

DESARROLLO DE PROTOTIPO DE ILUMINACIÓN Y VIGILANCIA ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Andrés Felipe Castillo Pérez

Bryan Caro Monsalve

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:

Fredy Rolando García Bello

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NOVIEMBRE, 2019

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ÁREA DE ÉNFASIS: CONTROL Y AUTOMATISMOS INDUSTRIALES

**DESARROLLO DE PROTOTIPO DE ILUMINACIÓN Y
VIGILANCIA ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA.**

Andrés Felipe Castillo Pérez

Bryan Caro Monsalve

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:

Fredy Rolando García Bello

NOTA DE SALVEDAD

Según el artículo 37 del 14 de diciembre de 1989 del acuerdo 017, "La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia".

AGRADECIMIENTOS

Les damos gracias a nuestros familiares por habernos guiado a lo largo de nuestra carrera, por apoyarnos en todo momento y por habernos dado la oportunidad de tener una excelente educación.

A Fredy Rolando Garcia, director del proyecto, por orientarnos y apoyarnos durante todo el desarrollo del proyecto.

A cada uno de los ingenieros y docentes que hicieron parte de nuestro proceso de aprendizaje en el transcurso del pregrado y gracias a los cuales hoy en día somos seres humanos más íntegros.

A la facultad de Ingeniería de la Universidad El Bosque, por darnos la oportunidad de ser parte de tan respetable institución educativa.

A nuestros compañeros y amigos pertenecientes a la comunidad educativa de la universidad, por haber hecho parte de esta grandiosa etapa de formación profesional y personal.

RESUMEN

El siguiente trabajo de grado, se realizó con el fin de suministrar un sistema de vigilancia totalmente alimentado con energía solar fotovoltaica a la finca Los Mangos ubicada en Guayabal de Siquima. Durante el desarrollo del proyecto, se realizó el diseño del sistema teniendo en cuenta los requerimientos fundamentales y los objetivos propuestos para el correcto funcionamiento de este. El sistema completo está compuesto por siete (7) subsistemas integrados entre sí, que bajo un diseño detallado logran trabajar en completa armonía en función de garantizar un resultado óptimo y de calidad para el usuario final. Mediante la realización de pruebas y posterior implementación de todos los subsistemas requeridos, se logró un sistema integrado con alto nivel de eficiencia y que cumple con los objetivos esperados por el grupo de interés del sistema.

Palabras clave: energía solar fotovoltaica, vigilancia, energía solar.

ABSTRACT

The following degree work, has been made in order to provide a surveillance system fully fed with photovoltaic solar energy for Los Mangos farm, located in Guayabal de Siquima. During the development of the project, the design of the system was carried out taking into account the fundamental requirements and the proposed objectives for the correct functioning of the system. The full system consists of seven (7) subsystems integrated with each other, which under a detailed design, manage to work in complete harmony in order to guarantee an optimal and quality result for the final user. By making out tests and subsequent implementation of all the required systems, an integrated system was achieved with high level of efficiency that accomplish the objectives expected by the system's interest group.

Key words: photovoltaic solar energy, surveillance, solar energy

Tabla de Contenidos

1	Introducción.....	22
2	Definición del problema	22
2.1	Contexto	22
2.2	Manifestación.....	23
2.3	Causas	23
2.4	Efectos.....	23
2.5	Aspectos a solucionar	23
2.6	Justificación del proyecto	24
2.7	Propuesta de solución	24
3	Estado del arte	24
3.1	Bases teóricas	24
3.1.1	<i>Energía eléctrica.....</i>	<i>24</i>
3.1.2	<i>Radiación Solar</i>	<i>24</i>
3.1.3	<i>Radiación solar en Colombia.....</i>	<i>26</i>
3.1.4	<i>Guayabal de Siquima</i>	<i>29</i>
3.1.5	<i>Paneles solares</i>	<i>30</i>
a)	<i>Tipos de paneles solares</i>	<i>31</i>
b)	<i>Datos técnicos para escoger un panel solar</i>	<i>31</i>
c)	<i>Ubicación, orientación e inclinación del panel</i>	<i>33</i>
3.1.6	<i>Baterías.....</i>	<i>34</i>
a)	<i>Tipos de baterías:</i>	<i>35</i>
b)	<i>Calculo y selección de baterías:</i>	<i>35</i>
3.1.7	<i>Regulador.....</i>	<i>36</i>
a)	<i>Calculo y selección de regulador:</i>	<i>36</i>
3.1.8	<i>IoT.....</i>	<i>37</i>
3.1.9	<i>Luminarias y lámparas</i>	<i>37</i>
a)	<i>Luminarias.....</i>	<i>37</i>
b)	<i>Lámparas</i>	<i>38</i>
c)	<i>Cálculos para selección de luminarias</i>	<i>39</i>
3.1.10	<i>Circuito cerrado de televisión.....</i>	<i>40</i>
a)	<i>Cámaras.....</i>	<i>40</i>
b)	<i>Grabador.....</i>	<i>41</i>
3.1.11	<i>Motores.....</i>	<i>41</i>

a)	<i>Motores eléctricos</i>	41
b)	<i>Motores paso a paso</i>	41
3.2	<i>Tecnología</i>	42
3.2.1	<i>Tecnología IoT</i>	42
a)	<i>Arduino Uno</i>	42
b)	<i>Raspberry PI 3B+</i>	43
c)	<i>NodeMCU v3</i>	43
3.2.2	<i>Paneles solares</i>	44
a)	<i>Panel Solar 330W 24V policristalino Bauer</i>	44
b)	<i>Panel Solar 200W 12V Policristalino Bauer</i>	45
c)	<i>Panel Solar 150W 12V Policristalino SHS</i>	45
3.2.3	<i>Lámparas LED</i>	46
a)	<i>Lámpara LED 20W Excelite recargable</i>	46
b)	<i>Lámpara LED 50W Sparkled</i>	47
c)	<i>Lámpara LED 100W Bester</i>	47
3.2.4	<i>Baterías</i>	48
a)	<i>Batería de GEL 12V</i>	48
b)	<i>Batería estacionaria 12V</i>	49
c)	<i>Batería de litio 12V</i>	49
3.2.5	<i>Cámaras</i>	49
a)	<i>Cámara RCH-B10824</i>	50
b)	<i>Cámara RCH-B10824-2</i>	50
c)	<i>Cámara RCH-B10842V</i>	51
3.2.6	<i>Grabador (DVR)</i>	52
a)	<i>DVR RDH-41108AE</i>	52
b)	<i>DVR RDH-84108AE</i>	53
c)	<i>DVR RDH-84108AH</i>	54
3.2.7	<i>Aplicaciones o software de interfaz para control de Arduino</i>	54
a)	<i>Blynk</i>	55
b)	<i>Ubidots</i>	55
c)	<i>ThingSpeak</i>	55
3.2.8	<i>Módulos GPRS</i>	55
a)	<i>Modulo GSM/GPRS SIM800</i>	56
b)	<i>Modulo GSM/GPRS SIM800L</i>	56

c)	<i>Modulo GSM/GPRS SIM900.....</i>	<i>57</i>
3.2.9	<i>Motores paso a paso.....</i>	<i>57</i>
a)	<i>Motor paso a paso hibrido Nema 23 9Kg-cm</i>	<i>58</i>
b)	<i>Motor paso a paso Wan Tai Stepper Motor 9Kg-cm.....</i>	<i>58</i>
c)	<i>Motor paso a paso NEMA 23-size 14Kg-cm.....</i>	<i>59</i>
3.2.10	<i>Reguladores.....</i>	<i>59</i>
a)	<i>Regulador 12V/24V 20A PWM Must Solar.....</i>	<i>59</i>
b)	<i>Regulador 12V/24V 30A PWM Must Solar.....</i>	<i>60</i>
c)	<i>Regulador 12V/24V 30A PWM Blue Solar LCD USB Victron.....</i>	<i>60</i>
4	<i>Glosario de términos</i>	<i>61</i>
5	<i>Objetivos:</i>	<i>62</i>
5.1	<i>General</i>	<i>62</i>
5.2	<i>Específicos</i>	<i>62</i>
6	<i>Requerimientos</i>	<i>63</i>
6.1	<i>Funcionales.....</i>	<i>63</i>
6.2	<i>De calidad</i>	<i>63</i>
6.3	<i>Restringidos.....</i>	<i>64</i>
7	<i>Diseño Funcional</i>	<i>64</i>
7.1	<i>Primera propuesta de solución</i>	<i>64</i>
7.1.1	<i>Entradas.....</i>	<i>65</i>
7.1.2	<i>Salidas</i>	<i>65</i>
7.1.3	<i>Funciones de cada caja</i>	<i>65</i>
7.2	<i>Segunda propuesta de solución</i>	<i>66</i>
7.2.1	<i>Entradas.....</i>	<i>66</i>
7.2.2	<i>Salidas</i>	<i>66</i>
7.2.3	<i>Funciones de cada caja</i>	<i>67</i>
7.3	<i>Selección de alternativa</i>	<i>67</i>
8	<i>Diseño detallado</i>	<i>68</i>
8.1	<i>Requerimientos de subsistemas</i>	<i>68</i>
8.1.1	<i>Requerimientos Subsistema A.</i>	<i>69</i>
a)	<i>Entradas.....</i>	<i>69</i>
b)	<i>Salidas</i>	<i>69</i>
c)	<i>Requerimientos</i>	<i>69</i>
8.1.2	<i>Requerimiento Subsistema B</i>	<i>69</i>

a)	<i>Entradas.....</i>	<i>70</i>
b)	<i>Salidas</i>	<i>70</i>
c)	<i>Requerimientos</i>	<i>70</i>
8.1.3	<i>Requerimiento Subsistema C</i>	<i>70</i>
a)	<i>Entradas.....</i>	<i>70</i>
b)	<i>Salidas</i>	<i>70</i>
c)	<i>Requerimientos</i>	<i>71</i>
8.1.4	<i>Requerimientos Subsistema D.....</i>	<i>71</i>
a)	<i>Entradas.....</i>	<i>71</i>
b)	<i>Salidas</i>	<i>71</i>
c)	<i>Requerimientos</i>	<i>72</i>
8.1.5	<i>Requerimientos Subsistema E.</i>	<i>72</i>
a)	<i>Entradas.....</i>	<i>72</i>
b)	<i>Salidas</i>	<i>72</i>
c)	<i>Requerimientos</i>	<i>72</i>
8.1.6	<i>Requerimientos Subsistema F.</i>	<i>73</i>
a)	<i>Entradas.....</i>	<i>73</i>
b)	<i>Salidas</i>	<i>73</i>
c)	<i>Requerimientos</i>	<i>73</i>
8.1.7	<i>Requerimientos Subsistema G.....</i>	<i>73</i>
a)	<i>Entradas.....</i>	<i>74</i>
b)	<i>Salidas</i>	<i>74</i>
c)	<i>Requerimientos</i>	<i>74</i>
8.2	<i>Requerimientos de componentes</i>	<i>74</i>
8.2.1	<i>Requerimientos de componentes del subsistema A.</i>	<i>75</i>
a)	<i>Requerimientos</i>	<i>75</i>
b)	<i>Cálculos.....</i>	<i>75</i>
c)	<i>Selección de componentes</i>	<i>76</i>
8.2.2	<i>Requerimientos de componentes del subsistema B.</i>	<i>77</i>
a)	<i>Requerimientos</i>	<i>77</i>
b)	<i>Cálculos.....</i>	<i>78</i>
c)	<i>Selección de componentes</i>	<i>78</i>
8.2.3	<i>Requerimientos de componentes del subsistema C.</i>	<i>79</i>
a)	<i>Requerimientos</i>	<i>79</i>

b)	Cálculos.....	80
c)	Selección de componentes	80
8.2.4	Requerimientos de componentes del subsistema D.	81
a)	Requerimientos	81
b)	Selección de componentes	81
8.2.5	Requerimientos de componentes del subsistema E.	86
a)	Requerimientos	86
b)	Cálculos.....	87
c)	Selección de componentes	88
8.2.6	Requerimientos de componentes del subsistema F.....	91
a)	Requerimientos	91
b)	Cálculos.....	92
o	M: momento o torque.....	92
o	F: fuerza.....	92
o	D: distancia.	92
c)	Selección de componentes	93
8.2.7	Requerimientos de componentes del subsistema G.	93
a)	Requerimientos	94
b)	Cálculos.....	94
c)	Selección de componentes	96
8.3	Esquemáticos del sistema.....	97
9	Plan de Pruebas del Sistema	98
9.1	Plan de pruebas de componentes.....	98
9.2	Plan de pruebas de subsistemas	107
9.3	Plan de pruebas de integración	111
10	Diseño industrial.....	112
10.1	Contexto	112
10.1.1	Análisis del Contexto.....	114
10.1.2	Casos de uso.	115
a)	Casos de uso típicos	115
b)	Casos de uso atípicos.....	115
10.2	Requerimientos Industriales	118
10.2.1	Requerimientos de uso y función.	118
a)	Requerimientos de uso	118

b)	Requerimientos de función	120
10.2.2	Requerimientos de Producción.	121
a)	De estructura.....	121
b)	Técnico-Productivos.....	123
c)	Legales y normativos.	124
10.2.3	Requerimientos Estéticos y de Identificación.	124
a)	Formales.	124
b)	De identificación.....	125
10.3	Materiales, Procesos y normativas.	125
10.3.1	Materiales.....	126
10.3.2	Procesos.....	130
10.3.3	Normativas.	131
10.4	Planificación de producción.....	131
10.4.1	Alternativas de configuración.....	131
10.4.2	Evaluación y presentación de la alternativa a desarrollar	133
10.4.3	Diseño detallado.....	134
10.4.4	Implementación - Producción	137
10.5	Documentación	142
10.5.1	Modelos bidimensionales.....	142
11	Implementación	143
11.1	Implementación de subsistemas	143
11.1.1	Subsistema A, panel solar	143
11.1.2	Subsistema B, regulador de carga	144
11.1.3	Subsistema C, Batería	145
11.1.4	Subsistema D, Control	146
11.1.5	Subsistema E, circuito cerrado de seguridad (cámaras)	152
11.1.6	Subsistema F, control de movimiento del panel.	154
11.1.7	Subsistema G, iluminación.....	155
11.2	Integración del sistema.....	158
12	Pruebas	160
12.1	Pruebas de componentes	160
12.2	Pruebas de subsistemas	171
12.3	Pruebas de integración	175
13	Ajustes	177

13.1	Subsistema A.	177
13.2	Subsistema D.	178
13.3	Subsistema E.	179
13.4	Subsistema F.	179
13.5	Subsistema G.	180
13.6	Ajustes diseño industrial.....	180
14	Pruebas del Sistema.....	182
15	Manuales	184
15.1	Manual de Usuario.....	184
15.2	Manual de Mantenimiento	184
16	Resultados	184
16.1	Resultados de simulaciones	184
16.2	Resultados de voltaje percibido por el panel.....	186
16.3	Resultados de potencias percibidas por el sistema	187
16.4	Resultados de voltajes percibidos por el sistema	188
17	Discusión	188
18	Conclusiones	189
19	Referencias Documentales	190
20	Anexos	195
20.1	Manual de Usuario.....	195
20.2	Manual De Mantenimiento	198

Lista de Figuras

Figura 1. Componentes de la radiación [6].....	25
Figura 2. Niveles de radiación por regiones en Colombia [7]	27
Figura 3. Radiación solar Bogotá y alrededores [9]	28
Figura 4. Ubicación Guayabal de Siquima, Cundinamarca [10]	28
Figura 5. ubicación geográfica Guayabal de Siquima [12]	29
Figura 6. Esquema de una celda fotovoltaica [15].....	30
Figura 7. Ángulo de panel solar según incidencia de rayos solares.	33
Figura 8. Generación de energía con y sin seguimiento solar.	34
Figura 9. Arduino Uno. [23].....	42
Figura 10. Raspberry PI 3B+ [23]	43
Figura 11. NodeMCU v3. [23]	43
Figura 12. Panel Solar 330W 24V policristalino Bauer. [20]	44
Figura 13. Panel Solar 200W 12V Policristalino Bauer [20]	45
Figura 14. Panel Solar 150W 12V Policristalino SHS. [20]	45
Figura 15. Lámpara LED 20W Excelite.	46
Figura 16. Lámpara LED 50W Sparkled.	47
Figura 17. Lámpara LED 100W Bester.	47
Figura 18. Batería de GEL 12V. [20]	48
Figura 19. Batería estacionaria 12V. [20]	49
Figura 20. Batería de litio 12V. [20]	49
Figura 21. Cámara RCH-B10824. [36].....	50
Figura 22. Cámara RCH-B10824-2. [36].....	50
Figura 23. Cámara RCH-B10842V. [36].....	51
Figura 24. DVR RDH-41108AE. [37]	52
Figura 25. DVR RDH-84108AE. [37]	53
Figura 26. DVR RDH-84108AH. [37].....	54
Figura 27. Modulo GSM/GPRS SIM800. [38]	56
Figura 28. Modulo GSM/GPRS SIM800L. [39]	56
Figura 29. Modulo GSM/GPRS SIM900. [40]	57
Figura 30. Motor paso a paso hibrido Nema 23 9Kg-cm. [41].....	58
Figura 31. Motor paso a paso Wan Tai Stepper Motor 9Kg-cm. [42]	58
Figura 32. Motor paso a paso NEMA 23-size 14Kg-cm. [42]	59
Figura 33. Regulador 12V/24V 20A PWM Must Solar. [20]	59
Figura 34. Regulador 12V/24V 30A PWM Must Solar. [20]	60
Figura 35. Regulador 12V/24V 30A PWM Blue Solar LCD USB Victron. [20]	60
Figura 36. Diagrama de bloques propuesta 1	64
Figura 37. Diagrama de bloques propuesta 2.	66
Figura 38. Comparativo de propuestas de solución.	67
Figura 39. Diagrama de bloques propuesta seleccionada.	68
Figura 40. Subsistema A.	69
Figura 41. Subsistema B	69
Figura 42. Subsistema C	70
Figura 43. Subsistema D	71
Figura 44. Subsistema E	72
Figura 45. Subsistema F.....	73
Figura 46. Subsistema G	73
Figura 47. Subsistema A	75

Figura 48. Componente subsistema B.....	77
Figura 49. Componente subsistema C.....	79
Figura 50. Componente subsistema D	81
Figura 51. Componente subsistema E.	86
Figura 52. Relación lente, ángulo, distancia en cámaras de vigilancia. [44]	87
Figura 53. Diagrama estimado de alcance y ángulo de visión de cámaras.	88
Figura 54. Componente subsistema F.....	91
Figura 55. Componente Subsistema G	94
Figura 56. Esquemático del sistema.	98
Figura 57. Mapa finca Los Mangos.	113
Figura 58. Ubicación del sistema en la propiedad.	114
Figura 59. Porte metálico de chapa MCH - 200 daN. [51]	126
Figura 60. Soporte Tipo Poste Con Adaptador Para Cámaras De Seguridad. [52]	127
Figura 61. Conector aéreo 2 pines. [53]	127
Figura 62. Conector aéreo 6 pines. [54]	128
Figura 63. Cable coaxial RG58A. [55]	129
Figura 64. Conector tipo N. [56]	129
Figura 65. Cable eléctrico #14 blanco Nexans. [57]	130
Figura 66. Boceto de mecanismo móvil diseño 1.....	132
Figura 67. Boceto de estructura independiente diseño 2.....	133
Figura 68. Ubicación del eje central en la estructura.	135
Figura 69. Boceto caja de control.....	135
Figura 70. Boceto caja para baterías.	135
Figura 71. Pantalla ejemplo de aplicativo.	137
Figura 72. Estructura de soporte panel.	138
Figura 73. Caja de control y batería.	138
Figura 74. Ajuste de panel solar a estructura de soporte.	139
Figura 75. Ajuste de panel a estructura borde 1.	139
Figura 76. Ajuste de panel a estructura borde 2.	139
Figura 77. Funcionalidad de eje central 1.....	140
Figura 78. Funcionalidad de eje central 2.....	140
Figura 79. Sellado de caja de control.....	140
Figura 80. Arandelas de seguridad para la caja de control.	141
Figura 81. Luminaria instalada en poste.....	141
Figura 82. Instalación cámaras de vigilancia.....	141
Figura 83. Sistema integrado de panel y caja de control.....	142
Figura 84. Boceto de estructura independiente diseño 2.....	142
Figura 85. Boceto final estructuras.	143
Figura 86. Implementación panel solar.	144
Figura 87. Implementación del regulador de carga.	145
Figura 88. Implementación batería.....	145
Figura 89. Interfaz gráfica Blynk.	146
Figura 90. Asignación de pines.	146
Figura 91. Creación de pin virtual.....	147
Figura 92. Programación de Arduino para sensor de voltaje.	147
Figura 93. Configuración gráfica de nivel de batería.	147
Figura 94. Programación botón DVR.....	148
Figura 95. Programación cámaras.	148

Figura 96. Programación luminaria 1.	148
Figura 97. Programación luminaria 2.	149
Figura 98. Programación luminaria 3.	149
Figura 99. Programación luminaria 4.	149
Figura 100. Configuración intervalos del motor.....	150
Figura 101. Montaje Arduino más modulo Ethernet.	150
Figura 102. Incorporación de relés y sensor de voltaje.	150
Figura 103. Instalación completa subsistema de control.	151
Figura 104. Sellado caja de control.	151
Figura 105. Implementación control.	151
Figura 106. Componentes adicionales.....	152
Figura 107. Implementación DVR.....	152
Figura 108. Instalación sistema de alimentación y señal de las cámaras.	153
Figura 109. Implementación cámaras de seguridad 1.....	153
Figura 110. Implementación cámaras de seguridad 2.....	153
Figura 111. Visualización de aplicativo para cámaras.....	153
Figura 112. Implementación del motor 1.	154
Figura 113. Implementación del motor 2.	154
Figura 114. Implementación del motor 3.	155
Figura 115. Derivador extraído de luminarias.	155
Figura 116. Adaptación de luminarias.	155
Figura 117. Implementación de etapa de elevación de voltaje.....	156
Figura 118. Implementación etapa de elevación de voltaje.	156
Figura 119. Implementación de luminarias respaldo.....	156
Figura 120. Implementación de luminaria 1.	157
Figura 121. Implementación de luminaria 2.	157
Figura 122. Implementación de luminaria 3.	157
Figura 123. Implementación de luminaria 4.	158
Figura 124. Implementación de sistema, caja de control.	159
Figura 125. Implementación del sistema.	159
Figura 126. Resultados mediciones, panel solar.	161
Figura 127. Dato registrado por multímetro, regulador de carga.	163
Figura 128. Dato registrado en pantalla, regulador de carga.	164
Figura 129. Dato registrado sin carga.	165
Figura 130. Dato registrado con carga.	165
Figura 131. Evidencia toma de video.	169
Figura 132. Evidencia DVR.	169
Figura 133. Panel solar suministrado por cliente.	177
Figura 134. Interfaz gráfica final del sistema para dispositivo móvil.	178
Figura 135. DVR suministrado por cliente.	179
Figura 136. Motor suministrado por el cliente 1.	179
Figura 137. Motor suministrado por el cliente 2.	180
Figura 138. Etapa de elevación de voltaje implementada.	180
Figura 139. Ajustes de diseño industrial 1.....	180
Figura 140. Ajustes de diseño industrial 2.....	181
Figura 141. Ajustes de diseño industrial 3.....	181
Figura 142. Ajustes de diseño industrial 4.....	181
Figura 143. Ajustes de diseño industrial 5.....	181

Figura 144. Ajustes de diseño industrial 6.....	182
Figura 145. Ajustes de diseño industrial 7.....	182
Figura 146. Resultados obtenidos para sistema de energía fotovoltaica 1.....	185
Figura 147. Resultados obtenidos para sistema de energía fotovoltaica 2.....	185
Figura 148. Resultados obtenidos para sistema de energía fotovoltaica 3.....	186
Figura 149. Gráfica de voltaje percibido por el panel durante un mes. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 150. Diferencia de potencia del sistema con carga y descarga de baterías. . ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 151. Promedio de potencia del sistema en 4 horas de funcionamiento. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 152. Diferencia de voltaje entre batería cargada y descargada en 4 horas de funcionamiento. ¡Error! Marcador no definido.	

