved from npmjs: <https://www.npmjs.com>
- Promotec. (2018, 10 29). *El Módulo Controlador de Motores L298N*. Retrieved from prometec.net: <https://www.promotec.net>
- raspberrypi. (2017, 09 20). *Raspberry Pi Zero W*. Retrieved from Especificaciones técnicas: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero-w/>
- sinlios. (2013, 05 24). *Editor de Imágenes Online*. Retrieved from PIXLR: <https://sinlios.com>
- STMicroelectronics. (2018, 09 15). *L298N Datasheet*. Retrieved from Electronic Components Datasheet Search: <http://www.alldatasheet.com/>
- sublimetext. (2018, 08 16). *sublimetext.com*. Retrieved from Editor de Texto y Código: <https://www.sublimetext.com/>
- Super Robotica. (2018, 07 31). *Separador Metalico*. Retrieved from Robotica Facil: <http://www.superrobotica.com/hardware.htm>
- TheMagPi Magazine. (2017). *raspberrypi.org*. Retrieved from Maravilla Inalámbrica: El Nuevo Diseño de la Antena Pi Zero W: <https://www.raspberrypi.org/magpi/pi-zero-w-wireless-antenna-design/>
- tinkercad. (2018, 09 6). *AutoDesk Tinkercad*. Retrieved from Diseño 3D: [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com)
- Ultimaker. (2018, 03 16). *Software Ultimaker Cura*. Retrieved from Ultimaker Cura 3.4.1: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>
- Vistronica. (2016, 06 05). *Módulo L298N para Control de Motores*. Retrieved from Tienda virtual de }electronica: <https://www.vistronica.com/robotica/modulo-l298n-para-control-de-motores-detail.html>
- Vistronica. (2017, 10 6). *Conversor DC-DC tipo Buck KIS3R33S 5V/3A*. Retrieved from Tienda Virtual de Electronica: <https://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/conversores-dc-dc/conversor-dc-dc-tipo-buck-kis3r33s-5v-3a-detail.html>
- Wikipedia. (2018, jul 8). *Rótula*. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Ball\\_joint](https://en.wikipedia.org/wiki/Ball_joint)
- wikipedia.org. (2018, ago 2). *Wikipedia*. Retrieved from Tornillos, Arandelas: <https://es.wikipedia.org>
- Zequer. (2017, 05 20). *zequer.com*. Retrieved from Robots de Vigilancia y Seguridad Para Hogares:



¿Son Efectivos?: <http://blog.zequer.com/robots-de-vigilancia-y-seguridad-para-hogares/>

Vermund S H, Acuña G. (2005; 22). Descontaminación col Radiación UV. *Revistas Regionales de Medicina y Salud Pública:Una mirada al futuro a propósito de la indización de Revista Chilena de Infectología.*, 15-19.

Rutala W, Weber D.MD (31 de 10 de 2010). *Room Descotamination with UV Radiation*. Obtenido de <http://tru-d.com/wp-content/uploads/2015/02/Room-Decontamination-with-UV-Radiation.pdf>

Fleming, M.(1 de 02 de 2018). *ScienceDirect*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196655317311021>

David J Weber, H. K. (29 de 08 de 2016). *PubMedic.gov. National Library of Medicine*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27257798/>

Yui,, A. (16 de 08 de 2017). *Pub Med.gov.Comparison of two whole-room ultraviolet irradiation systems for enhanced disinfection of contaminated hospital*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28823547/>

John M Boyce, C. D. (18 de 06 de 2019). *PubMed.gov.: Understanding ultraviolet light surface decontamination in hospital rooms: A primer*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31210119/>