Lista de Tablas

Tabla 1. Eficiencia paneles solares según material [16]	31
Tabla 2. Especificaciones técnicas Arduino Uno. [23]	42
Tabla 3. Especificaciones técnicas Raspberry PI 3B+. [23].....	43
Tabla 4. Especificaciones técnicas NodeMCU v3. [23].....	44
Tabla 5. Especificaciones Panel Solar 330W 24V policristalino Bauer. [20]	44
Tabla 6. Especificaciones Panel Solar 200W 12V Policristalino Bauer. [20]	45
Tabla 7. Especificaciones Panel Solar 150W 12V Policristalino SHS. [20]	45
Tabla 8. Especificaciones lámpara LED 20W Excelite.	46
Tabla 9. Especificaciones lámpara LED 50W Sparkled.....	47
Tabla 10. Lámpara LED 100W Bester.	48
Tabla 11. Especificaciones batería de GEL 12V.	48
Tabla 12. Especificaciones batería estacionaria 12V.	49
Tabla 13. Especificaciones batería litio 12V.	49
Tabla 14. Especificaciones cámara RCH-B10824. [36]	50
Tabla 15. Especificaciones cámaraRCH-B10824-2 [36]	51
Tabla 16. Especificaciones cámara RCH-B10842V. [36]	51
Tabla 17. Especificaciones DVR RDH-41108AE. [37]	52
Tabla 18. DVR RDH-84108AE. [37]	53
Tabla 19. DVR RDH-84108AH. [37].....	54
Tabla 20. Especificaciones modulo GSM/GPRS SIM800.	56
Tabla 21. Especificaciones modulo GSM/GPRS SIM800L. [39]	56
Tabla 22. Especificaciones modulo GSM/GPRS SIM900. [40]	57
Tabla 23. Especificaciones motor paso a paso hibrido Nema 23 9Kg-cm. [41].....	58
Tabla 24. Especificaciones motor paso a paso Wan Tai Stepper Motor 9Kg-cm. [42]	58
Tabla 25. Especificaciones motor paso a paso NEMA 23-size 14Kg-cm. [42]	59
Tabla 26. Especificaciones regulador 12V/24V 20A PWM Must Solar. [20]	60
Tabla 27. Especificaciones regulador 12V/24V 30A PWM Must Solar. [20]	60
Tabla 28. Especificaciones regulador 12V/24V 30A PWM Blue Solar LCD USB Victron. ..	61
Tabla 29. Comparación de componentes panel solar.	76
Tabla 30. Ficha técnica panel solar 330W policristalino 24V.	77
Tabla 31. Comparación de componentes regulador.	78
Tabla 32. Ficha técnica para regulador de carga Blue Solar.	79
Tabla 33. Sumatoria de potencias.	80
Tabla 34. Comparación de componentes baterías.	80
Tabla 35. Ficha Técnica batería estacionaria 12V.	81
Tabla 36. Comparación de componentes microcontrolador.	82
Tabla 37. Ficha Técnica Arduino uno.	82
Tabla 38. Comparación de componentes módulo GSM/GPRS.	83
Tabla 39. Ficha técnica SIM900.	83
Tabla 40. Comparación de componentes plataforma IoT.	84
Tabla 41. Comparación de componentes módulos relé.	85
Tabla 42. Ficha técnica módulo relé 4 canales 5V. [45]	85
Tabla 43. Comparación de componentes cámaras.....	88
Tabla 44. Ficha técnica cámara RCH-B10842V.....	89
Tabla 45.Comparación de componentes DVR.	89
Tabla 46. Ficha técnica DVR RDH-84108AE.....	90
Tabla 47. Comparación de componentes motores.	93

Tabla 48. Ficha técnica motor Nema Size 23 14kg-cm.	93
Tabla 49. Promedio de lúmenes para iluminación de exteriores. [30]	94
Tabla 50. Equivalencias en lumen. [48]	95
Tabla 51. Recomendación de altura para reflector LED.....	95
Tabla 52. Número de luminarias según lúmenes totales.	96
Tabla 53. Comparación de componentes luminarias.	97
Tabla 54. Ficha técnica reflector LED 50W Sparkled.	97
Tabla 55. Pruebas de componentes, panel solar.	98
Tabla 56. Pruebas de componentes, regulador de carga.	99
Tabla 57. Pruebas de componentes, batería.	101
Tabla 58. Pruebas de componentes, microcontrolador.....	102
Tabla 59. Pruebas de componentes, modulo.	103
Tabla 60. Pruebas de componentes, software.	103
Tabla 61. Pruebas de componentes, relé.	104
Tabla 62. Pruebas de componentes, cámaras.	105
Tabla 63. Pruebas de componentes, DVR.....	105
Tabla 64. Pruebas de componentes, motor paso a paso.	106
Tabla 65. Pruebas de componentes, luminarias.	106
Tabla 66. Pruebas de subsistemas, subsistema A.....	107
Tabla 67. Pruebas de subsistemas, subsistema B.....	107
Tabla 68. Pruebas de subsistemas, subsistema C.....	108
Tabla 69. Pruebas de subsistemas, subsistema D.	108
Tabla 70. Pruebas de subsistemas, subsistema E.....	109
Tabla 71. Pruebas de subsistemas, subsistema F.	110
Tabla 72. Pruebas de subsistemas, subsistema G.	110
Tabla 73. Pruebas de integración.	111
Tabla 74. Ficha Técnica Poste Metálico De Chapa MCH – 200 daN. [51].....	126
Tabla 75. Soporte Tipo Poste Con Adaptador Para Cámaras De Seguridad. [52]	127
Tabla 76. Conector aéreo 2 pines. [53].....	128
Tabla 77. Conector aéreo 6 pines. [54].....	128
Tabla 78. Cable coaxial RG58A. [55]	129
Tabla 79. Conector tipo N. [56]	129
Tabla 80. Cable eléctrico #14 blanco Nexans. [57]	130
Tabla 81. Evaluación de alternativa.	133
Tabla 82. Resultados pruebas de componentes, panel solar.....	160
Tabla 83. Resultados pruebas de componentes, regulador de carga.	162
Tabla 84. Resultados pruebas de componentes, batería.	164
Tabla 85. Resultados pruebas de componentes, microcontrolador.	165
Tabla 86. Resultados pruebas de componentes, modulo.....	166
Tabla 87. Resultados pruebas de componentes, software.	167
Tabla 88. Resultados pruebas de componentes, relé.	167
Tabla 89. Resultados pruebas de componentes, cámaras.	168
Tabla 90. Resultados pruebas de componentes, DVR.	169
Tabla 91. Resultados pruebas de componentes, motor.....	170
Tabla 92. Resultados pruebas de componentes, luminarias.	170
Tabla 93. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema A.	171
Tabla 94. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema B.	171
Tabla 95. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema C.	172

Tabla 96. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema D.	172
Tabla 97. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema E.	173
Tabla 98. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema F.	174
Tabla 99. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema G.	174
Tabla 100. Resultados pruebas del sistema.	175
Tabla 101. Datos registrados del sistema.	177
Tabla 102. Ficha técnica panel suministrado por el cliente.	178
Tabla 103. Pruebas del sistema.	182

1 INTRODUCCIÓN

Los Mangos es una finca ubicada en Guayabal De Síquima, departamento de Cundinamarca, en la cual se realizan diferentes actividades agrícolas y ganaderas gracias a su amplio espacio y riqueza natural, por esta razón el cuidado y seguridad de su territorio es de gran relevancia para su propietario, especialmente en las áreas más alejadas de la finca. Por todo lo anterior, es necesario un sistema que permita iluminar y vigilar las áreas más alejadas de la finca especialmente en horas nocturnas con el propósito de prevenir, identificar y registrar posibles agresores que ingresen a la propiedad. Es por esta razón, que se realizará la implementación de un prototipo que permita iluminar y vigilar ciertas áreas de la finca mediante la integración de tecnologías alimentadas con energía solar fotovoltaica, así mismo, se realizará un control remoto de dichas tecnologías.

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Contexto

La región Guayabal de Síquima está ubicada en la provincia del Magdalena centro, más exactamente en el costado oriental del departamento de Cundinamarca. Actualmente se puede establecer que la región basa su economía casi enteramente en el sector agropecuario.

Recientemente el hurto de ganado y maquinaria agrícola se ha convertido en uno de los mayores inconvenientes para los habitantes de la zona, los cuales denuncian constantes invasiones de sus propiedades privadas y por ende grandes pérdidas financieras, e incluso llegar a poner en riesgo su integridad física. Uno de los factores que facilitan a los infractores el ingreso a las diferentes fincas y realizar dichos hurtos es el poco control y vigilancia que hay en las zonas más alejadas, este déficit de vigilancia especialmente en horas nocturnas permite que puedan hurtar cualquier bien sin ser descubiertos.

Si bien, la falta de vigilancia es el factor principal que facilita el hurto, es necesario resaltar que dicha falta de vigilancia se debe a la falta de energía en muchas de las zonas rurales de la región y por consiguiente la imposibilidad de instalar cámaras u otro tipo de tecnologías que ayuden a prevenir y combatir los delitos. En el caso particular de la finca Los Mangos, la energía eléctrica llega solamente a la vivienda principal y por consiguiente dejando las zonas más alejadas sin posibilidad de obtener el servicio eléctrico.

A pesar de que la ley colombiana castiga con penas de hasta 5 años de prisión y multas de hasta 50 salarios mínimos a las personas que incurran en hurto de ganado (abigeato), este delito sigue siendo uno de los más cometidos por todo el territorio de Cundinamarca [1]. Para junio de 2018, el abigeato afectaba a los productores de ganado a tal punto que superaba los 100 millones a nivel nacional, cifra que solo reflejaba los casos denunciados [2]. Para noviembre de 2018 la cifra aumentó un 8.6% con respecto a la misma fecha en 2017, sin embargo, la tendencia por meses ha ido disminuyendo considerablemente desde el mes de

septiembre de 2018 [3]. Por todo lo anterior es necesario seguir avanzando en pro de construir herramientas que ayuden a mitigar aún más el abigeato en Colombia.

2.2 Manifestación

El posible hurto de ganado en las zonas más alejadas de la finca Los Mangos especialmente en las horas de la noche debido a la falta de vigilancia e iluminación, sin lugar a duda, es uno de los temas de mayor preocupación para el propietario del terreno y sobre el cual no se han tomado las medidas pertinentes.

2.3 Causas

- La finca Los Mangos no dispone de energía eléctrica en las zonas más alejadas.
- La finca Los Mangos no cuenta con un sistema de circuito cerrado de televisión para vigilar las zonas donde se encuentra el ganado en las horas de la noche.
- La finca Los Mangos no cuenta con un sistema de iluminación para cubrir las zonas en donde se encuentra el ganado en las horas de la noche.

2.4 Efectos

- La falta de energía impide la instalación de sistemas de vigilancia (circuito cerrado de televisión), así como de iluminación.
- Actualmente no se puede prevenir o registrar cualquier tipo de amenaza en contra de los bienes de la finca.
- La baja visibilidad en horas nocturnas es un factor que permite un alto grado de facilidad para el hurto del ganado.

2.5 Aspectos a solucionar

Debido a los riesgos inminentes de ser víctimas de hurto, los propietarios de fincas han ido implementando sistemas de seguridad y vigilancia que van de la mano de los avances tecnológicos actuales. Uno de estos sistemas actuales está basado en la vigilancia por medio de cámaras.

Pensando en la relevancia que pueden llegar a tener estos sistemas de vigilancia actuales para los propietarios, se procede con el análisis de diferentes medios de alimentación para dichos sistemas. Lo anterior nace de la preocupación de no tener fuentes de energía de fácil acceso en sectores rurales, y es por esta razón que es necesarios un sistema de vigilancia alimentado por fuentes alternativas de energía y que a su vez pueda ser controlado a grandes distancias.

2.6 Justificación del proyecto

Debido a la falencia de energía eléctrica en las zonas más alejadas de la finca Los Mangos, zona donde normalmente se posa el ganado, ha sido imposible implementar circuitos cerrados de televisión y sistemas de iluminación que permitan prevenir, identificar y registrar posibles actos delictivos que afecten los intereses económicos del propietario. En consecuencia, es necesario implementar una solución que permita resolver los problemas energéticos que presenta la propiedad y de esta manera lograr instalar nuevas tecnologías que mitiguen la sensación de inseguridad que presenta actualmente.

2.7 Propuesta de solución

Para poder solucionar las falencias actuales, es necesario implementar un sistema que integre tecnologías específicas y de esta manera permita tener energía en cualquier sector de la finca, a su vez esto permitirá la instalación de sistemas de vigilancia e iluminación con el fin de realizar un proceso de mejoramiento efectivo de cara a la seguridad de la finca Los Mangos.

3 ESTADO DEL ARTE

3.1 Bases teóricas

3.1.1 Energía eléctrica

La energía eléctrica es una fuente de energía renovable que se produce en el interior de materiales conductores como por ejemplo el metal mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones). [4]

La generación de energía eléctrica va directamente relacionada con la fuente de origen que se utilice, es decir, puede obtenerse de centrales solares, eólicas, hidroeléctricas, térmicas, nucleares o biomasa, en los cuales fundamentalmente cambia el tipo de transformación de la energía (química, mecánica, térmica, luminosa, entre otras). [4]

3.1.2 Radiación Solar

La radiación solar es la energía emitida por el sol, la cual es propagada por todo el espacio y en todas las direcciones por medio de las ondas electromagnéticas. Esta energía proveniente del sol se considera radiación electromagnética y es el resultado de las reacciones del hidrogeno en el núcleo del sol por fusión nuclear y a su vez emitida por la superficie solar. [5]

Además de proporcionar efectos fisiológicos positivos en el ser humano tales como la estimulación en la síntesis de vitamina D y el favorecimiento de la circulación sanguínea, la radiación solar actualmente se usa en diversas aplicaciones de ingeniería, agricultura,

predicción climática, entre otros. Dentro de los diversos usos que se le puede dar a la medición de la radiación solar se encuentra la generación de electricidad, lo anterior debido a que sirve como fuente alternativa de energía renovable. [5]

Para los intereses propios de este documento no se necesita entrar en detalles sobre todos los fenómenos a los cuales es sometida la radiación solar (reflexión, refracción, absorción y difusión) al interactuar con la atmosfera terrestre, sin embargo, es necesario tener en cuenta las siguientes definiciones:

- Radiación directa: radiación recibida directamente del sol sin que sufra ningún tipo de alteración o desviación.
- Radiación difusa: radiación solar que, debido a la reflexión y difusión en la atmosfera sufre cambios en su dirección.
- Radiación reflejada: es toda radiación (directa y/o difusa) que es reflejada por la superficie terrestre o cualquier otra superficie. [6]

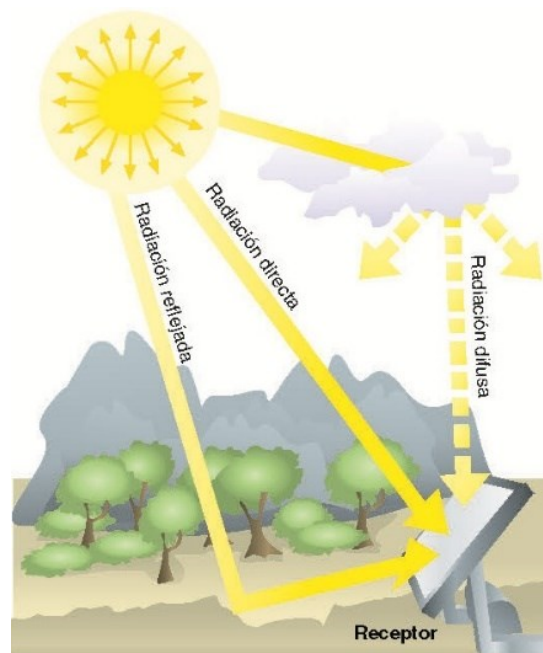


Figura 1. Componentes de la radiación [6]

Como se puede observar en la ilustración anterior, todos los componentes de la radiación son relevantes cuando se quiere centralizar toda su energía hacia un receptor. Dicha suma de radiaciones se conoce como radiación global y es de suma importancia cuando hablamos de generación de energía solar fotovoltaica.

Con el fin de cuantificar la radiación solar se deben tener en cuenta dos tipos de magnitudes que corresponden a la potencia y energía de radiación respectivamente. Para entender un poco más estas dos magnitudes a continuación se realiza una breve descripción de cada una de ellas:

- Irradiancia: es la cantidad de potencia que puede percibir una unidad de superficie. Cuantifica la intensidad de radiación solar y se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2)

- Irradiación: es la suma de las irradiancias en un periodo de tiempo determinado, es decir, cuantifica la cantidad de energía solar recibida en un margen de periodo de tiempo y se mide en Julios por metro cuadrado por periodo de tiempo ($J/m^2 \cdot (hora, día, mes, año, etc.)$)).
- Insolación: es la acumulación de energía promedio durante un periodo de tiempo, es decir, se puede definir como la misma irradiancia, pero incluyendo la variable del tiempo promedio de permanencia sobre una superficie. Se mide en vatios por metro por tiempo promedio ($kW-h/m^2$). [6]

Si bien los factores descritos anteriormente son los más relevantes cuando hablamos de radiación solar con el fin de generar electricidad, es necesario tener en cuenta otras magnitudes y datos referentes al sitio de implementación. A continuación, se mencionan los más destacados:

- Latitud: a mayor distancia de la línea ecuatorial hay una menor radiación solar.
- Altura sobre el nivel del mar: a mayor altura se encuentre la ubicación, se tendrá una mayor radiación solar.
- Orografía: son todas las elevaciones que puedan existir en una ubicación determinada. Como ejemplo se tiene que un valle profundo tiene menor índice de radiación solar.
- Nubosidad: básicamente define que, entre menor nubosidad mayor radiación solar.
- Movimiento de traslación del planeta: se entiende como traslación al movimiento que realiza la tierra alrededor del sol y la cual es responsable de las diferentes estaciones climáticas durante el año. De acuerdo con este movimiento, en algunas temporadas del año los polos de la tierra reciben menos radiación. [7]
-

3.1.3 Radiación solar en Colombia

Gracias a la posición geográfica privilegiada y a la gran variedad de climas que tiene Colombia, los niveles de radiación del país es uno de los más altos en el mundo, dándole una ventaja valiosa en el uso de la energía solar. [7]

En el 2015 la UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética), la cual pertenece al Ministerio de Minas y Energía y el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) crearon un Atlas de radiación en Colombia. Este Atlas recopila información básica con fines de aprovechamiento de la energía solar como opción para el uso sostenible de los recursos energéticos en Colombia, estableciendo un valor de radiación promedio diario y por regiones. En la siguiente ilustración se puede evidenciar cuales son las regiones en Colombia que cuentan con mayor disponibilidad de energía solar. [7]

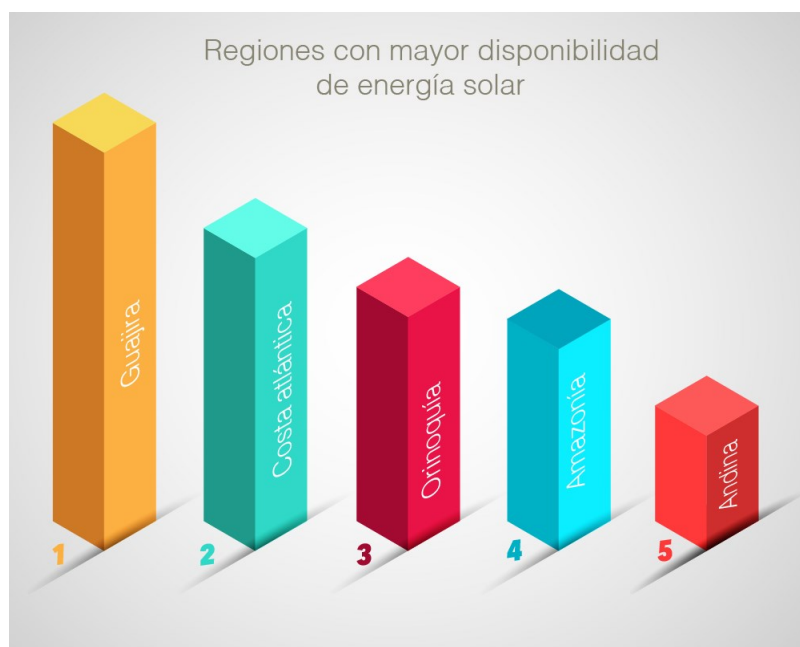


Figura 2. Niveles de radiación por regiones en Colombia [7]

El Atlas de radiación en Colombia también nos permite evidenciar más específicamente como están los niveles de irradiación global media diaria en el país mediante el siguiente mapa.

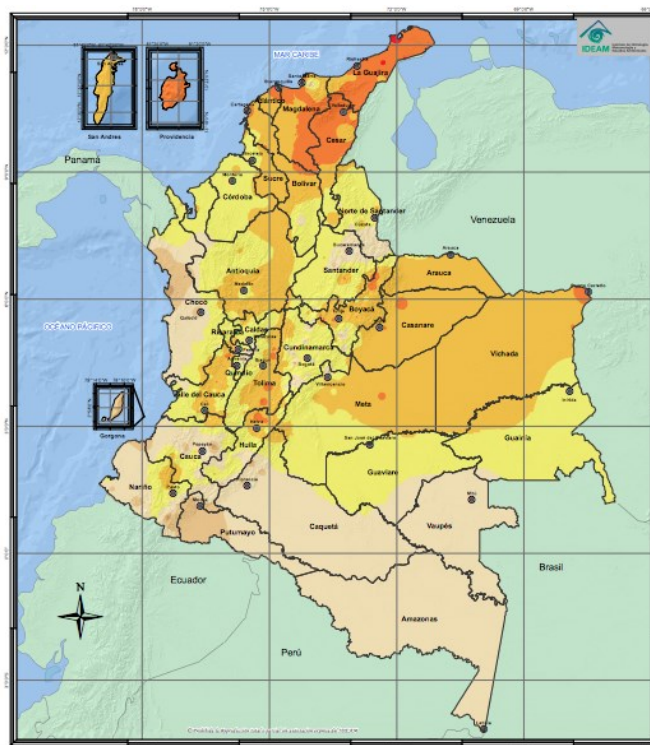


Figura 3. Irradiación global horizontal medio diario anual 2014 [8]

El anterior mapa visualiza como las zonas con colores más pálidos o tierra tienen los índices de radiación más bajo del país. Por el contrario, las zonas con colores más cálidos o intensos representan los niveles más altos de radiación.

Para terminar de desglosar un poco más la información se presenta la siguiente ilustración, en la cual se evidencian los niveles de radiación de Bogotá y sus alrededores durante el día. Obsérvese que el color azul oscuro representa los niveles más bajos, seguido por el azul y el azul claro los cuales muestran un aumento en dichos niveles; así sucesivamente se realizan incrementos hasta llegar al rojo intenso que, al igual que en el mapa nacional muestra los niveles más altos de radiación. La estrella de color amarillo indica la ubicación aproximada de Guayabal de Siquima.

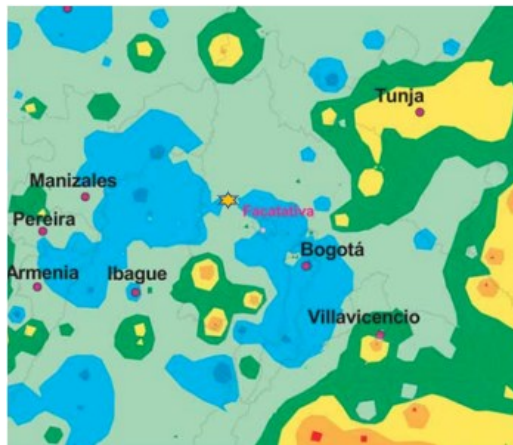


Figura 3. Radiación solar Bogotá y alrededores [9]

Para el caso particular de la región Guayabal de Siquima se presenta la siguiente ilustración para evidenciar con mayor detalle el área de impacto principal sobre el cual se realizarán los estudios correspondientes.

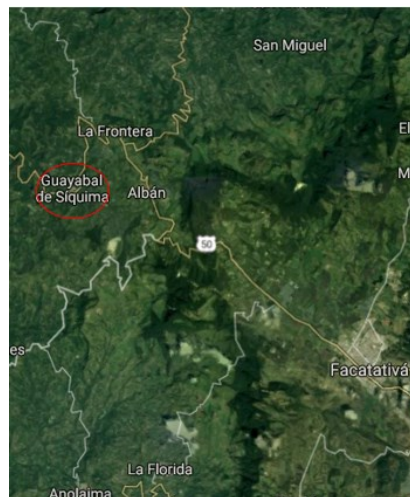


Figura 4. Ubicación Guayabal de Siquima, Cundinamarca [10]

En el mapa anterior se puede evidenciar que Guayabal de Siquima se encuentra al noroccidente de Facatativá y suroriente de Villeta, por tal razón se toma como referencia el

promedio de radiación presente en Villeta arrojando como resultado 4,5167 KWh/m² por día; cabe anotar que el promedio de radiación presente en Bogotá D.C. es de 4,0377 KWh/m² por día, es decir, solo 0,479 o 10,6% menor en relación con el de Villeta [10]

3.1.4 Guayabal de Siquima

Guayabal de Siquima se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, 60 Km al oeste de Bogotá D.C. (noroccidente del departamento). Con una altitud de 1630 m.s.n.m este municipio se encuentra en una zona denominada Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental localizada al oriente del Valle del Magdalena. A continuación, se presentan otros datos geográficos característicos de la región: [11]

- Extensión total: 63 Km²
- Extensión área urbana: 0.18 Km²
- Extensión área rural: 62.82 Km²
- Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 1630
- Temperatura media: Varía de 15.6°C a 25.8°C
- Distancia de referencia: 60 km de Bogotá
- Limite nororiental: Villeta
- Limite occidental: Bituima
- Limite norte: Albán
- Limite sur: Anolaima



Figura 5. ubicación geográfica Guayabal de Siquima [12]

3.1.5 Paneles solares

Los paneles o módulos solares son dispositivos diseñados con el fin de aprovechar la energía del sol. Básicamente están compuestos por un conjunto de células solares que convierten la luz en electricidad por medio de un fenómeno llamado efecto fotovoltaico, absorbiendo la energía del sol y haciendo que la corriente eléctrica fluya entre dos capas cargadas en la dirección opuesta. [13]

El efecto fotovoltaico consiste en la transformación de energía solar en energía eléctrica a través de un material expuesto a irradiación solar. Para entender cómo funciona una celda solar debemos saber que están conformadas por dos tipos de materiales, normalmente están configuradas por silicio tipo p y silicio tipo n, como se muestra en la ilustración 7. [14]

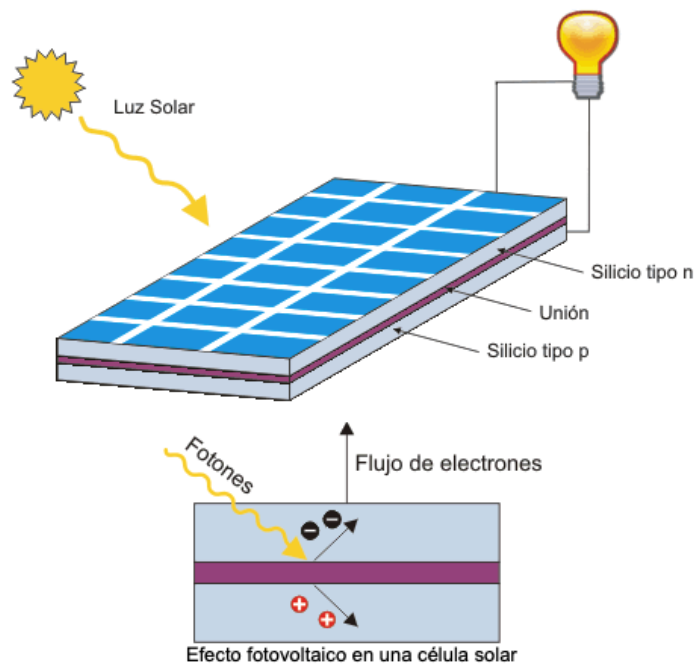


Figura 6. Esquema de una celda fotovoltaica [15]

Cuando la radiación solar incide sobre esta superficie del material semiconductor, la banda del material de silicio tipo n que contiene los electrones recibirá una ganancia de fotones provenientes de la luz solar y provocará que algunos electrones sean libres para moverse a la banda de material de silicio tipo p y llenar los agujeros disponibles, por lo tanto si se hace un circuito se generará un flujo de electrones y este fenómeno genera una fuerza electromotriz y de esta forma se genera energía eléctrica [14].

a) Tipos de paneles solares

Entendiendo el funcionamiento básico de las celdas solares es necesario ahora identificar los diferentes tipos de paneles solares que se encuentran en el mercado, estos son clasificados según su material como se muestra a continuación [16]:

- Monocristalinos: las celdas están hechas con una rodaja de Silicio de alta pureza (un solo cristal); tiene un rendimiento cercano al 16%.
- Policristalino: sus celdas están hechas con pedazos de Silicio ubicados desordenadamente en forma de cristales pequeños; tiene un rendimiento aproximado de 14%.
- Amorfo: hecho de Silicio con fabricación más simple que en los casos anteriores por lo que son más económicos, pero tienen un desgaste mayor; tiene un rendimiento aproximado de 12%.
- Lámina delgada: para su construcción se usan materiales como Silicio amorfo, Teluro de Cadmio, Arsénico de Galio, Diseleniuro de Cobre en Indio; tiene un rendimiento de 9%.

A continuación, se presenta una tabla que resume la eficiencia o desempeño que presenta cada panel solar según el material con el cual fue construido.

Tabla 1. Eficiencia paneles solares según material [16]

MATERIAL	EFICIENCIA
Silicio monocristalino	16 – 24 %
Silicio policristalino	14 – 18 %
Silicio amorfo	4 – 10 %
Lámina delgada	9,4 – 13,8 %

b) Datos técnicos para escoger un panel solar

En el momento de escoger un panel solar se deben tener en cuenta varios aspectos relevantes debido a la gran oferta que se encuentra en el mercado, y dentro de estos el más importante es la "potencia pico" o potencia máxima que es capaz de generar bajo condiciones ambientales estándar (temperatura ambiente de 25°C y radiación de 1000 W/m²). [16]

Teniendo en cuenta que en el uso en diseños domiciliarios se recomienda usar paneles de mayor potencia (mayor tamaño), es decir, de 250W en adelante, se debe tener en consideración que el precio pasa a ser otro aspecto relevante; siendo los paneles solares policristalinos más económicos que los monocristalinos, pero con dimensiones parecidas. [16]

Adicional a los antes mencionados, existen otros aspectos más detallados y de gran importancia para el diseño de un sistema alimentado con paneles solares que se deben tener en cuenta: [16]

- Voltaje de máxima potencia: voltaje que alcanza cuando la potencia es máxima.
- Corriente de máxima potencia: corriente que alcanza cuando la potencia generada es máxima.
- Voltaje de circuito abierto: voltaje máximo que se obtiene cuando no hay cargas conectadas, es decir, la corriente es 0.
- Corriente de cortocircuito: corresponde a la corriente máxima medida cuando se genera un corto circuito entre los bornes del panel, es decir, el voltaje es cero.
- Eficiencia: es la relación entre la potencia eléctrica generada por el panel y la potencia de radiación incidente.

Teniendo en cuenta toda la información recopilada anteriormente se puede proceder con los cálculos y ecuaciones necesarias para elaborar el diseño de un sistema de generación de energía fotovoltaica. Para dichos cálculos hay que tener en cuenta datos básicos mencionados anteriormente: consumo de energía (promedio) diario del sitio de implementación, registro de radiación solar del sitio de implementación y eficiencia de los paneles.

A continuación, se presentan las ecuaciones más relevantes para el diseño de un sistema de generación de energía fotovoltaica. [17]

- Potencia generada

Calculo energía producida en un día (E_{panel}):

$$E_{panel} = I_{panel} * V_{panel} * HSP * 0.9 [Whd] \quad (1)$$

- I_{panel} : corriente máxima.
- V_{panel} : tensión máxima.
- HSP: horas solar pico.
- 0.9 coeficiente del rendimiento del panel (normalmente es 85%-90%)

- Cantidad de paneles solares

Cálculo de la cantidad de paneles solares ($N^{\circ}panel$) para un consumo de watts:

$$N^{\circ}panel = \frac{E * 1.3}{E_{panel}} \quad (2)$$

- E: consumo diario [Watts].
- 1.3: factor de seguridad, sobredimensión de un 30% más.
- E_{panel} : Energía producida en un día por un panel.

c) Ubicación, orientación e inclinación del panel

Por ultimo y no menos importante que los demás, es necesario tener en cuenta la ubicación y posición en la cual se encuentra el panel solar. Respecto a la ubicación es necesario tener en cuenta que no haya presencia de sombras que puedan opacar la presencia de radiación y por ende una disminución en el voltaje de salida. La posición es igualmente importante si nos referimos al máximo rendimiento que puede alcanzar el panel en horas del día y teniendo en cuenta que el sol cambia su posición durante el día, la estación del año y la latitud en donde se realizará la instalación.

Teniendo en cuenta que la radiación solar debe ser recibida perpendicularmente por el panel, es necesario tener en cuenta el factor de inclinación que este tenga en el momento de percibir los rayos solares. Como se mencionó anteriormente, dependiendo de la estación o época del año los rayos del sol inciden con ángulos diferentes sobre la superficie de la tierra; siendo en verano la época con ángulo máximo de incidencia, e invierno la época con menor ángulo, en consecuencia, el panel debe tener un ángulo de inclinación mayor en invierno. [16]

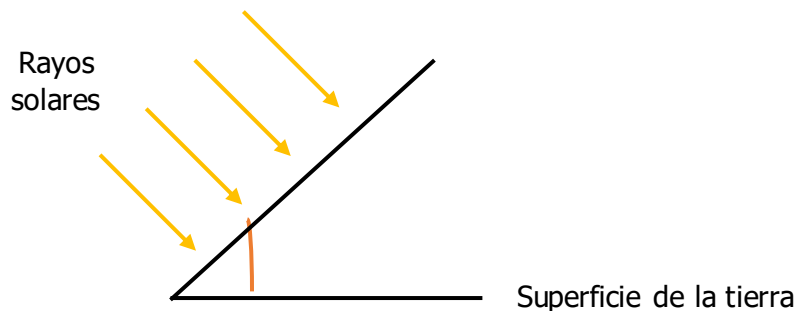


Figura 7. Ángulo de panel solar según incidencia de rayos solares.

En la figura anterior se puede apreciar el panel está con un ángulo de inclinación β que permite percibir los rayos solares de forma perpendicular a este. Es necesario resaltar que la latitud juega un papel fundamental en la optimización de la recolección de energía, esto se debe a que entre mayor latitud el ángulo de inclinación de los rayos solares es mejor, por su parte entre menor latitud mayor es el grado de inclinación. En la siguiente ecuación se describe el ángulo β óptimo según la latitud del sitio de implementación. [16]

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * [\phi] \quad (3)$$

- Φ : latitud del sitio de implementación.

Adicional a la latitud, es necesario tener en cuenta si el panel es de posición fija (teniendo en cuenta β_{opt}) o de seguimiento. Los primeros realizan un aprovechamiento de la energía basándose en β_{opt} como el ángulo de inclinación estáticos para los paneles. Por

el contrario, los paneles de seguimiento realizan movimientos según la trayectoria del sol aprovechando al máximo la radiación disponible durante todo un día. [16]

Los paneles de seguimientos pueden variar entre movimientos de uno o de dos ejes, siendo el de dos ejes el más preciso debido a que realiza desplazamientos tanto en latitud como en altitud. Sin embargo, el movimiento de un eje sigue teniendo un grado aprovechamiento de energía muy alto debido a que garantiza la perpendicularidad de los rayos del sol sobre el panel. [16]

A continuación, se muestra una gráfica que evidencia el aumento de energía aprovechada por un panel con movimiento de un eje.

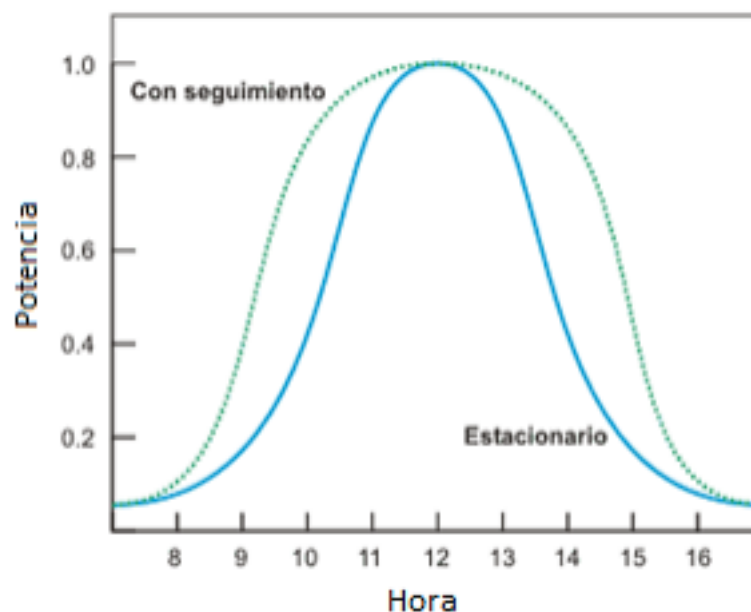


Figura 8. Generación de energía con y sin seguimiento solar.

3.1.6 Baterías

Los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica o acumuladores de energía son los encargados de suministrar energía independientemente de los generadores de esta. Este elemento electrónico se compone esencialmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se crean reacciones químicas debido a su carga y a su descarga. La unidad de medida de la capacidad de las baterías se define como la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa de la batería plenamente llena y su unidad se mide en amperios/horas (Ah). [18]

a) Tipos de baterías:

- Baterías Monoblock

Las baterías Monoblock están destinadas a pequeñas instalaciones fotovoltaicas y donde la relación calidad-precio debe de ser equilibrada. Este tipo de baterías se ajustaría con pequeñas instalaciones fotovoltaicas aisladas. [18]

- Baterías AGM

Las baterías de AGM tienen el electrolito inmovilizado y unas válvulas de regulación de gases para evitar pérdidas, por eso se llaman "sin mantenimiento". Tienen una duración media medida en número de ciclos de carga-descarga a una misma profundidad de descarga más elevada que las baterías monoblock. Está pensada para pequeñas instalaciones fotovoltaicas donde el mantenimiento es muy difícil. [18]

- Baterías estacionarias

Estas baterías tienen una larga vida útil, son perfectas para instalaciones que requieran un consumo diario y durante largos períodos de tiempo. Estas baterías están compuestas por 6 vasos de 2v cada uno, pueden acumular grandes cantidades de energía (las hay en una amplia gama de diferentes capacidades). [18]

- Baterías litio

Ocupan poco espacio, pesan poco y no emiten gases. También por tanto se pueden poner en cualquier sitio, el tiempo de carga es el más rápido. Se pueden realizar descargas totales sin verse su vida intensamente afectada. La desventaja que actualmente tiene este tipo de baterías es su elevado costo. Sin embargo, en un futuro se cree que los fabricantes lo puedan optimizar. [18]

b) Calculo y selección de baterías:

Para calculo y selección de baterías, primero se debe saber cuánto es la corriente de consumo diario (I_d), que se define con la siguiente expresión: [19]

$$I_d = \frac{E}{V_t} \quad (4)$$

- E: consumo diario [Watts].
- V_t : tensión de trabajo (elección cliente)

Para selección de baterías (CB), se define con la siguiente expresión: [19]

$$CB = \frac{Días * Id}{0.7} \quad (5)$$

- Días: días de autonomía suministrando al sistema para abastecer todo el consumo.
- Id: corriente diaria.
- 0.7: profundidad de descargar (70% de trabajo)

3.1.7 Regulador

El regulador de carga es el encargado de controlar y dirigir la cantidad de energía que fluye entre los paneles solares y la batería. En el mercado actual existen dos tipos de reguladores, los PWM y MPPT. [20]

- Reguladores de carga PWM:

En este tipo de regulador los paneles trabajan al voltaje que este cargada la batería, es decir, al momento que la batería llega al voltaje señalado evita el contacto entre los paneles y la batería, evitando de esta manera una sobrecarga. Su principal desventaja es que baja su rendimiento energético (perdidas de energía), sin embargo, Su gran ventaja es el costo y la facilidad de transporte. [20]

- Reguladores de carga MPPT:

Este controlador se caracteriza por incluir un controlador del punto de máxima potencia (Maximum Power Point Tracking) y un transformador CC-CC (convierte corriente continua de alta tensión a corriente continua de más baja en la carga de la batería). A diferencia del anterior, este regulador trabaja con los paneles al voltaje que más se adecue en el momento, absorbe la máxima potencia o la limita según sea el caso. Su gran ventaja es que se adapta a cualquier tipo de panel sin depender de su compatibilidad de voltajes. [20]

a) Calculo y selección de regulador:

Calcular adecuadamente el tipo y las características del regulador de carga es muy sencillo y se describe en la siguiente ecuación. [21]

$$I_{max} = \frac{P_{tot}}{V_{bat}} \quad (6)$$

- I_{max} : corriente máxima de carga.
- P_{tot} : potencia total de los paneles solares.
- V_{bat} : voltaje de las baterías.

3.1.8 IoT

IoT (internet of things) es un concepto directamente relacionado con la cuarta revolución industrial, más específicamente con la transformación digital. Esta tecnología se refiere al uso de dispositivos y sistemas conectados de manera inteligente con máquinas mecánicas o digitales y a objetos, animales o personas. Para hacer posible esto, está conformado de múltiples tecnologías como sensores que permiten conectar el mundo físico con el digital, así como computadores que permiten procesar esa información y plataformas web donde se procesan y almacenan los datos. [22]

Para identificar los objetos en el entorno de IoT es necesario tener algunos dispositivos electrónicos como son sensores, actuadores y dispositivos de cómputo y análisis de datos. En el caso de los sensores se pueden analizar los diversos parámetros como el calor, la humedad, el movimiento, el sonido, la posición según la necesidad; a su vez estos datos son transportados por una red con el fin de transmitirlo a otro objeto o centro conectado con un fin en específico y en el cual puede involucrarse otro dispositivo electrónico como un actuador. [23]

A pesar de que la arquitectura IoT está conformada por 7 capas, existen 3 elementos esenciales en este tipo de tecnología. [23]

- Dispositivo IoT: son instrumentos que tienen la facilidad de ser conectados de forma inalámbrica o por cable a una red.
- Redes: es el medio donde los dispositivos IoT se entrelazan y se comunican entre sí por medio de la nube.
- Nube: es la base de datos donde se almacenan todos los datos adquiridos ya sea por medio de sensores enlazados a los dispositivos IoT.

3.1.9 Luminarias y lámparas

a) Luminarias

Una luminaria es el elemento encargado de distribuir, filtrar o transformar la luz por medio de una o varias lámparas y que a su vez contiene todos los complementos necesarios para su protección, conexión y fijación. Debido a que la luminaria es la encargada del control y distribución de la luz emitida por la lámpara debe cumplir con

unas características eléctricas, mecánicas y ópticas según el fin para el cual sea propuesta. [24]

b) Lámparas

A diferencia de las luminarias, las lámparas son las encargadas de producir luz de manera artificial. Estas a su vez se dividen en tres tipos de lámparas y los cuales pueden ser útiles dependiendo del sitio y fin de aplicación, estos tipos de lámparas se describen a continuación. [25]

- Lámparas LED

Este Sistema de iluminación con tecnología led (light-emitting diode) es caracterizado por funcionar con un diodo recubierto de plástico, con un material semiconductor en su interior que emite luz de un color predeterminado al aplicarle una corriente eléctrica; su tonalidad varía dependiendo del material de fabricación. En principio existían pocos colores como el azul o el rojo, sin embargo, actualmente el blanco ha ampliado su utilización en sistemas de iluminación. [26]

Este sistema es reconocido mundialmente por presentar relevantes características desde el punto de vista energético y ecológico. Algunas de las principales ventajas son: [27]

- Ahorro energético, con este tipo de luminaria se disminuye un consumo energético desde 50% hasta el 80% comparado con las lámparas de otros tipos.
- Luz ecológica, este tipo de iluminación con tecnología LED es completamente limpia sin imperfecciones, originando una claridad de visión juntamente con un gran aporte a la contaminación lumínica mundial.
- Mayor Rendimiento, la vida útil de un LED bien utilizado, se encuentra entre las 15.000 y las 50.000 horas de vida.

Por otro lado, se mencionan algunas desventajas como: [27]

- Altas temperaturas, a partir de 65° la mayoría de los LED se averían. Debe tenerse en cuenta que la electrónica complementaria del LED suele dañarse incluso antes que el mismo.
- El costo es considerablemente más elevado que otras tecnologías.
- Para grandes potencias es poco optimo teniendo en cuenta su costo.

- Lámparas incandescentes

Este tipo de lámparas emiten luz mediante incandescencia, la cual es producida por el calor emitido por un filamento de un material conductor al paso de una corriente eléctrica. [25] Las principales características de las lámparas incandescentes son: [28]

- Durabilidad: El filamento utilizado para calentar y generar la iluminación no es reutilizable, es decir, su durabilidad no es la más óptima.
- Eficiencia: alrededor del 90% de la energía que se le suministra es transformada en calor (se pierde), es decir, solo el 10% restante es transformado en luz.
- Precio: Actualmente es la única característica a su favor ya que debido a ser una tecnología obsoleta su costo es considerablemente menor.
- Lámparas fluorescentes

Como su nombre lo indica, este tipo de lámparas emite luz por fluorescencia por medio de compuesto encargado de absorber la luz ultravioleta y emitir a su vez luz visible. El efecto de una descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión contenido en una ampolla es lo que hace posible transformar la luz ultravioleta. [25]

Las ventajas presentadas por este tipo de lámparas son: [29]

- No presentan pérdidas de energía por calor
- Consumo de corriente bajo
- La duración promedio de vida es de 7500 horas en condiciones normales.

Por otro lado, las desventajas más notables son: [29]

- Debido al desgaste propio del material, con el tiempo se pierde la continuidad de la luz produciendo un parpadeo molesto.
- Presenta un retardo notable desde el momento del encendido hasta alcanza su máxima potencia lumínica.
- El encendido y apagado continuo reduce su vida útil más rápidamente que con otros materiales.

c) Cálculos para selección de luminarias

Primero hay que saber que un lux es igual a un lumen por metro cuadrado. [30]

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lum/m}^2 \quad (7)$$

Teniendo en cuenta lo anterior se define lumen como el flujo total luminoso, en otras palabras, es la cantidad de luz visible en una dirección sobre una superficie determinada. Para calcular el flujo luminoso total se utiliza la siguiente ecuación: [31]

$$E = \frac{\text{flujo luminoso}}{\text{unidades superficie}} = \frac{\varphi}{S} = \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2} = \text{Lux} \quad (8)$$

Las ecuaciones anteriores son de bastante utilidad para el cálculo en espacios interiores, sin embargo, para los espacios exteriores existen actualmente tablas que relacionadas entre ellas son de gran utilidad para seleccionar de una manera más sencilla los lúmenes y por ende la potencia que se requiere teniendo en cuenta el tipo de espacio y el fin del alumbrado.

3.1.10 Circuito cerrado de televisión

Es un componente fundamental para la prevención y el control de riesgos de seguridad especialmente en áreas en las cuales precisamos proteger bienes personales de gran valor. Básicamente consiste en una instalación de componentes conectados entre ellos que permiten crear un circuito de imágenes que solo pueden ser visualizadas por el administrador del sistema. [32]

Pese a que existen diversas formas de conectar los dispositivos, cables, comunicación y componentes, usualmente los componentes básicos son cámaras, monitor de visualización y un grabador. Las cámaras recogen las señales detectadas y las envían por cable coaxial (en caso de ser alámbrico) o por WIFI (inalámbrico) hacia un grabador el cual a su vez no solo almacena las imágenes, es el encargado de enviar la señal hacia el monitor en el cual el usuario final puede visualizar las tomas realizadas por las cámaras. [32]

a) Cámaras

Actualmente en el mercado se encuentra una gran variedad de cámaras disponibles dependiendo del uso que se le quiera dar, costos, características técnicas, etc. [33]

Para poder sesgar aún más la gran variedad de cámaras podemos mencionar tres grandes familias: [33]

- Cámaras IP: tienen la mejor calidad de imagen en Alta definición (High Definition), la resolución se mide en Megapíxel e incluyen funciones de detección inteligente con resolución hasta de 4K. Una de sus características principales es que pueden conectarse varias cámaras IP por un mismo cable de red. Existen de conexión WIFI, así como de transmisión de largo alcance por enlaces inalámbricos, algunas incluso tienen grabación interna en tarjetas Micro SD a las cuales se puede acceder remotamente por internet (P2P).
- Cámaras con tecnología Híbrida: al ser compatibles con tecnología analógica permiten modernizar un sistema análogo a HD empleando el mismo cableado (Coaxial o UTP). Su resolución real es aproximadamente un 70% con respecto al especificado en cámaras IP (medido en Megapíxel), lo cual depende de la distancia y tipo de cable.

- Cámaras Análogas: su resolución se mide en líneas (TVL), convirtiéndola en la tecnología más antigua del mercado. Su principal ventaja es el costo, sin embargo, la calidad disminuye considerablemente.

b) Grabador

Para escoger el grabador de nuestro circuito cerrado debe conocerse la cantidad de cámaras requeridas (canales), tiempo de grabación (cantidad de discos duros) y la calidad de imagen o resolución de las cámaras (determina el ancho de banda del NVR). Incluso los grabadores actuales incluyen análisis de video inteligente. [33]

Es relevante mencionar que el grabador de las cámaras IP es un NVR (Network Video Recorder) y el usado para cámaras híbridas es un grabador híbrido (HCVR). Estos últimos permiten conectar cámaras con distintas tecnologías. [33]

3.1.11 Motores

Los motores son esencialmente máquinas destinadas a transformar una energía origen (químico, eléctrico, potencial o cinético) en energía mecánica en forma de rotación de un eje o movimiento de un pistón. [34]

a) Motores eléctricos

Un motor eléctrico puede estar definido según sus características (cables e imanes) internas, adicionalmente, la potencia estará definida por el calibre del cable, número de vueltas y tensión eléctrica aplicada. Sus características generales son: [34]

- Rendimiento: cociente entre la potencia útil y la potencia absorbida, se representa por la letra η .
- Velocidad de giro o nominal: número de rotaciones por minuto (RPM) se representa por la letra n .
- Potencia: Trabajo realizado en una unidad de tiempo a una velocidad de giro. Se mide en caballos por vapor (CV), $1CV=736W$.
- Par motor: momento de rotación sobre el eje del motor que determina el giro, midiéndose en $kg*m$ o $N*m$.

b) Motores paso a paso

Es un motor electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en movimientos angulares, es decir, es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de las entradas de control. [35]

Este tipo de motores son ideales para mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos ya que su principal cualidad es poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le envíe. La variación de sus movimientos puede variar desde 90° hasta movimientos de 1.8°. Gracias a esta cualidad son tan populares para proyectos en los cuales se moverán motores dependiendo de microcontroladores además de tener la habilidad de quedar estáticos en una misma posición si una o más bobinas se encuentran energizadas o libres de corriente. [35]

3.2 Tecnología

3.2.1 Tecnología IoT

En el mercado se encuentran diferentes microcontroladores destinados a aplicar la tecnología IoT, por esta razón es muy útil encontrar microcontroladores en un solo circuito impreso (SBC), ya que estos permiten implementar las funciones de cerebro y receptor/emisor de señales provenientes de sensores, y a su vez enviar señales de control a diferentes actuadores. [23]

A continuación, varios de los más destacados en la actualidad teniendo en cuenta costo beneficio. [23]

a) Arduino Uno

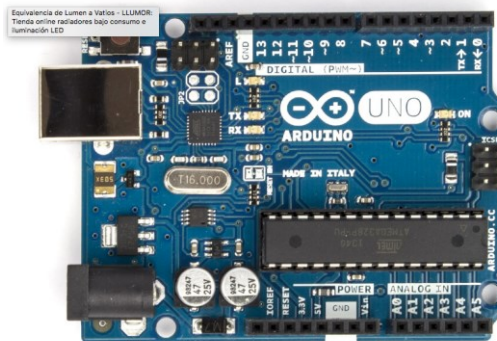


Figura 9. Arduino Uno. [23]

Tabla 2. Especificaciones técnicas Arduino Uno. [23]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Microcontrolador: ATmega238
Voltaje Operativo: 5v
Voltaje de entrada(recomendado): 7-12 volts
Pines de entrada/Salida Digital: 14 (de las cuales 6 son salidas PWM)
Pines de entradas Análogas: 6

Memoria Flash: 32 KB (Atmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por bootloader.
SRAM: 2 KB (Atmega328)
EEPROM: 1 KB (Atmega328)
Velocidad del Reloj: 16MHZ

b) Raspberry PI 3B+

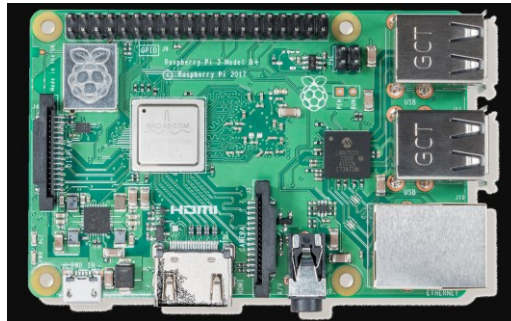


Figura 10. Raspberry PI 3B+ [23]

Tabla 3. Especificaciones técnicas Raspberry PI 3B+. [23]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bits SoC @ 1.4Ghz
Wi-Fi + Bluetooth: 2.4Ghz y 5Ghz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE
Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB (300 Mbs)
GPIO: 40 pines
Video: HDMI
4 puertos USB 2.0
Puerto CSI y DSI para conectar una cámara y pantalla táctil.
MicroSD
Power-over-Ethernet (PoE)

c) NodeMCU v3



Figura 11. NodeMCU v3. [23]

Tabla 4. Especificaciones técnicas NodeMCU v3. [23]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Procesador: ESP8266 @ 80MHz (3.3V) (ESP-12E)
4MB de memoria FLASH (32 MBit)
WiFi 802.11 b/g/n
Regulador 3.3V integrado (500mA)
Conversor USB-Serial CH340
Función Auto-reset
9 pines GPIO con I2C y SPI
1 entrada analógica (1.0V max)
Entrada alimentación externa VIN (20V max)

3.2.2 Paneles solares

En el mercado se pueden encontrar varios tipos de paneles solares monocristalinos o policristalinos, Teniendo en cuenta un distribuidor líder en el mercado se pueden resaltar los siguientes paneles solares a 12V DC.

a) Panel Solar 330W 24V policristalino Bauer.



Figura 12. Panel Solar 330W 24V policristalino Bauer. [20]

Tabla 5. Especificaciones Panel Solar 330W 24V policristalino Bauer. [20]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Potencia del Panel Solar: 330W
Tipo de Célula del Panel Solar: Policristalino
Rigidez del Panel Solar: Rígido
Dimensiones del Panel Solar: 1956 x 992 x 40 mm
Tensión Máxima Potencia: 37.95V
Corriente en Cortocircuito ISC: 9.3A
Eficiencia del Módulo: 17%
Amperios Máximos de Salida IMP: 8.7A
Tensión en Circuito Abierto: 45.75V

Voltaje de Trabajo del Panel Solar: 24V
Peso del Panel Solar: 20.9 Kg
Marco del Panel Solar: Blanco y Gris

b) Panel Solar 200W 12V Policristalino Bauer



Figura 13. Panel Solar 200W 12V Policristalino Bauer [20]

Tabla 6. Especificaciones Panel Solar 200W 12V Policristalino Bauer. [20]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Potencia del Panel Solar: 200W
Tipo de Célula del Panel Solar: Policristalino
Rigidez del Panel Solar: Rígido
Dimensiones del Panel Solar: 1332 x 992 x 35 mm
Tensión Máxima Potencia: 18.2V
Corriente en Cortocircuito ISC: 11.86A
Amperios Máximos de Salida IMP: 11.86A
Tensión en Circuito Abierto: 22.7V
Voltaje de Trabajo del Panel Solar: 12V
Peso del Panel Solar: 14.2 Kg
Marco del Panel Solar: Blanco y Gris
Garantía del Panel Solar: 25 años

c) Panel Solar 150W 12V Policristalino SHS



Figura 14. Panel Solar 150W 12V Policristalino SHS. [20]

Tabla 7. Especificaciones Panel Solar 150W 12V Policristalino SHS. [20]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Potencia del Panel Solar: 150W
Tipo de Célula del Panel Solar: Policristalino
Rigidez del Panel Solar: Rígido
Dimensiones del Panel Solar: 1482 x 676 x 35 mm
Tensión Máxima Potencia: 18.3V
Corriente en Cortocircuito ISC: 8.69A
Amperios Máximos de Salida IMP: 8.69A
Tensión en Circuito Abierto: 22.7V
Voltaje de Trabajo del Panel Solar: 12V
Peso del Panel Solar: 11 Kg
Marco del Panel Solar: Blanco y Gris
Garantía del Panel Solar: 25 años

3.2.3 Lámparas LED

Teniendo en cuenta el amplio mercado de luminarias actuales, es necesario limitar la búsqueda a reflectores LED, los cuales nos dan una economía y potencia ideales para proyectos relacionados con energía solar en espacios abiertos. Con base a lo anterior a continuación se muestran los reflectores más relevantes en el mercado actual con diferentes potencias.

a) Lámpara LED 20W Excelite recargable



Figura 15, Lámpara LED 20W Excelite.

Tabla 8. Especificaciones lámpara LED 20W Excelite.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Potencia: 20W
Lúmenes: 1600-1800lm
Grado IP: IP65
Tiempo de recarga: 5 horas para 3 horas de trabajo
Batería: litio
Voltaje: 7,4V
Corriente: 4,4A max

Vida útil: 20000 horas
Garantía: 2 años
Color: 6400K
IRC: 80

b) Lámpara LED 50W Sparkled

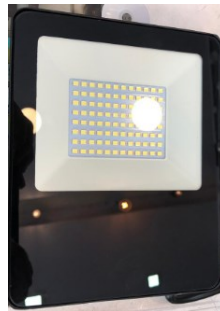


Figura 16. Lámpara LED 50W Sparkled.

Tabla 9. Especificaciones lámpara LED 50W Sparkled.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Potencia: 50W
Lúmenes: 4000lm
Grado IP: IP65
Tiempo de recarga: no es recargable
Batería: NA
Voltaje: 100-240V
Corriente: 0,65A max
Vida útil: 30000 horas
Garantía: NA
Color: 6500K
IRC: 70

c) Lámpara LED 100W Bester

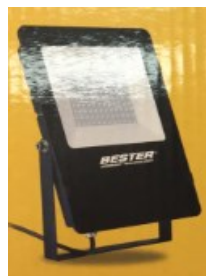


Figura 17. Lámpara LED 100W Bester.

Tabla 10. Lámpara LED 100W Bester.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Potencia: 100W
Lúmenes: 7000lm
Grado IP: IP65
Tiempo de recarga: no es recargable
Batería: NA
Voltaje: 100-240V
Corriente: 1A max
Vida útil: 15000 horas
Garantía: 1 año
Color: 6500K
IRC: 70

3.2.4 Baterías

En definitiva, las baterías de gel son las más apropiadas para diseños básicos alimentados con energía solar fotovoltaica, sin embargo, las similitudes entre todas son bastantes y su mayor diferencia está marcada por los costos. Por esta razón a continuación se evidencian las más populares de cada una en el mercado actual y sus características básicas.

a) Batería de GEL 12V



Figura 18. Batería de GEL 12V. [20]

Tabla 11. Especificaciones batería de GEL 12V.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de la Batería: 12V
Energía Útil Almacenada: 50%
Posición de Trabajo de la Batería: Bornes en la parte superior
Amperios-Hora de la Batería: 115Ah

b) Batería estacionaria 12V



Figura 19. Batería estacionaria 12V. [20]

Tabla 12. Especificaciones batería estacionaria 12V.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de la Batería: 12V
Energía Útil Almacenada: 50%
Posición de Trabajo de la Batería: Bornes en la parte superior
Amperios-Hora de la Batería: 150Ah

c) Batería de litio 12V



Figura 20. Batería de litio 12V. [20]

Tabla 13. Especificaciones batería litio 12V.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de la Batería: 12V
Energía Útil Almacenada: 50%
Posición de Trabajo de la Batería: Bornes en la parte superior
Amperios-Hora de la Batería: 150Ah

3.2.5 Cámaras

En el mercado mundial existen muchos tipos de cámara para uso de vigilancia, más específicamente en Colombia existen varios proveedores de este tipo de tecnologías por lo cual a continuación se presentan las más reconocidas por su respaldo por parte de proveedores (DXT Colombia) y facilidad de conseguir en el país. Cabe resaltar, que se escogen específicamente las cámaras tipo Bullet (bala) debido a su facilidad de instalación en exteriores.

a) Cámara RCH-B10824



Figura 21. Cámara RCH-B10824. [36]

Tabla 14. Especificaciones cámara RCH-B10824. [36]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Dispositivo de imagen: 1/2.9" SONY 2.0 MP
Sensor: IMX323 + FH8536E
Dispositivo DSP: NVP2441H
Píxeles Efectivos: 1920(H)x1080(V), 1080P
Señal del Sistema: PAL/NTSC
Iluminación Mínima: 0.1 Lux
Obturador electrónico: AUTO/1/50(1/60)-1/100,000sec
Ratio S/N: >52dB
Gama: 0.45
Lente: 2,8mm
Ángulo Horizontal: 90°
Salida de video: 1.0 Vp-p,75
Fuente de Alimentación: DC 12V± 10%
Corriente: 500mA
IR: 24pcs-20M

b) Cámara RCH-B10824-2



Figura 22. Cámara RCH-B10824-2. [36]

Tabla 15. Especificaciones cámara RCH-B10824-2 [36]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Sensor: 1/3" SONY
Dispositivo DSP: IMX322
Píxeles Efectivos: 1920(H)x 1080(V), 1080P
Señal de video: AHD
Señal del Sistema: PAL/NTSC
Iluminación Mínima: 0.1 Lux
Obturador electrónico: AUTO/1/50(1/60)-1/100,000sec
Ratio S/N: >50dB
Gama: 0.45
Lente: 3,6 mm
Ángulo Horizontal: 82°
Salida de video: 1.0 Vp-p,75
Fuente de Alimentación: DC 12V± 10%
Corriente: 1A
IR: 24pcs-20M

c) Cámara RCH-B10842V



Figura 23. Cámara RCH-B10842V. [36]

Tabla 16. Especificaciones cámara RCH-B10842V. [36]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Dispositivo de imagen: 1/2,7" SONY 2.0 MP Sensor
Sensor: IMX323 + FH8536E
Dispositivo DSP: NVP2441H
Píxeles Efectivos: 1920(H)x1080(V), 1080P
Señal del Sistema: PAL/NTSC
Iluminación Mínima: 0.1 Lux
Obturador electrónico: AUTO/1/50(1/60)-1/100,000sec
Ratio S/N: >52dB
Gama: 0.45
Lente: Varifocal 2,8-12 mm
Ángulo Horizontal: 90°-22°

Salida de video: 1.0 Vp-p,75
Fuente de Alimentación: 12V± 10%
Corriente: 1A
IR: 42pcs-40M

3.2.6 Grabador (DVR)

Un circuito cerrado de seguridad no solo depende de las cámaras, también es necesario un buen sistema de digitalización, almacenamiento y administración para las imágenes registradas por las cámaras. Teniendo en cuenta que las cámaras mencionadas anteriormente no son IP, es necesario un DVR y no un NVR (trabaja con cámaras IP). Con base en lo anterior, se presentan los siguientes DVR ya que son distribuidos por un proveedor reconocido en el país y de fácil acceso en el mercado.

a) DVR RDH-41108AE



Figura 24. DVR RDH-41108AE. [37]

Tabla 17. Especificaciones DVR RDH-41108AE. [37]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Canales de video: 4CH
Compresión de video: H.264
Tipo de video: PAL/NTSC
Entrada de video: 1CH BNC (1.0 Vp-p, 75Ω)
Entradas de audio: 1CH
Compresión de audio: G.711
Conector salida audio: RCA
VGA: 1 CH Res: 1920 x 1080P/60Hz
HDMI: 1 CH Res: 1920 x 1080P/60Hz
AUDIO: 1 RCA
Resolución de grabación: D1, 960H, 1080N
Frame rate: 30 fps (NTSC), 25 fps (PAL)
Video bit rate: 244Kbps~1958Kbps
Tipo de stream: Video/Video&Audio
Audio bit rate: 64Kbs
Doble stream: Soporta
Energía: 100~240 VAC, 4A, 50~60Hz, a 12 VDC
Consumo: 4.92W, 410 mA (sin disco duro)
Temperatura de Trabajo: -10 °C ~ + 55 °C
Humedad: 10% ~ 90%

Dimensiones: 335(W) x 250(D) x 50(H) mm
Tipo de interfaz: 1 Interfaz SATA para 1 HDD
Capacidad: 4TB de capacidad por HDD
Conector de red: RJ45 10M/100M Ethernet adaptativo
Conector USB: 3CH - USB 2.0
Conector PTZ: 1CH - RS-485

b) DVR RDH-84108AE



Figura 25. DVR RDH-84108AE. [37]

Tabla 18. DVR RDH-84108AE. [37]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Canales de video: 8CH
Compresión de video: H.264
Tipo de video: PAL/NTSC
Entrada de video: 1CH BNC (1.0 Vp-p, 75Ω)
Entradas de audio: 4CH
Compresión de audio: G.711
Conector salida audio: RCA
VGA: 1 CH Res: 1920 x 1080P/60Hz
HDMI: 1 CH Res: 1920 x 1080P/60Hz
AUDIO: 1 RCA
Resolución de grabación: D1, 960H, 1080N
Frame rate: 30 fps (NTSC), 25 fps (PAL)
Video bit rate: 244Kbps~1958Kbps
Tipo de stream: Video/Video&Audio
Audio bit rate: 64Kbs
Doble stream: Soporta
Energía: 100~240 VAC, 4A, 50~60Hz, a 12 VDC
Consumo: 4.92W, 410 mA (sin disco duro)
Temperatura de Trabajo: -10 °C ~ + 55 °C
Humedad: 10% ~ 90%
Dimensiones: 335(W) x 250(D) x 50(H) mm
Tipo de interfaz: 1 Interfaz SATA para 1 HDD
Capacidad: 4TB de capacidad por HDD
Conector de red: RJ45 10M/100M Ethernet adaptativo
Conector USB: 3CH - USB 2.0
Conector PTZ: 1CH - RS-485

c) *DVR RDH-84108AH*



Figura 26. DVR RDH-84108AH. [37]

Tabla 19. DVR RDH-84108AH. [37]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Canales de video: 8CH
Compresión de video: H.264
Tipo de video: PAL/NTSC
Entrada de video: 1CH BNC (1.0 Vp-p, 75Ω)
Entradas de audio: 4CH
Compresión de audio: G.711
Conector salida audio: RCA
VGA: 1 CH Res: 1920 x 1080P/60Hz
HDMI: 1 CH Res: 1920 x 1080P/60Hz
AUDIO: 1 RCA
Resolución de grabación: D1, 960H, 1080N
Frame rate: 30 fps (NTSC), 25 fps (PAL)
Video bit rate: 244Kbps~1958Kbps
Tipo de stream: Video/Video&Audio
Audio bit rate: 64Kbs
Doble stream: Soporta
Energía: 100~240 VAC, 4A, 50~60Hz, a 12 VDC
Consumo: 4.92W, 410 mA (sin disco duro)
Temperatura de Trabajo: -10 °C ~ + 55 °C
Humedad: 10% ~ 90%
Dimensiones: 335(W) x 250(D) x 50(H) mm
Tipo de interfaz: 2 Interfaces SATA para 2 HDD
Capacidad: 4TB de capacidad por HDD
Conector de red: RJ45 10M/100M Ethernet adaptativo
Conector USB: 3CH - USB 2.0
Conector PTZ: 1CH - RS-485

3.2.7 Aplicaciones o software de interfaz para control de Arduino

En la actualidad existen diversas aplicaciones para poder comunicar un dispositivo móvil a un Arduino u otros microcontroladores. A continuación, se encuentran los más usados en el mercado y de uso libre.

a) Blynk

Blynk es una plataforma de fácil uso y aprendizaje que puede ser descargada en plataformas con sistemas operativos iOS o Android. El software está orientado a realizar proyectos destinados a controlar y administrar cualquier tipo de microcontrolador. Por medio de este software los usuarios tienen la posibilidad de crear una interfaz gráfica de dispositivos móviles con el fin de agilizar y garantizar la usabilidad del programa.

Con el fin de garantizar una programación bastante amigable con el usuario, esta plataforma permite realizar cambios por medio de herramientas digitales como deslizadores, switches, botones, entre otras.

b) Ubidots

Esta es una plataforma que es utilizada para la creación de proyectos con tecnología IoT, utilizando un servicio en la nube que permite almacenar datos acerca de sensores y visualizarlos y controlarlos en tiempo real a través de una página web. Esta plataforma puede ser utilizada por varios tipos de hardware libre como Arduino y Raspberry. Adicionalmente cuenta con un valor agregado que consta de notificaciones en tiempo real que pueden ser enviadas a un dispositivo móvil por medio de SMS o Email.

c) ThingSpeak

ThingSpeak es una plataforma IoT que como muchas otras da la posibilidad de recolectar y almacenar diferentes datos provenientes de otros dispositivos electrónicos y de esta manera lograr desarrollar aplicaciones. Al igual que otras plataformas, permite el análisis y visualización de los datos por medio de una interfaz gráfica fácil e intuitiva de usar.

3.2.8 Módulos GPRS

Dentro de la tecnología IoT es indispensable identificar cada uno de los componentes esenciales para su desarrollo como sensores, microcontroladores, la nube, plataformas de desarrollo, y comunicación o red; los últimos mencionados son de gran relevancia ya que permiten la colectividad entre distintos dispositivos. Teniendo en cuenta que se debe hacer un énfasis en dispositivos que permitan conectividad a largas distancias es necesario limitar dichos dispositivos a aquellos que permitan una comunicación por telefonía celular. Basados en lo anterior, se presentan los siguientes módulos GSM/GPRS.

a) *Modulo GSM/GPRS SIM800*



Figura 27. Modulo GSM/GPRS SIM800. [38]

Tabla 20. Especificaciones modulo GSM/GPRS SIM800.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de Operación: 3.4V ~ 4.4V DC
Nivel lógico: 3V - 5V
Consumo de corriente: 0.7 mA (sleep), 500mA (max)
Interfaz: Serial UART
Bandas de frecuencia: Quad-band 850/900/1800/1900MHz, cualquier red GSM
Iluminación Mínima: 0.1 Lux
Mensajería: Permite enviar y recibir mensajes SMS
Datos: Enviar y recibir datos GPRS
Receptor: FM
Comandos de control: AT
Tamaño de SIM: Micro SIM

b) *Modulo GSM/GPRS SIM800L*



Figura 28. Modulo GSM/GPRS SIM800L. [39]

Tabla 21. Especificaciones modulo GSM/GPRS SIM800L. [39]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de Operación: 3.7 - 4.2 V
Nivel lógico: 3V - 5V
Consumo de corriente: 0.7 mA (sleep), 500mA (max)
Interfaz: Serial UART
Bandas de frecuencia: Quad-band 850/900/1800/1900MHz, cualquier red GSM
Iluminación Mínima: 0.1 Lux
Mensajería: Permite enviar y recibir mensajes SMS
Datos: Enviar y recibir datos GPRS

Receptor: FM
Comandos de control: AT
Tamaño de SIM: Micro SIM

c) Modulo GSM/GPRS SIM900



Figura 29. Modulo GSM/GPRS SIM900. [40]

Tabla 22. Especificaciones modulo GSM/GPRS SIM900. [40]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de Operación: 3.7 - 4.2 V
Nivel lógico: 3V - 5V
Consumo de corriente: 0.7 mA (sleep), 500mA (max)
Interfaz: Serial UART
Bandas de frecuencia: Quad-band 850/900/1800/1900MHz, cualquier red GSM
Iluminación Mínima: 0.1 Lux
Mensajería: Permite enviar y recibir mensajes SMS
Datos: Enviar y recibir datos GPRS
Receptor: FM
Comandos de control: AT
Tamaño de SIM: Micro SIM

3.2.9 Motores paso a paso

Dentro de la gran gama de motores eléctricos del mercado los más apropiados para proyectos en los cuales se necesita de leves movimientos programados por un microcontrolador, pero con gran precisión, son los motores paso a paso ya se pueden encontrar fácilmente en el mercado y su costo es muy bajo. Las siguientes referencias de motores paso a paso son las más populares en el mercado teniendo en cuenta la relación costo-beneficio.

a) *Motor paso a paso hibrido Nema 23 9Kg-cm*

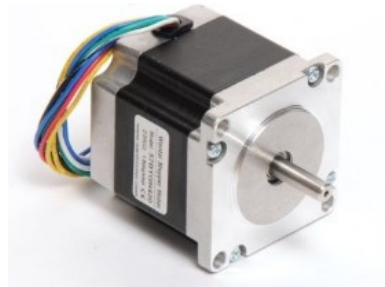


Figura 30. Motor paso a paso hibrido Nema 23 9Kg-cm. [41]

Tabla 23. Especificaciones motor paso a paso hibrido Nema 23 9Kg-cm. [41]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Pasos por revolución: 200
Ángulo de paso: $1,8^\circ$
Voltaje: 3.2V
Corriente: 2.0A / Fase
Resistencia: $1,6 \pm 10\% \Omega$ / Fase
Inductancia: $5.5 \pm 20\% \text{ mH}$ / Fase
Torque: 9 Kg/cm

b) *Motor paso a paso Wan Tai Stepper Motor 9Kg-cm*



Figura 31. Motor paso a paso Wan Tai Stepper Motor 9Kg-cm. [42]

Tabla 24. Especificaciones motor paso a paso Wan Tai Stepper Motor 9Kg-cm. [42]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Pasos por revolución: 200
Ángulo de paso: $1,8^\circ$
Voltaje: 3V
Corriente: 2.0A / Fase
Resistencia: $1,5 \pm 10\% \Omega$ / Fase

Inductancia: $2,5 \pm 20\%$ mH / Fase
Torque: 9 Kg/cm

c) Motor paso a paso NEMA 23-size 14Kg-cm



Figura 32. Motor paso a paso NEMA 23-size 14Kg-cm. [42]

Tabla 25. Especificaciones motor paso a paso NEMA 23-size 14Kg-cm. [42]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Pasos por revolución: 200
Ángulo de paso: $1,8^\circ$
Voltaje: 8,4V
Corriente: 1.0A / Fase
Resistencia: $18,6 \pm 10\%$ Ω / Fase
Inductancia: $14 \pm 20\%$ mH / Fase
Torque: 14 Kg/cm

3.2.10 Reguladores

Parte fundamental de un buen control de carga y alimentación es el regulador que se utilice, es por esta razón que a continuación se presentan las opciones más relevantes teniendo en cuenta un rango de amperios alto que permita abastecer con suficiente eficiencia todos los consumos generados por los diferentes componentes que se requieran alimentar. También es necesario resaltar que se escogen los tipos PWM debido a que son fáciles de transportar y el costo.

a) Regulador 12V/24V 20A PWM Must Solar



Figura 33. Regulador 12V/24V 20A PWM Must Solar. [20]

Tabla 26. Especificaciones regulador 12V/24V 20A PWM Must Solar. [20]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de Trabajo del Regulador: Compatible con instalaciones a 12V y 24V
Voltaje de entrada Permitido desde Paneles: Igual que el voltaje en baterías 12 o 24V
Amperios Máximos de Carga del Regulador: 20A
Salida de Consumo en DC: 12V / 24V
Garantía del Convertidor de Corriente: 2 años

b) Regulador 12V/24V 30A PWM Must Solar



Figura 34. Regulador 12V/24V 30A PWM Must Solar. [20]

Tabla 27. Especificaciones regulador 12V/24V 30A PWM Must Solar. [20]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de Trabajo del Regulador: Compatible con instalaciones a 12V y 24V
Voltaje de entrada Permitido desde Paneles: Igual que el voltaje en baterías 12 o 24V
Amperios Máximos de Carga del Regulador: 30A
Salida de Consumo en DC: 12V / 24V
Garantía del Convertidor de Corriente: 2 años

c) Regulador 12V/24V 30A PWM Blue Solar LCD USB Victron



Figura 35. Regulador 12V/24V 30A PWM Blue Solar LCD USB Victron. [20]

Tabla 28. Especificaciones regulador 12V/24V 30A PWM Blue Solar LCD USB Victron.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de Trabajo del Regulador: Compatible con instalaciones a 12V y 24V
Voltaje de entrada Permitido desde Paneles: Igual al de baterías, 12V y 24V
Amperios Máximos de Carga del Regulador: 30A
Salida de Consumo en DC: 12V/24V
Voltaje de Trabajo del Regulador: Compatible con instalaciones a 12V y 24V

4 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Guayabal de Siquima: sector rural/urbano ubicado en Cundinamarca, 60 Km al oeste de Bogotá D.C. (noroccidente del departamento). [11]

Energía solar: la radiación solar es la energía emitida por el sol, la cual es propagada por todo el espacio y en todas las direcciones por medio de las ondas electromagnéticas. [5]

Paneles solares: los paneles o módulos solares son dispositivos diseñados con el fin de aprovechar la energía del sol. Básicamente están compuestos por un conjunto de células solares que convierten la luz en electricidad por medio de un fenómeno llamado efecto fotovoltaico, absorbiendo la energía del sol y haciendo que la corriente eléctrica fluya entre dos capas cargadas en la dirección opuesta. [13]

Baterías: los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica o acumuladores de energía son los encargados de suministrar energía independientemente de los generadores de esta. [18]

Regulador: el regulador de carga es el encargado de controlar y dirigir la cantidad de energía que fluye entre los paneles solares y la batería. [20]

IoT: esta tecnología se refiere al uso de dispositivos y sistemas conectados de manera inteligente con máquinas mecánicas o digitales y a objetos, animales o personas. [22]

Luminaria: una luminaria es el elemento encargado de distribuir, filtrar o transformar la luz por medio de una o varias lámparas y que a su vez contiene todos los complementos necesarios para su protección, conexión y fijación. [24]

Lámparas: las lámparas son las encargadas de producir luz de manera artificial. [25]

Circuito cerrado de televisión: Instalación de componentes conectados entre ellos que permiten crear un circuito de imágenes que solo pueden ser visualizadas por el administrador del sistema. [32]

Motor: los motores son esencialmente máquinas destinadas a transformar una energía origen (químico, eléctrico, potencial o cinético) en energía mecánica en forma de rotación de un eje o movimiento de un pistón. [34]

Lumen: es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

High Power Outdoor Wireless Router: es un dispositivo que amplía el rango de la señal Wi-Fi emitida por un router.

Vigilancia: consiste en el monitoreo de personas, objetos o procesos que se encuentran dentro de un sistema con el fin de detectar aquellos que incumplan o interfieran con las normas vigentes, intrusos, ladrones, entre otros. [43]

5 OBJETIVOS:

5.1 General

Diseñar e implementar un prototipo de iluminación y vigilancia alimentado con energía solar fotovoltaica.

5.2 Específicos

1. Levantar estado del arte referente a sistemas de iluminación, sistemas y dispositivos para circuitos cerrados de televisión, control, e implementación de sistemas IOT.
2. Diseñar un prototipo funcional para el abastecimiento eléctrico por medio de energía solar fotovoltaica.
3. Diseñar un prototipo funcional para el control automático de orientación de un panel solar, almacenamiento y distribución de energía proveniente del panel, y protocolos de contingencia.
4. Diseñar un prototipo de vigilancia e iluminación alimentado con energía solar fotovoltaica.
5. Diseñar una plataforma IOT para comunicación y control del prototipo.
6. Implementar un prototipo funcional para el abastecimiento eléctrico por medio de energía solar fotovoltaica.
7. Implementar un prototipo funcional para el control automático de orientación de un panel solar, almacenamiento y distribución de energía proveniente del panel, y protocolos de contingencia.
8. Implementar un prototipo de vigilancia e iluminación alimentado con energía solar fotovoltaica.
9. Implementar una plataforma IOT para comunicación y control del prototipo.
10. Implementar un sistema redundancia o respaldo para el almacenamiento de la información relacionada con el sistema de seguridad.
11. Realizar simulaciones del diseño mediante software.
12. Realizar plan de pruebas del prototipo.
13. Realizar pruebas y ajustes del prototipo.
14. Elaborar manuales de usuario y mantenimiento.

6 REQUERIMIENTOS

6.1 Funcionales

- El sistema debe ser alimentado únicamente por medio de energía solar fotovoltaica.
- El sistema debe contar con una batería principal y una secundaria, capaces de suministrar cada una la alimentación necesaria para cumplir con la autonomía de cada subsistema durante un día.
- El sistema debe contar con un panel solar capaz de abastecer por completo la batería principal o secundaria del sistema en un periodo máximo de 10 horas.
- La batería secundaria del sistema debe ser capaz de suministrar la alimentación necesaria para cumplir con la autonomía de cada subsistema durante un día.
- El sistema debe incluir un circuito cerrado de seguridad con autonomía de mínimo 4 horas.
- El circuito cerrado de seguridad debe cubrir un área estimada por el cliente de 200 m² y cuenta con visión nocturna.
- El circuito cerrado de seguridad debe incluir cámaras de vigilancia con una resolución mínima HD de 720p = $1280 \times 720 = 921.600$ pixeles = 0,9216 Megapíxeles y un ángulo de visión de mínimo 18 grados.
- El circuito cerrado de seguridad debe contar con almacenamiento de videos de forma local en el sitio de implementación y en el dispositivo móvil del usuario.
- El circuito cerrado de seguridad debe poder ser activado/desactivado y visualizado mediante un dispositivo móvil.
- El sistema debe incluir un subsistema de iluminación con autonomía de mínimo 4 horas.
- El subsistema de iluminación debe ser activado/desactivado de forma remota mediante un dispositivo móvil.
- El sistema debe incluir un subsistema para el movimiento del panel con una autonomía de 1 hora.
- La posición del panel solar debe variar de manera automática, mínimo con 10 grados de resolución, en el plano horizontal y de acuerdo con la posición del sol desde las 7 am hasta las 4 pm.
- El sistema debe incluir un subsistema de control (controlador) para todo el prototipo con una autonomía de 24 horas.
- El subsistema de iluminación debe cubrir un área estimada por el cliente de 200 m² (exteriores).
- Las baterías deben entregar 12V DC.
- Todos los componentes deben trabajar con 12V DC.
- El sistema debe contar con un manual de uso que permita al usuario final su correcta manipulación.

6.2 De calidad

- Los paneles solares deben garantizar mínimo un 25% de su eficiencia total en clima despejado.

- Los paneles solares deben garantizar mínimo un 15% de su eficiencia total en clima nubado.
- Las baterías (primaria y secundaria) deben tener tolerancia de +30% sobre la potencia total del sistema.
- El sistema de almacenamiento local debe ser capaz de archivar mínimo 1 Terabyte de información.
- Las luminarias deben tener una tolerancia de +5% de lúmenes.

6.3 Restrictivos

- Las luminarias deben ser instaladas en un terreno plano.
- Las luminarias y las cámaras utilizadas deben manejar la norma IP65.
- El sistema debe utilizar un máximo de 4 cámaras de vigilancia. Por decisión del cliente.
- El sistema debe utilizar un máximo de 4 luminarias. Por decisión del cliente.
- La iluminación debe tener una altura mínima de 3 metros. Por decisión del cliente.
- Para la instalación del sistema se deben tener en cuenta las normas establecidas por Condensa para la instalación luminarias: AP 327 y AP328.

7 DISEÑO FUNCIONAL

Diseño de un sistema que permite alimentar mediante energía fotovoltaica la iluminación y la vigilancia de un área determinada en un espacio abierto. Lo anterior se realiza utilizando paneles solares como medio de recepción para la radiación solar y convirtiendo dicha radiación en energía eléctrica para su posterior uso en la alimentación de cámaras de video, luminarias y demás sistemas complementarios de control y comunicación. El diseño del sistema será realizado para una finca ubicada en Guayabal de Siquima en un área fija con el fin de mejorar los niveles de seguridad y de esta manera generar una mayor tranquilidad para su propietario.

A continuación, se presentan dos propuestas de solución del súper sistema con sus respectivos diagramas de bloques y subsistemas.

7.1 Primera propuesta de solución

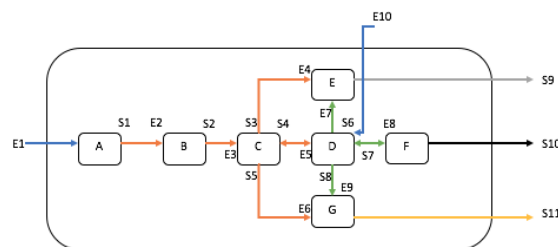


Figura 36. Diagrama de bloques propuesta 1

De la anterior ilustración se pueden describir las siguientes entradas y salidas del súper sistema:

7.1.1 Entradas

- [E1]: radiación solar global (W/m²)
- [E2]: energía eléctrica (Watts)
- [E3]: energía eléctrica (Watts)
- [E4]: energía eléctrica (Watts)
- [E5]: energía eléctrica (Watts)
- [E6]: energía eléctrica (Watts)
- [E7]: señal eléctrica de control (Voltios)
- [E8]: señal eléctrica de control (Voltios)
- [E9]: señal eléctrica de control (Voltios)
- [E10]: señal digital de control remota de usuario

7.1.2 Salidas

- [S1]: energía eléctrica (Watts)
- [S2]: energía eléctrica (Watts)
- [S3]: energía eléctrica (Watts)
- [S4]: energía eléctrica (Watts)
- [S5]: energía eléctrica (Watts)
- [S6]: señal eléctrica de control (Voltios)
- [S7]: señal eléctrica de control (Voltios)
- [S8]: señal eléctrica de control (Voltios)
- [S9]: vigilancia por medio de video
- [S10]: movimiento del panel (grados)
- [S11]: iluminación (Watts)

7.1.3 Funciones de cada caja

En este diseño se evidencia la variable física (E1) entrando al subsistema A compuesto por paneles solares, este a su vez recolecta toda la radiación solar y la convierte en energía eléctrica (S1), esta se envía hacia un regulador de carga o subsistema B el cual recolecta toda la energía proveniente de los paneles solares (E2) para realizar el proceso de regulación y distribución de energía eléctrica (S2) hacia las baterías que se encuentran en el subsistema C, a su vez el regulador también es el encargado de distribuir la energía eléctrica (S3, S4 y S5) de las baterías a los demás subsistemas E, D y G, los cuales reciben la energía eléctrica (E4, E5 y E6) como fuente de alimentación.

A continuación, el Subsistema D (control) se encarga de realizar una etapa de control sobre los subsistemas C (baterías), E (Circuito cerrado de seguridad), F (control de movimiento del panel) y G (iluminación) por medio de señales eléctricas (E7, E8 y E9) con el fin de enviar

y recibir información de C, E, F, G y/o orden de manera remota por parte del usuario en forma de señales digitales (E10), es decir, se procede a procesar la señal digital y realizar acciones sobre el subsistema que lo requiera por medio de señales eléctricas (S6, S7 y S8). Finalmente, el subsistema E entrega una vigilancia por medio de video (S9), el subsistema F entrega un movimiento del panel medido en grados (S10) y el subsistema G entrega iluminación en watts (S11).

7.2 Segunda propuesta de solución

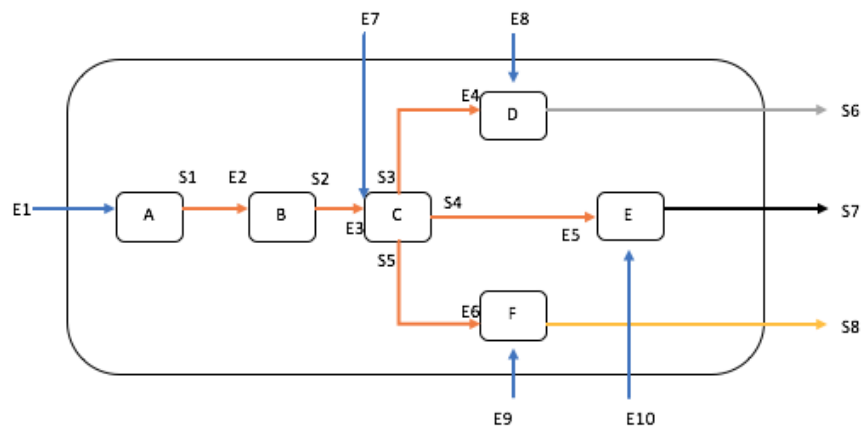


Figura 37. Diagrama de bloques propuesta 2.

De la anterior ilustración se pueden describir las siguientes entradas y salidas del súper sistema:

7.2.1 Entradas

- [E1]: radiación solar global (W/m²)
- [E2]: energía eléctrica (Watts)
- [E3]: energía eléctrica (Watts)
- [E4]: energía eléctrica (Watts)
- [E5]: energía eléctrica (Watts)
- [E6]: energía eléctrica (Watts)
- [E7]: señal digital de control remota de usuario
- [E8]: señal digital de control remota de usuario
- [E9]: señal digital de control remota de usuario
- [E10]: señal digital de control remota de usuario

7.2.2 Salidas

- [S1]: energía eléctrica (Watts)

- [S2]: energía eléctrica (Watts)
- [S3]: energía eléctrica (Watts)
- [S4]: energía eléctrica (Watts)
- [S5]: energía eléctrica (Watts)
- [S6]: vigilancia por medio de video
- [S7]: movimiento del panel (grados)
- [S8]: iluminación (watts)

7.2.3 Funciones de cada caja

En este diseño se evidencia la variable física (E1) entrando al subsistema A compuesto por paneles solares, este a su vez recolecta toda la radiación solar y la convierte en energía eléctrica (S1), esta se envía hacia un regulador de carga o subsistema B el cual recolecta toda la energía proveniente de los paneles solares (E2) para realizar el proceso de regulación y distribución de energía eléctrica (S2) hacia las baterías que se encuentran en el subsistema C, a su vez el regulador también es el encargado de distribuir la energía eléctrica (S3, S4 y S5) de las baterías a los demás subsistemas E, D y F, los cuales reciben la energía eléctrica (E4, E5 y E6) como fuente de alimentación.

A continuación, los subsistemas C (baterías), D (Circuito cerrado de seguridad), E (control de movimiento del panel) y F (iluminación) reciben una etapa de control por medio de señales digitales (E7, E8 y E9 y E10) con el fin de enviar y recibir información de C, D, E y F, de inmediato cada subsistema procede a procesar la señal y realizar las acciones que se requieran. Finalmente, el subsistema D entrega una vigilancia por medio de video (S6), el subsistema E entrega un movimiento del panel en grados (S7) y el subsistema F entrega iluminación en watts (S8).

7.3 Selección de alternativa

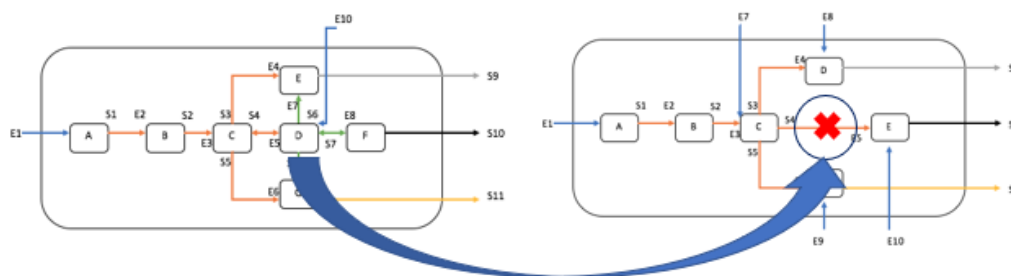


Figura 38. Comparativo de propuestas de solución.

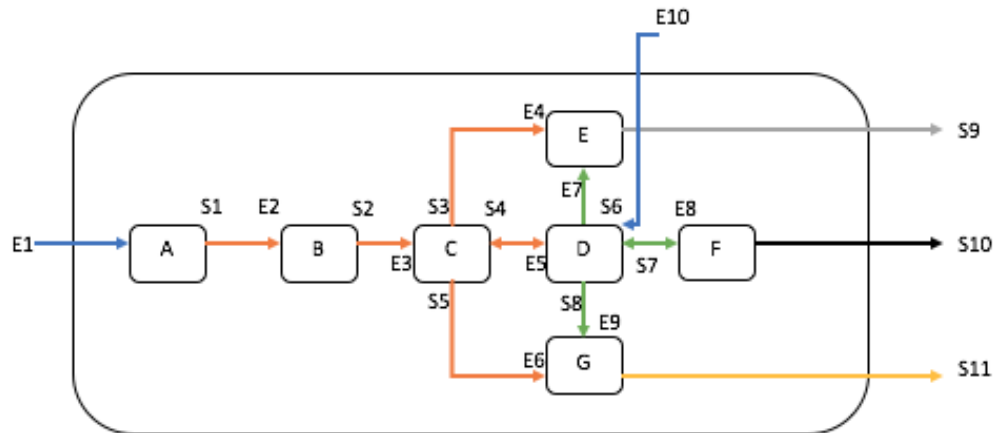


Figura 39. Diagrama de bloques propuesta seleccionada.

De acuerdo con los diagramas de bloques mencionados anteriormente se llega a la conclusión de escoger la propuesta 1 debido a que al tener todas las entradas y salidas correspondientes a señales de control centralizadas como un solo subsistema facilita la implementación del prototipo, así mismo, se le facilita al cliente la interacción con todo el súper sistema al no tener que controlar cada dispositivo de manera separada.

8 DISEÑO DETALLADO

El objetivo de este capítulo es mostrar de manera individual y detallada cada uno de los módulos del diagrama funcional, evidenciando así la lógica de los subsistemas y los componentes a usar para cada uno de ellos. Es necesario mencionar que se deben hacer unos estudios y cálculos previos a la descripción de cada subsistema con el fin de detallar y evaluar algunos requerimientos mencionados anteriormente y que son necesarios para el diseño de cada uno. Es por esta razón que el orden de los subsistemas no refleja el orden en el cual fueron realizados algunos cálculos del sistema completo, es decir, para poder obtener un diseño del subsistema A fue necesario diseñar primero el subsistema B; a su vez, para diseñar el subsistema B fue necesario diseñar el subsistema C y así sucesivamente hasta llegar a los subsistemas E, F y G.

8.1 Requerimientos de subsistemas

Este ítem muestra las especificaciones de cada uno de los subsistemas de forma detallada y específica, permitiendo de esta manera evidenciar cada uno de los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento y realización del proyecto.

8.1.1 Requerimientos Subsistema A.

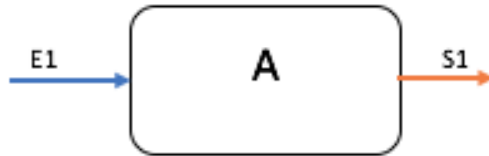


Figura 40. Subsistema A.

a) Entradas

- [E1]: radiación solar global (4,5167 KWh/m2 por día)

b) Salidas

- [S1]: energía eléctrica (Watts)

En este subsistema A (paneles solares) se evidencia la variable física (E1) entrando al subsistema compuesto por paneles solares, este recolecta toda la radiación solar la convirtiéndola en energía eléctrica (S1).

c) Requerimientos

- El subsistema debe ser capaz de recargar una batería completamente en un periodo máximo de 10 horas.
- El subsistema debe tener una eficiencia mínima de 15% en clima nublado.
- El peso del panel debe ser igual o inferior a 40 libras.

8.1.2 Requerimiento Subsistema B

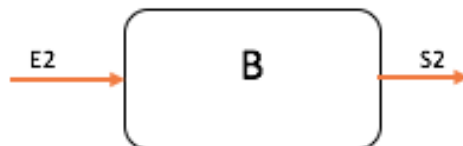


Figura 41. Subsistema B

a) Entradas

- [E2]: energía eléctrica (Watts)

b) Salidas

- [S2]: energía eléctrica (Watts)

El regulador de carga o subsistema B es el encargado de recolectar toda la energía proveniente de los paneles solares (E2) realizando el proceso de regulación y distribución de energía eléctrica (S2).

c) Requerimientos

- El subsistema debe ser capaz de prevenir sobrecargas de las baterías.
- El subsistema debe trabajar a un amperaje suficiente para el consumo generado por cada componente alimentado.

8.1.3 Requerimiento Subsistema C

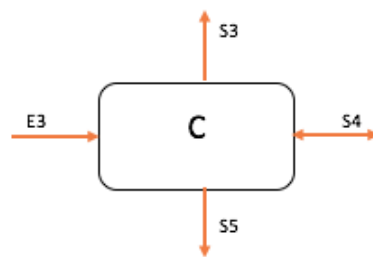


Figura 42. Subsistema C

a) Entradas

- [E3]: energía eléctrica (Watts)

b) Salidas

- [S3]: energía eléctrica (12v DC)
- [S4]: energía eléctrica (12v DC)

- [S5]: energía eléctrica (12v DC)

La energía recibida (E3) en el subsistema C (baterías) es almacenada para posteriormente ser distribuida (S3, S4 y S5).

c) Requerimientos

- El subsistema debe entregar un voltaje de 12v DC.
- El subsistema debe ser capaz de abastecer la alimentación de todo el sistema para la autonomía de cada componente en un (1) día.
- El subsistema debe tener tolerancia de +30% sobre la potencia total del sistema.
- La vida útil de la batería debe ser superior a los 10 años.

8.1.4 Requerimientos Subsistema D.

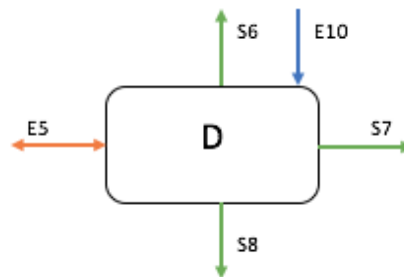


Figura 43. Subsistema D

a) Entradas

- [E5]: energía eléctrica (12V DC)
- [E10]: señal digital de control remota de usuario

b) Salidas

- [S6]: señal eléctrica de control (Voltios)
- [S7]: señal eléctrica de control (Voltios)
- [S8]: señal eléctrica de control (Voltios)

El Subsistema D (control) se encarga de realizar una etapa de control (S6, S7 y S8) sobre los subsistemas E, F y G, así mismo, el subsistema recibe señales digitales de manera remota por parte del usuario (E10) y un abastecimiento eléctrico de las baterías (E5).

c) Requerimientos

- El subsistema debe permitir conexión inalámbrica.
- El subsistema debe tener ser compatible con plataformas IoT.

8.1.5 Requerimientos Subsistema E.

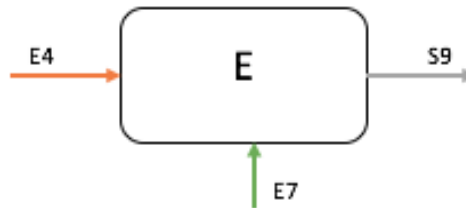


Figura 44. Subsistema E

a) Entradas

- [E4]: energía eléctrica (12v DC)
- [E7]: señal eléctrica de control (Voltios)

b) Salidas

- [S9]: vigilancia por medio de video

El subsistema E (Circuito cerrado de seguridad) recibe la energía eléctrica (E4) como fuente de alimentación, así mismo, recibe señales eléctricas de control (E7) del subsistema D. Finalmente el subsistema E entrega una vigilancia por medio de video (S9).

c) Requerimientos

- Las cámaras de vigilancia deben tener una resolución mínima HD de 720p = $1280 \times 720 = 921.600$ pixeles = 0,9216 Megapíxeles y un ángulo de visión de mínimo 18 grados.
- El subsistema debe cubrir un área de 200m² y cuente con visión nocturna.
- El circuito cerrado debe poder ser visualizado y activado/desactivado mediante un dispositivo móvil.
- El subsistema debe contar con almacenamiento de videos de forma local en el sitio de implementación y en el dispositivo móvil del usuario.
- El subsistema debe ser capaz de almacenar de forma local mínimo 1 Terabyte de información.

- El subsistema debe utilizar un máximo de 4 cámaras de vigilancia. Por decisión del cliente.

8.1.6 Requerimientos Subsistema F.



Figura 45. Subsistema F

a) Entradas

- [E8]: señal eléctrica de control (Voltios)

b) Salidas

- [S10]: movimiento del panel (grados)

El subsistema F (control de movimiento del panel) recibe señales eléctricas de control (E8) del subsistema D. Finalmente el subsistema F entrega un movimiento en grados del panel en el eje horizontal (S10).

c) Requerimientos

- El subsistema debe moverse con una resolución mínima de 10 grados.
- El subsistema debe moverse de acuerdo con la posición del sol desde las 7 am hasta las 4 pm.

8.1.7 Requerimientos Subsistema G.

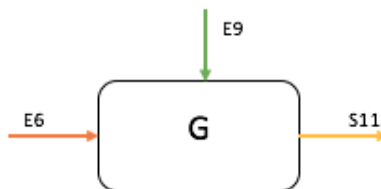


Figura 46. Subsistema G

a) Entradas

- [E6]: energía eléctrica (12v DC)
- [E9]: señal eléctrica de control (Voltios)

b) Salidas

- [S11]: iluminación (Watts)

El subsistema G (iluminación) recibe la energía eléctrica (E6) como fuente de alimentación, así mismo, recibe señales eléctricas de control (E9) del subsistema D. Finalmente el subsistema G entrega iluminación con una potencia definida en watts (S11).

c) Requerimientos

- El subsistema debe encenderse y apagarse de forma remota mediante un dispositivo móvil.
- El subsistema debe trabajar con un voltaje de 12V DC.
- El subsistema debe manejar la norma IP65.
- El subsistema debe cubrir un área de 200m²
- El subsistema debe tener una tolerancia de +5% de lúmenes.
- El subsistema debe utilizar un máximo de 4 luminarias. Por decisión del cliente.
- Las iluminarías del subsistema deben estar instaladas a una altura mínima de 3 metros. Por decisión del cliente.

8.2 Requerimientos de componentes

A continuación, se presentan los requerimientos correspondientes a los diferentes componentes que se utilizaran, teniendo como base de selección los requerimientos que se presentaron anteriormente. Adicionalmente es necesario tener en cuenta parámetros de compatibilidad entre ellos partiendo desde los últimos subsistemas (E, F y G), ya que como se mencionó anteriormente, son los cálculos de estos subsistemas los que permiten diseñar todo el sistema en retrospectiva hasta llegar al subsistema A. También es relevante tener en cuenta los costos y facilidad de adquisición.

8.2.1 Requerimientos de componentes del subsistema A.

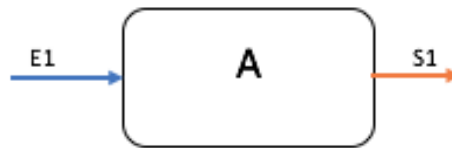


Figura 47. Subsistema A

En este subsistema A (paneles solares) se evidencia la variable física (E1) entrando al subsistema compuesto por paneles solares, este recolecta toda la radiación solar la convirtiéndola en energía eléctrica (S1).

a) Requerimientos

- El subsistema debe ser capaz de recargar una batería completamente en un periodo máximo de 10 horas.
- El subsistema debe tener una eficiencia mínima de 15% en clima nublado.
- El peso del panel debe ser igual o inferior a 40 libras.

Basados en los requerimientos anteriores, se procede con los cálculos necesarios para concluir las especificaciones que requieren los componentes del sistema.

b) Cálculos

Los paneles solares pueden ser mencionados como los más relevantes de todo el sistema, puesto que son los encargados de recolectar la energía fotovoltaica con la que será alimentado todo el sistema. Debido a lo anterior, es muy importante escoger el más adecuado basándose en los componentes escogidos en los demás subsistemas.

Debido a que la latitud es relevante para la posición solar y por ende posición del panel, se toma en cuenta la latitud geográfica de Guayabal de Siquima la cual corresponde a 4.883.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * [\phi] \quad (9)$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * [4.883] \quad (10)$$

$$\beta_{opt} = 9,27^\circ \quad (11)$$

Con el resultado anterior, se puede concluir que el panel debe estar con un ángulo de inclinación inicial y final de 10° para un óptimo funcionamiento. A continuación, es

necesario tener otros datos adicionales como HSP (horas solar pico) y potencia total del sistema para calcular la potencia que debe generar el panel por hora.

$$PotenciaTotal = PotenciaPanel * HSP * 0.9 [Whd] \quad (12)$$

$$PotenciaPanel = \frac{PotenciaTotal}{HSP} * 0.9 [Whd] \quad (13)$$

$$PotenciaPanel = \frac{1092,08WhWh/d}{4.63HSP} * 0.9 [Whd] \quad (14)$$

$$PotenciaPanel = 212.28Wh \quad (15)$$

Con la información anterior se procede a calcular el número total de paneles bajo la suposición de que exista un valor comercial para la potencia hallada.

$$N^{\circ}panel = \frac{E * 1.3}{E_{panel}} \quad (16)$$

$$N^{\circ}panel = \frac{273,02Wh * 1.3}{212.28Wh} \quad (17)$$

$$N^{\circ}panel = 1,67 \text{ paneles} \quad (18)$$

Con el fin de halla un valor comercial cercano al mínimo de potencia generado utilizando un supuesto de 1,44 paneles se realiza la siguiente ecuación.

$$PotenciaGenerada = 1,44 * 212.28Wh \quad (19)$$

$$PotenciaGenerada = 305,68Wh \quad (20)$$

c) Selección de componentes

- Panel solar

En la siguiente tabla se mencionan las referencias comerciales para paneles solares que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta facilidad de adquisición en la ciudad de Bogotá D.C., los requerimientos anteriormente mencionados y que sean policristalinos debido a tienen mejor comportamiento en climas cálidos.

Tabla 29. Comparación de componentes panel solar.

Requerimiento de componente	330W 24V policristalino Bauer.	200W 12V policristalino Bauer.	150W 12V policristalino SHS.
Peso inferior a 25Kg	20,9	14,2kg	11kg
Potencia mínima de 305,7Wh	330W	200W	150W
Máximo 24 V	24V	12V	12V

Mediante la información tomada de la tabla 30, es necesario seleccionar el panel 330W 24V de la marca Bauer debido a que permite trabajar con un solo panel disminuyendo costos considerablemente. A continuación, se muestra la ficha técnica del panel seleccionado.

Tabla 30. Ficha técnica panel solar 330W policristalino 24V.

FICHA TÉCNICA PANEL SOLAR 330W POLICRISTALINO 24V
Potencia del Panel Solar: 330W
Tipo de Célula del Panel Solar: Policristalino
Rigidez del Panel Solar: Rígido
Dimensiones del Panel Solar: 1956 x 992 x 40 mm
Tensión Máxima Potencia: 37.95V
Corriente en Cortocircuito ISC: 9.3A
Eficiencia del Módulo: 17%
Amperios Máximos de Salida IMP: 8.7A
Tensión en Circuito Abierto: 45.75V
Voltaje de Trabajo del Panel Solar: 24V
Peso del Panel Solar: 20.9 Kg
Marco del Panel Solar: Blanco y Gris

8.2.2 Requerimientos de componentes del subsistema B.

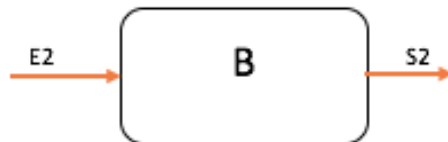


Figura 48. Componente subsistema B

El regulador de carga o subsistema B es el encargado de recolectar toda la energía proveniente de los paneles solares (E2) realizando el proceso de regulación y distribución de energía eléctrica (S2).

a) Requerimientos

- El subsistema debe ser capaz de prevenir sobrecargas de las baterías.
- El subsistema debe trabajar a un amperaje suficiente para el consumo generado por cada componente alimentado.

Basados en los requerimientos anteriores, se procede con los cálculos necesarios para concluir las especificaciones que requieren los componentes del sistema.

b) Cálculos

Si bien las baterías proporcionan la energía suficiente para alimentar todos los componentes del sistema, el regulador de carga es el realmente encargado de distribuir dicha energía y adicionalmente de cargar las baterías con la energía proveniente del panel solar. Por todo lo anterior, es necesario escoger el regulador adecuado teniendo en cuenta la potencia generada por el panel solar y el voltaje o tensión de la batería puesto que se usará un regulador PWM que trabaja al máximo voltaje que permita la batería sin afectar el voltaje generado por el panel.

$$CorrienteRegulador = \frac{PotenciaPanel}{VoltajeBateria} \quad (21)$$

$$CorrienteRegulador = \frac{330W}{12V} \quad (22)$$

$$CorrienteRegulador = 27.5A \quad (23)$$

c) Selección de componentes

- Regulador de carga

En la siguiente tabla se mencionan las referencias comerciales para reguladores que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta facilidad de adquisición en la ciudad de Bogotá D.C. y los requerimientos anteriormente mencionados.

Tabla 31. Comparación de componentes regulador.

Requerimiento de componente	Regulador 12V-24V 20A PWM Must Solar	Regulador 12V-24V 30A PWM Must Solar	Regulador 12V-24V 30A PWM Blue Solar LDC USB Victron
Voltaje de trabajo	12-24V	12-24V	12-24V
Voltaje de entrada permitido	12-24V	12-24V	12-24V
Amperios máximos de carga	20A	30A	30A
PWM	SI	SI	SI

Gracias a la tabla 32 se puede seleccionar el regulador de carga de Blue solar debido a que tiene un valor agregado conformado un puerto USB, lo anterior permite

obtener datos del regulador con el fin de ser analizados posteriormente. A continuación, se muestra la ficha técnica del panel seleccionado.

Tabla 32. Ficha técnica para regulador de carga Blue Solar.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Voltaje de Trabajo del Regulador: Compatible con instalaciones a 12V y 24V
Voltaje de entrada Permitido desde Paneles: Igual al de baterías, 12V y 24V
Amperios Máximos de Carga del Regulador: 30A
Salida de Consumo en DC: 12V/24V
Voltaje de Trabajo del Regulador: Compatible con instalaciones a 12V y 24V

8.2.3 Requerimientos de componentes del subsistema C.

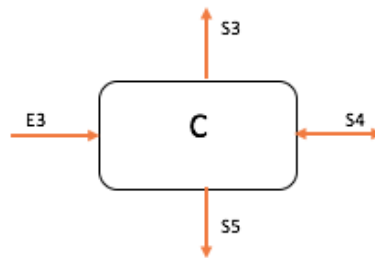


Figura 49. Componente subsistema C

La energía recibida (E3) en el subsistema C (baterías) es almacenada para posteriormente ser distribuida (S3, S4 y S5).

a) Requerimientos

- El subsistema debe entregar un voltaje de 12v DC.
- El subsistema debe ser capaz de abastecer la alimentación de todo el sistema para la autonomía de cada componente en un (1) día.
- El subsistema debe tener tolerancia de +30% sobre la potencia total del sistema.
- La vida útil de la batería debe ser superior a los 10 años.

Basados en los requerimientos anteriores, se procede con los cálculos necesarios para concluir las especificaciones que requieren los componentes del sistema.

b) Cálculos

Las baterías son uno de los subsistemas más relevantes ya que deben proveer la alimentación necesaria para todos los demás subsistemas. Por esta razón se debe calcular con precisión la potencia generada por cada componente del sistema en un día.

Tabla 33. Sumatoria de potencias.

Componente	Potencia generada	Número de componentes	Horas de trabajo	Total de potencia
Luminarias	50W	4	4	800Wh
Motor paso a paso	8,4W	1	1	8,4Wh
DVR	4,92W	1	4	19,68Wh
Cámara	12W	4	4	192Wh
Arduino	3W	1	24	72Wh
				1092,08Wh/d

Teniendo en cuenta la potencia total generada por el sistema en un día (1090,08Wh/d), el voltaje o tensión del sistema (12V), la profundidad de descarga de las baterías (70%) y la autonomía que requiera el sistema en días (1 día) procedemos a realizar el cálculo exacto de las baterías necesarias mediante la siguiente expresión.

$$\text{Capacidad de batería} = \frac{\text{Energía total diaria} \times \text{días de autonomía}}{\text{voltaje de operación} \times \text{profundidad de descarga}} \quad (24)$$

$$\text{Capacidad de batería} = \frac{1092,08\text{Wh/d} \times 1}{12\text{V} \times 0,7} \quad (25)$$

$$\text{Capacidad de batería} = 130,009\text{Ah} \quad (26)$$

c) Selección de componentes

- Baterías

En la siguiente tabla se mencionan las referencias comerciales de baterías que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta facilidad de adquisición en la ciudad de Bogotá D.C.

Tabla 34. Comparación de componentes baterías.

Requerimiento de componente	GEL 12V	Estacionaria 12V	Litio 12V
Mínimo 130,009Ah	115Ah	150Ah	150Ah
Voltaje 12V	12V	12V	12V

Basados en la tabla anterior, solo dos de las baterías comerciales cumplen con todos los requerimientos mencionados. Teniendo en cuenta el alto costo que tienen las baterías de litio se procede a utilizar la batería estacionaria. A continuación, se muestra la ficha técnica de la batería estacionaria.

Tabla 35. Ficha Técnica batería estacionaria 12V.

FICHA TÉCNICA BATERÍA ESTACIONARIA 12V
Voltaje de la Batería: 12V
Energía Útil Almacenada: 50%
Posición de Trabajo de la Batería: Bornes en la parte superior
Amperios-Hora de la Batería: 150Ah

8.2.4 Requerimientos de componentes del subsistema D.

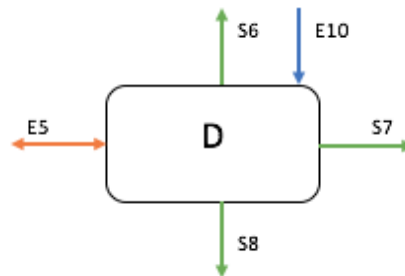


Figura 50. Componente subsistema D

El Subsistema D (control) se encarga de realizar una etapa de control (S6, S7 y S8) sobre los subsistemas E, F y G, así mismo, el subsistema recibe señales digitales de manera remota por parte del usuario (E10) y un abastecimiento eléctrico de las baterías (E5).

a) Requerimientos

- El subsistema debe permitir conexión inalámbrica.
- El subsistema debe tener ser compatible con plataformas IoT.

Para el subsistema D se evidencia que no es necesario realizar cálculos previos a la selección final de componentes. Por lo anterior, se procede con la selección de componentes que hacen parte del subsistema de control, es decir, que permitirán el control remoto para cámaras, luminarias y motor (control de movimiento).

b) Selección de componentes

- Microcontrolador

Para iniciar con el proceso de control es necesario establecer el tipo de microcontrolador que será encargado de aplicar los mandos enviados al subsistema. Con el fin de optimizar el subsistema se opta por escoger microcontroladores en un solo circuito impreso que permitan, ya sea por sí mismo o por un componente periférico, conectarse a la red. Lo anterior permite no solo cumplir funciones de procesador central, también permitirá recibir y enviar señales de mando por parte del usuario a diferentes actuadores. En la siguiente tabla se mencionan las referencias comerciales de dispositivos que cumplen dichas características, que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta facilidad de adquisición en la ciudad de Bogotá D.C., y que han sido utilizados con anterioridad para permitir una implementación más ágil y precisa.

Tabla 36. Comparación de componentes microcontrolador.

Requerimiento de componente	Arduino uno	Raspberry PI 3B+	NodeMCU v3
Conexión inalámbrica	SI	SI	SI
Compatible con plataformas IoT	SI	SI	SI
Mínimo 6 entradas/salidas digitales	14 (de las cuales 6 son salidas PWM)	40 pines GPIO	9 pines GPIO

Mediante la información tomada de la tabla 36, se decide trabajar con el Arduino uno debido a la familiaridad que se tiene con la tecnología y el costo de adquisición. A continuación, se muestra la ficha técnica del Arduino uno.

Tabla 37. Ficha Técnica Arduino uno.

FICHA TÉCNICA ARDUINO UNO
Microcontrolador: ATmega238
Voltaje Operativo: 5v
Voltaje de entrada(recomendado): 7-12 volts
Pines de entrada/Salida Digital: 14 (de las cuales 6 son salidas PWM)
Pines de entradas Análogas: 6
Memoria Flash: 32 KB (Atmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por bootloader.
SRAM: 2 KB (Atmega328)
EEPROM: 1 KB (Atmega328)
Velocidad del Reloj: 16MHZ

- Módulo GSM/GPRS.

Una vez escogido el Arduino uno como microcontrolador en un circuito impreso, procedemos a escoger el periférico o modulo que permitirá la conexión del microcontrolador a la red. Teniendo como consideración el hecho de que el sistema se

debe controlar desde distancias, la solución óptima es incorporar un módulo que trabaje con las bandas de frecuencia de telefonía móvil en Colombia ya que permitirá una conexión más estable sin depender de un modem o router para tecnología WIFI. En la siguiente tabla se mencionan las referencias comerciales de módulos que cumplen dichas características, que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta facilidad de adquisición en la ciudad de Bogotá D.C., y que han sido utilizados con anterioridad para permitir una implementación más ágil y precisa.

Tabla 38. Comparación de componentes módulo GSM/GPRS.

Requerimiento de componente	SIM800	SIM800L	SIM900
Conexión a red GSM disponible en Colombia	Quad-band 850/900/1800/1900MHz, cualquier red GSM	Quad-band 850/900/1800/1900MHz, cualquier red GSM	Quad-band 850/900/1800/1900MHz, cualquier red GSM
Comandos de control AT	SI	SI	SI
Mensajería SMS	SI	SI	SI

Como se puede deducir de la tabla anterior, cualquiera de los módulos GSM/GPRS mencionados cumplen con los requerimientos establecidos. Teniendo en cuenta que actualmente se cuenta con el módulo SIM900 y se ha trabajado con el anteriormente, obteniendo altos niveles de calidad y precisión, se decide trabajar con este módulo. A continuación, se muestra la ficha técnica del módulo seleccionado.

Tabla 39. Ficha técnica SIM900.

FICHA TÉCNICA SIM900
Voltaje de Operación: 3.7 - 4.2 V
Nivel lógico: 3V - 5V
Consumo de corriente: 0.7 mA (sleep), 500mA (max)
Interfaz: Serial UART
Bandas de frecuencia: Quad-band 850/900/1800/1900MHz, cualquier red GSM
Iluminación Mínima: 0.1 Lux
Mensajería: Permite enviar y recibir mensajes SMS
Datos: Enviar y recibir datos GPRS
Receptor: FM
Comandos de control: AT
Tamaño de SIM: Micro SIM

- Software para interfaz de control.

Teniendo el dispositivo que controlara el subsistema y el periférico que permitirá su conexión a la red, es fundamental escoger la aplicación correcta que permitirá al usuario enviar los comandos u órdenes específicas que requiera para los subsistemas E, F y G. Basados en lo anterior, se debe escoger un software (preferiblemente de uso libre) que permita diseñar una interfaz gráfica que sea totalmente usable para el usuario y permita enviar mensajes por medio de las bandas de frecuencia utilizadas en frecuencia teniendo en cuenta los componentes ya escogidos anteriormente. En la siguiente tabla se mencionan las aplicaciones más recomendadas que cumplen dichas características, son de uso libre y que han sido utilizadas con anterioridad para permitir una implementación más ágil y precisa.

Tabla 40. Comparación de componentes plataforma IoT.

Requerimiento de componente	Blynk	Ubidots	ThingSpeak
De uso y descarga libre	SI	SI	SI
Permite enviar mensajería SMS	SI	SI	SI
Compatible con Arduino uno	SI	SI	SI

La tabla 41 refleja la amplia disponibilidad de aplicaciones que se pueden usar para cumplir con los requerimientos solicitados, sin embargo, por experticia con la aplicación y facilidad de interfaz gráfica, se usara el software ThingSpeak. A continuación, se muestra las principales características y funciones de ThingSpeak. [44]

- API abierto
- Recolección de datos en tiempo real
- Datos de geolocalización
- Procesamiento de datos
- Visualización de datos
- Mensajes de estado del circuito
- Plugins

- Relé.

Por último y como componente fundamental dentro de la arquitectura IoT es necesario relacionar los actuadores finales. Para este subsistema los actuadores son fundamentales ya que permiten cumplir con los requerimientos de los subsistemas E, F y G correspondientes a la activación y desactivación (prendido y apagado) de dichos subsistemas.

Debido a que el prendido/apagado de luminarias y cámaras de seguridad dependen únicamente de permitir o restringir el paso de energía, solo es necesario la implementación de un relé que se accione dependiendo de la señal de control que se

envíe desde el Arduino. Así mismo, se aclara que el motor no necesita de un relé puesto que funciona a partir de la señal digital de control directamente desde el Arduino.

Para este subsistema en específico, los únicos requerimientos técnicos para el relé es que trabaje con voltajes de 12V DC puesto que es el voltaje de operación de todos los componentes y la corriente de trabajo mínima, la cual es calculada teniendo en cuenta los dos componentes conectados a los relés, es decir, luminarias y componentes de circuito cerrado de seguridad.

$$I_{total} = I_{cam} + I_{scs} \quad (27)$$

$$I_{total} = I_{cam} + I_{dvr} + I_{cam} \quad (28)$$

$$I_{total} = 2,6A + 0,410A + 4A \quad (29)$$

$$I_{total} = 7,01 \quad (30)$$

Adicionalmente, y debido a que actualmente el mercado ofrece diferentes soluciones integrando varios relés en un solo circuito impreso o módulo, se hace uso de dicho recurso. En la siguiente tabla se mencionan los diferentes módulos relé teniendo en cuenta que se requiere un mínimo de 2 canales (cámaras y luminarias) y la facilidad de adquisición en el mercado de la ciudad de Bogotá D.C.

Tabla 41. Comparación de componentes módulos relé.

Requerimiento de componente	Módulo Relé de 4 Canales 5V	Módulo Relé de 1 Canal	Módulo Relé 8 Canales 5V con Optoacoplador
Mínimo 2 canales	4 canales	1 canal	8 canales
Manejo de voltajes mínimo de 12V DC	250VAC/30VDC	28VDC/30VDC	125/250 VAC/30 VDC
Manejo mínimo de corrientes de 8A	10A	10A	15/10A
Compatible con Arduino uno	SI	SI	SI

La tabla 42 muestra que solo dos de los módulos relé que se encuentran comercialmente pueden proveer el número de canales solicitado. Entre los dos módulos compatibles se decide seleccionar el módulo relé de 4 canales debido a que ya se cuenta con el recurso y se evitaría el costo de adquisición. A continuación, se muestra la ficha técnica del módulo relé.

Tabla 42. Ficha técnica módulo relé 4 canales 5V. [45]

FICHA TÉCNICA MÓDULO RELÉ DE 4CANALES 5V
Plataforma: Arduino, 8051, AVR, PIC, DSP, ARM, MSP430, TTL
Normas internacionales de seguridad: control de carga, área regional de tanque de aislamiento
Aislamiento: si

Interfaz: estándar
Control: dispositivos varios/cargas
Voltaje de operación: 250VAC/30VDC
Voltaje de la bobina (relé): 5V
Corriente de operación: 10A
Corriente de activación por relé: 15mA~20mA
Canales: 4 (independientes protegidos con Optoacopladores)
LED indicador: para cada canal (cuando bobina está activa)
Tamaño: 6.8cm x 4.9cm x 1.6cm

8.2.5 *Requerimientos de componentes del subsistema E.*

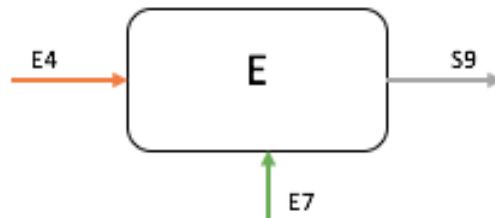


Figura 51. Componente subsistema E.

El subsistema E (Circuito cerrado de seguridad) recibe la energía eléctrica (E4) como fuente de alimentación, así mismo, recibe señales eléctricas de control (E7) del subsistema D. Finalmente el subsistema E entrega una vigilancia por medio de video (S9).

a) Requerimientos

- Las cámaras de vigilancia deben tener una resolución mínima HD de 720p = $1280 \times 720 = 921.600$ pixeles = 0,9216 Megapíxeles y un ángulo de visión de mínimo 18 grados.
- El subsistema debe cubrir un área de 200m² y cuente con visión nocturna.
- El circuito cerrado debe poder ser visualizado y activado/desactivado mediante un dispositivo móvil.
- El subsistema debe contar con almacenamiento de videos de forma local en el sitio de implementación y en el dispositivo móvil del usuario.
- El subsistema debe ser capaz de almacenar de forma local mínimo 1 Terabyte de información.
- El subsistema debe utilizar un máximo de 4 cámaras de vigilancia. Por decisión del cliente.

Basados en los requerimientos anteriores, se procede con los cálculos necesarios para concluir las especificaciones que requieren los componentes del sistema.

b) Cálculos

Para seleccionar adecuadamente el tipo y número de cámaras necesarios para cubrir un área de 200m² es necesario conocer el tipo de lente y el Angulo de apertura que ofrece el fabricante.

A pesar de que se conoce el área total que debe ser vigilada (200m²), es necesario saber las medidas del perímetro para calcular la distancia vertical y horizontal que debe tomar cada cámara. Para este fin se supondrá un área totalmente cuadrada.

$$A = \text{Ancho} * \text{Altura} \quad (31)$$

$$\text{Ancho} = \text{Altura} = a, \text{ para un perimetro cuadrado} \quad (32)$$

$$200\text{m}^2 = a^2 \quad (33)$$

$$\sqrt{200\text{m}^2} = \sqrt{a^2} \quad (34)$$

$$14,1421 = a \quad (35)$$

Para fines prácticos, se redondea el valor obtenido de cada lado del área total a 15m. Teniendo este valor se consulta la siguiente ilustración que nos muestra la relación entre lente, ángulo y distancia para establecer cuál de las relaciones es más útil para el subsistema.

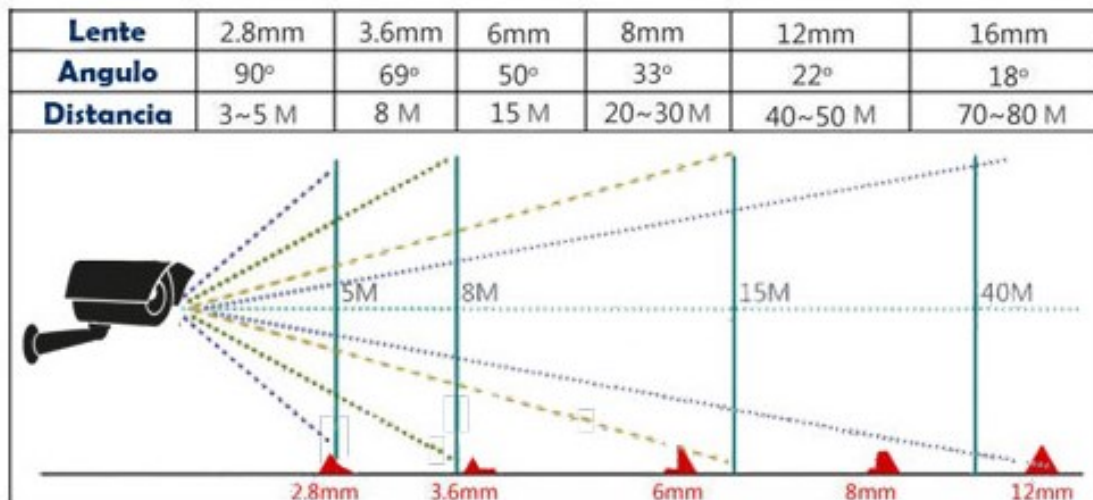


Figura 52. Relación lente, ángulo, distancia en cámaras de vigilancia. [44]

Teniendo en cuenta la ilustración anterior se puede tener la opción de instalar desde una hasta las cuatro cámaras que permite el requerimiento, sin embargo, se puede evidenciar que para utilizar una sola cámara se perdería un ángulo de visión considerable e igualmente reflejado en área de cobertura. Basados en esta información y teniendo en

cuenta que se debe acceder al máximo posible de puntos dentro de 200m² con máximo 4 cámaras, se debe escoger el lente de 3,6mm y apertura de 69° mínimo para obtener una distancia de 8m, la cual corresponde al valor medio de la medida total de un lado del perímetro, en otras palabras, se alcanza el mayor alcance del área requerida ya que se ubicaran cámaras por cada lado como se muestra en la siguiente figura.

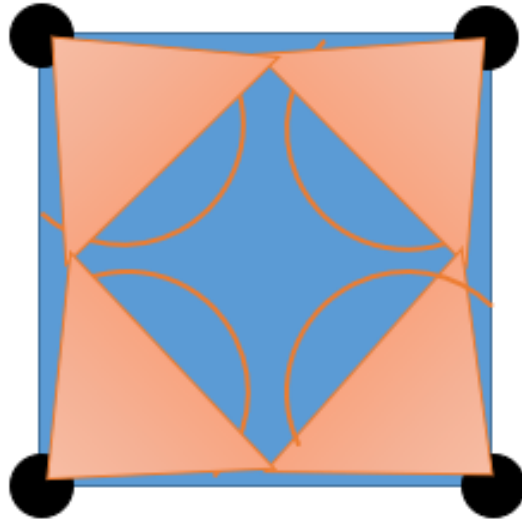


Figura 53. Diagrama estimado de alcance y ángulo de visión de cámaras.

c) Selección de componentes

- Cámaras de seguridad.

En la siguiente tabla se mencionan las referencias comerciales de cámaras de vigilancia que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta facilidad de adquisición en la ciudad de Bogotá D.C.

Tabla 43. Comparación de componentes cámaras.

Requerimiento de componente	RCH-B10824	RCH-B10824-2	RCH-B10842V
Resolución mínima HD de 720p = 1280×720 = 921.600 pixeles = 0,9216 Megapíxeles	1920(H)x1080(V), 1080P	1920(H)x1080(V), 1080P	1920(H)x1080(V), 1080P
Lente de 3,6mm	2,8MM	3,6MM	2,8-12MM
Ángulo de apertura de mínimo 69°	90°	82°	90°-22°

A pesar de que dos de las cámaras cumplen a cabalidad con los requerimientos solicitados, se escoge la cámara RCH-B10842V debido a su cambio de lente, esto permite que se pueda ampliar el rango de visión vertical u horizontal según lo requiera el usuario, obteniendo de esta manera un alcance total a todos los puntos del perímetro. A continuación, se muestra la ficha técnica de la cámara seleccionada.

Tabla 44. Ficha técnica cámara RCH-B10842V.

FICHA TÉCNICA CÁMARA RCH-B10824-2
Dispositivo de imagen: 1/2,7" SONY 2.0 MP Sensor
Sensor: IMX323 + FH8536E
Dispositivo DSP: NVP2441H
Píxeles Efectivos: 1920(H)x1080(V), 1080P
Señal del Sistema: PAL/NTSC
Iluminación Mínima: 0.1 Lux
Obturador electrónico: AUTO/1/50(1/60)-1/100,000sec
Ratio S/N: >52dB
Gama: 0.45
Lente: Varifcal 2,8-12 mm
Ángulo Horizontal: 90°-22°
Salida de video: 1.0 Vp-p,75
Fuente de Alimentación: 12V± 10%
Corriente: 1A
IR: 42pcs-40M

- Grabador (DVR)

En la siguiente tabla se mencionan las referencias comerciales para DVR de que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta facilidad de adquisición en la ciudad de Bogotá D.C. y el número y tipo de cámaras ya seleccionadas.

Tabla 45.Comparación de componentes DVR.

Requerimiento de componente	RDH-41108AE	RDH-84108AE	RCH-B10842V
Almacenamiento mínimo de 1 Terabyte de información.	1 interfaz SATA para 1 HDD, 4TB de capacidad por HDD	1 interfaz SATA para 1 HDD, 4TB de capacidad por HDD	2 interfaces SATA para 2 HDD, 4TB de capacidad por HDD
4 canales mínimo	4CH	8CH	8CH

En la tabla 46 se evidencia que todos los DVR cumple con los requerimientos establecidos; debido a la posibilidad de tener 4 canales adicionales en caso de que el cliente requiera ampliar el rango de vigilancia o de que alguno pueda presentar

eventualmente una falla se escoge el DVR RDH-84108AE. A continuación, se muestra la ficha técnica del DVR seleccionado.

Tabla 46. Ficha técnica DVR RDH-84108AE.

FICHA TÉCNICA DVR RDH-84108AE
Canales de video: 8CH
Compresión de video: H.264
Tipo de video: PAL/NTSC
Entrada de video: 1CH BNC (1.0 Vp-p, 75Ω)
Entradas de audio: 4CH
Compresión de audio: G.711
Conector salida audio: RCA
VGA: 1 CH Res: 1920 x 1080P/60Hz
HDMI: 1 CH Res: 1920 x 1080P/60Hz
AUDIO: 1 RCA
Resolución de grabación: D1, 960H, 1080N
Frame rate: 30 fps (NTSC), 25 fps (PAL)
Video bit rate: 244Kbps~1958Kbps
Tipo de stream: Video/Video&Audio
Audio bit rate: 64Kbs
Doble stream: Soporta
Energía: 100~240 VAC, 4A, 50~60Hz, a 12 VDC
Consumo: 4.92W, 410 mA (sin disco duro)
Temperatura de Trabajo: -10 °C ~ + 55 °C
Humedad: 10% ~ 90%
Dimensiones: 335(W) x 250(D) x 50(H) mm
Tipo de interfaz: 1 Interfaz SATA para 1 HDD
Capacidad: 4TB de capacidad por HDD
Conector de red: RJ45 10M/100M Ethernet adaptativo
Conector USB: 3CH - USB 2.0
Conector PTZ: 1CH - RS-485

Para finalizar, es necesario mencionar que el distribuidor de las cámaras y DVR proporciona una asesoría y soporte técnico para el manejo e instalación de los componentes, dentro de dicha asesoría se incluye el software que se debe utilizar para un rendimiento óptimo y de alta calidad de todo el subsistema. El software seleccionado para este tipo de cámaras es XMEye, el cual es de uso libre y puede ser instalado en dispositivos Android y IOS; otras características adicionales del software se presentan a continuación. [45]

- Nube Login
- Apoyar a iniciar sesión con la tecnología de nube
- Live Preview
- Tiempo real de la visualización en vivo

- Reproducción de vídeo remoto
- Apoyo a la reproducción a distancia
- Grabación local y la reproducción
- Grabación local y el juego
- Imágenes y cuadros de la visión
- Instantánea de Apoyo y busca imágenes
- Intercomunicación Voz
- Apoyo de comunicación bidireccional
- Control PTZ
- Control PTZ Apoyo
- Lectura de códigos de Dimensional número de secuencia
- Soportan el escaneo número de serie con el código QR
- Registro de usuarios de la nube, la modificación
- Usuario Support nube registrar y modificar
- Dispositivo remoto para agregar, editar y eliminar
- Apoyar complemento dispositivo remoto, editar y eliminar
- Dispositivo local para agregar, editar y eliminar
- Apoyar complemento dispositivo local, editar y eliminar
- Apoyo añadir el dispositivo a través de la dirección
- Apoyo a la adición del dispositivo de dirección
- Búsqueda manual de los equipos de red de área local
- Soporte de dispositivos búsqueda manual en LAN
- Versión actualizada automáticamente
- Versión admite la actualización automática
- Agitar el dispositivo para apoyar la función de búsqueda
- Apoyo a buscar la función del dispositivo por el movimiento

8.2.6 *Requerimientos de componentes del subsistema F.*

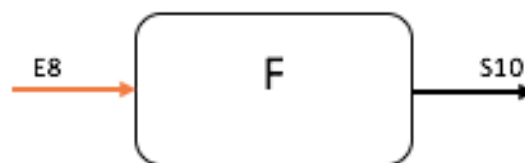


Figura 54. Componente subsistema F

El subsistema F (control de movimiento del panel) recibe señales eléctricas de control (E8) del subsistema D. Finalmente el subsistema F entrega un movimiento en grados del panel en el eje horizontal (S10).

a) Requerimientos

- El subsistema debe moverse con una resolución mínima de 10 grados.

- El subsistema debe moverse de acuerdo con la posición del sol desde las 7 am hasta las 4 pm.

Basados en los requerimientos anteriores, se procede con los cálculos necesarios para concluir las especificaciones que requieren los componentes del sistema.

b) Cálculos

Para la rotación o giro de los paneles es necesario la implementación de un motor paso a paso que garantice una precisión alta en los movimientos.

Definiendo el tipo de motor a utilizar es necesario realizar unos cálculos para identificar las características que debe tener el motor escogido. El primero de ellos es calcular el número de pasos mínimo por revolución que debe tener el motor, teniendo como requerimiento que debe moverse con un mínimo de 10 grados.

$$\text{Número de pasos} = \frac{360^\circ}{10^\circ} \quad (36)$$

$$\text{Número de pasos} = 36 \quad (37)$$

Definido el número de pasos es necesario conocer el peso que debe poder soportar el motor o en otras palabras el torque o momento. Debido al estudio previo de paneles solares se escoge un panel de 20.9 kilos.

$$M = F * D \quad (38)$$

- M: momento o torque.
- F: fuerza.
- D: distancia.

Para fines prácticos, debido a las características que se presentan en las fichas técnicas de los motores, se reemplaza fuerza por peso.

$$M = P * D \quad (39)$$

Debido a que el eje del motor será ubicado en medio del panel solar, de manera perpendicular al mismo y partiendo de que el panel está posicionado en el plano horizontal; debemos calcular solo el peso correspondiente a la mitad del total del panel, es decir, 10,45 kilos.

Ahora, partiendo de la fijación que debe tener el eje del motor al panel se puede estimar que la distancia mínima desde el eje de giro hasta el punto donde se ejerce el peso es de 1cm.

$$M = 10,45Kg * 1cm \quad (40)$$

$$M = 10,45Kg/cm \quad (41)$$

c) Selección de componentes

- Motor paso a paso

En la siguiente tabla se mencionan las referencias comerciales de motores paso a paso que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta facilidad de adquisición en la ciudad de Bogotá D.C.

Tabla 47. Comparación de componentes motores.

Requerimiento de componente	Hibrido Nema 23 9Kg-cm	Wan Tai Stepper Motor 9Kg-cm	NEMA 23-size 14Kg-cm
Mínimo 36 pasos por revolución	200	200	200
Mínimo 10,45 kg de torque	9kg	9kg	14kg

Basados en la tabla 48 se puede concluir que los tres motores paso a paso se ajustan a los requerimientos del subsistema si se usan dos motores, sin embargo, con el fin de disminuir los gastos de potencia y costos económicos se escoge el motor paso a paso Hibrido Nema 23 Size 14kg-cm ya que solo sería necesario implementar un motor. A continuación, se muestra la ficha técnica del motor seleccionado.

Tabla 48. Ficha técnica motor Nema Size 23 14kg-cm.

FICHA TÉCNICA MOTOR PASO A PASO NEMA 23 SIZE 14KG-CM
Pasos por revolución: 200
Ángulo de paso: 1,8 °
Voltaje: 8,4V
Corriente: 1.0A / Fase
Resistencia: 18,6 ± 10% Ω / Fase
Inductancia: 14 ± 20% mH / Fase
Torque: 14 Kg/cm

8.2.7 Requerimientos de componentes del subsistema G.

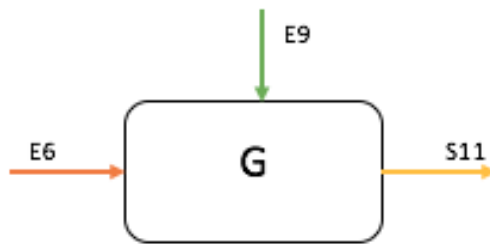


Figura 55. Componente Subsistema G

El subsistema G (iluminación) recibe la energía eléctrica (E6) como fuente de alimentación, así mismo, recibe señales eléctricas de control (E9) del subsistema D. Finalmente el subsistema G entrega iluminación con una potencia definida en watts (S11).

a) Requerimientos

- El subsistema debe encenderse y apagarse de forma remota mediante un dispositivo móvil.
- El subsistema debe trabajar con un voltaje de 12V DC.
- El subsistema debe manejar la norma IP65.
- El subsistema debe cubrir un área de 200m²
- El subsistema debe tener una tolerancia de +5% de lúmenes.
- El subsistema debe utilizar un máximo de 4 luminarias. Por decisión del cliente.
- Las iluminarías del subsistema deben estar instaladas a una altura mínima de 3 metros. Por decisión del cliente.

Basados en los requerimientos anteriores, se procede con los cálculos necesarios para concluir las especificaciones que requieren los componentes del sistema.

b) Cálculos

En primero lugar debemos realizar el cálculo de lámparas necesarias para iluminar un área de 200m² según requerimiento. Para este ítem es necesario mencionar la diferencia entre vatios y lúmenes ya que no son directamente proporcionales, es decir, una lámpara puede producir la misma cantidad de lúmenes mas no trabajan con la misma potencia. Basados en lo anterior, basta con conocer el número de lúmenes estándar para espacios exteriores, su equivalencia en watts según el tipo de lámpara, y la altura en la cual se instalarán para conocer la potencia final requerida.

Tabla 49. Promedio de lúmenes para iluminación de exteriores. [30]

Tipo de iluminación	Lúmenes recomendados
Proyectores de seguridad	700-1300
Luces de cobertizo	150-300
Postes de la lámpara	120-180

Reflectores de paisaje	120
Iluminación de camino al aire libre	100

La tabla 50 muestra los promedios de lúmenes con tecnología LED debido a que es la de menor consumo de energía, este bajo consumo no solo es relevante desde el punto de vista ecológico, sino que también permitirá una baja potencia final en la sumatoria de componentes. Se evidencia que para reflectores con fines de seguridad y vigilancia se requiere un promedio de 700 a 1300 lúmenes.

Tabla 50. Equivalencias en lumen. [48]

Lumen equivalente	Vatios
70-100Lm	1W
300-360Lm	4W
800-980Lm	10W
1100-1300Lm	15W
2300-2750Lm	30W
4500-5000	50W
6300-7000Lm	70W

Según la tabla 51 para proveer los 1300 lúmenes óptimos se requieren 15W de potencia.

Por último, solo es necesario comprobar si la potencia requerida según los lúmenes concuerda con el requerimiento de altura.

Tabla 51. Recomendación de altura para reflector LED.

Lumen equivalente	Vatios
10W	2-4 metros
20W	2-5 metros
30W	3-6 metros
50W	5-8 metros
80W	7-9 metros
1000W	8-10 metros
120W	9-12 metros

La tabla 52 permite validar que, según la altura de la luminaria una lámpara de 15W o más es suficiente para cumplir con el requerimiento establecido.

Ahora es necesario saber cuántas luminarias se necesitarán para cubrir el espacio de 200m², para lo cual es necesario recordar la relación existente entre lúmenes y luxes:

$$1 \text{ lux} = 1 \frac{\text{lum}}{\text{m}^2}, \text{ para una altura de 1m.} \quad (42)$$

Según la página especializada en estudios e implementación de iluminación Gelfor, la iluminación en exteriores para gradas en campos deportivos debe ser entre 50 y 100 lux.

Se toma este ejemplo debido a la similitud en terreno y calidad de iluminación que requieren los campos deportivos con el terreno donde se implementara el sistema. [45]

Teniendo toda la información necesaria se procede con los cálculos para determinar el número de luminarias necesarias para abarcar todo el terreno.

$$1 \text{ lux} = 1 \frac{\text{lum}}{\text{m}^2}, \text{ para una altura de } 1\text{m}. \quad (43)$$

Ya que el valor de luxes ideal varía entre 50 y 10 luxes, se tomará el valor de medio como referencia, es decir, 75 luxes.

$$75 \text{ lux} = x \text{ lum}/200\text{m}^2 \quad (44)$$

$$75 \text{ lux} * 200\text{m}^2 = \text{lum} \quad (45)$$

$$15000 = \text{lum} \quad (46)$$

Ya teniendo la cantidad de lúmenes total necesaria debemos añadirle el 5% de tolerancia por requerimiento.

$$15000 * 1,05 = \text{lum} \quad (47)$$

$$3937,5 = \text{lum} \quad (48)$$

Se realiza la siguiente estimación de lúmenes por cada luminaria, variando la cantidad de luminarias instaladas.

Tabla 52. Número de luminarias según lúmenes totales.

Número de luminarias	Lúmenes necesarios por luminaria
1 luminaria	16500 lúmenes
2 luminarias	8250 lúmenes
3 luminarias	5500 lúmenes
4 luminarias	4125 lúmenes

Por último, teniendo en cuenta los valores establecidos en la tabla 53, se estima que las luminarias escogidas deben tener una potencia igual o superior a 50W para no exceder en número de luminarias requerido por el cliente.

c) Selección de componentes

- Luminaria

En la siguiente tabla se mencionan las referencias comerciales de luminarias que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta facilidad de adquisición en la ciudad de Bogotá D.C.

Nota: es necesario aclarar que cada una de las luminarias descritas a continuación describen su ficha técnica un voltaje de trabajo de 100-240V, sin embargo, esto es debido que fueron diseñadas para conectarse directamente a corriente alterna y por lo

cual tienen en su interior un inversor de voltaje. Por esta razón el distribuidor retirara el inversor en el momento que sea requerido con el fin de funcionar a 12V DC.

Tabla 53. Comparación de componentes luminarias.

Requerimiento de componente	Reflector LED 20W Excelite recargable	Reflector LED 50W Sparkled	Reflector LED 100W Bester
Voltaje de operación 12V	SI	SI	SI
IP65	SI	SI	SI
4125 lúmenes mínimo	1600-1800	4000	7000

Basados en la tabla 54 se puede concluir que tanto la luminaria de 50W como la de 100W se ajustan a los requerimientos del subsistema, sin embargo, con el fin de disminuir los gastos de potencia se escoge la luminaria de 40W de potencia; esto también implica que se usaran 4 luminarias. A continuación, se muestra la ficha técnica de la luminaria mencionada.

Tabla 54. Ficha técnica reflector LED 50W Sparkled.

FICHA TÉCNICA REFLECTOR LED 50W Sparkled
Potencia: 50W
Lúmenes: 4000lm
Grado IP: IP65
Tiempo de recarga: no es recargable
Batería: NA
Voltaje: 100-240V
Corriente: 0,65A max
Vida útil: 30000 horas
Garantía: NA
Color: 6500K
IRC: 70

8.3 Esquemáticos del sistema

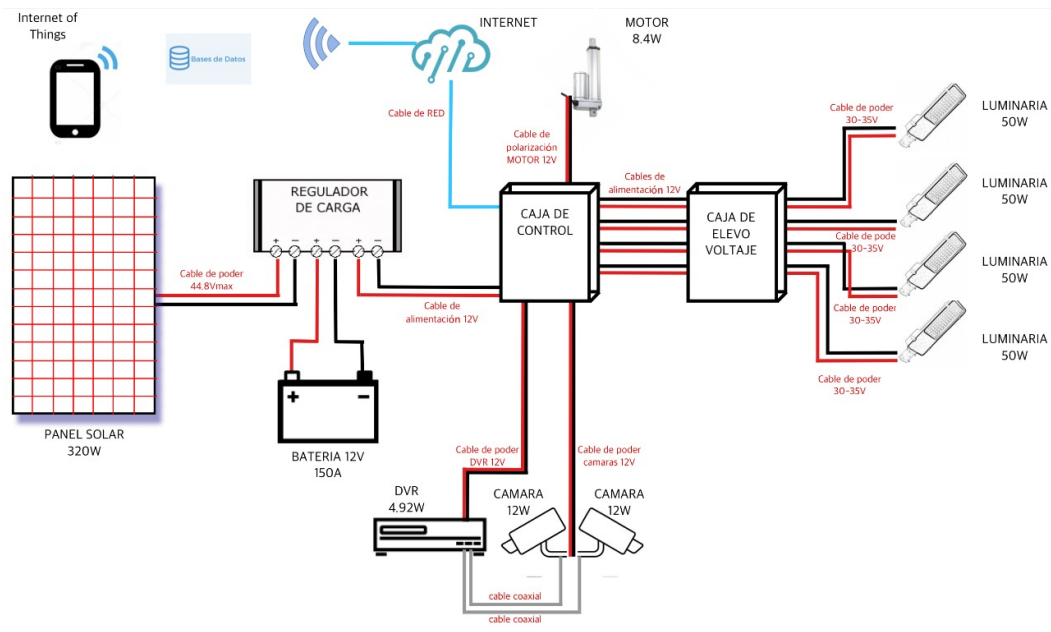


Figura 56. Esquemático del sistema.

9 PLAN DE PRUEBAS DEL SISTEMA

El plan de pruebas del sistema se realizó teniendo en cuenta la selección de componentes y la relación de las entradas y salidas de todo el sistema, de igual manera se menciona el procedimiento y los equipos necesarios para la verificación de cada requerimiento.

9.1 Plan de pruebas de componentes

Tabla 55. Pruebas de componentes, panel solar.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Panel Solar			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios

Realizar la medición de las diferentes variables físicas que entrega el panel, con el fin de verificar su correcto funcionamiento teniendo en cuenta los requerimientos mínimos descritos para el componente. Adicionalmente, se deben validar los niveles de dichas variables en diferentes horas del día durante mínimo 1 mes en la ciudad de Bogotá D.C. (promedio de radiación 10,6% menor en relación con el de Villeta).	- Voltaje - Corriente	Multímetro (BBC M 2006)	1. Instalar el Panel solar en posición totalmente horizontal. 2. Preparar el multímetro para medir el voltaje del panel. 3. Se procede a conectar el cable rojo del multímetro al polo positivo del panel solar, y el cable negro del multímetro al polo negativo del panel solar. 4. Se compara el voltaje medido con el multímetro y el voltaje indicado en la hoja técnica del panel solar. El voltaje entregado por el panel debe ser mínimo de 24V. 5. Se repite el procedimiento cada hora, durante 10 horas del día partiendo desde las 7 am, durante 1 mes. 6. Teniendo en cuenta el valor de horas solares pico (4,63 HSP), se debe obtener un valor de 37.95V durante ese tiempo con el fin de obtener la potencia requerida.		
--	--	---	--	--	--

Tabla 56. Pruebas de componentes, regulador de carga.

Fecha: 10 de agosto de 2019	Regulador de carga
-----------------------------	---------------------------

Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar la medición de las diferentes variables físicas que entrega el panel y compararlas con las registradas y visualizadas por el regulador de carga. Adicionalmente, se debe realizar la medición de las diferentes variables físicas entregadas por la batería. Lo anterior, con el fin de validar el correcto funcionamiento del regulador de carga y la validez de los datos visualizados en él.	Voltaje	Multímetro (BBC M 2006)	1. Instalar el regulador de carga conectando las salidas positiva y negativa del panel solar a las respectivas entradas positiva y negativa del regulador. Así mismo se realiza la conexión de las salidas positiva y negativa de la batería a las respectivas borneras destinadas en el regulador de carga. 2. Preparar el multímetro para medir el voltaje. 3. Se procede a conectar el cable rojo del multímetro al polo positivo del panel solar y el cable negro del multímetro al polo negativo del panel solar. Posteriormente tomar el registro de voltaje. 4. Conectar el cable rojo del multímetro a la entrada positiva del regulador de carga, y el cable negro del multímetro a la entrada negativa del regulador de carga. Posteriormente tomar el registro de voltaje. 5. Se compara el voltaje registrado en el panel, en la entrada del regulador de carga y el visualizado en el regulador. Se debe obtener el mismo resultado. 6. Se procede a conectar el cable rojo del multímetro al polo positivo de la batería, y el cable negro del multímetro al polo negativo de la batería		

			Posteriormente tomar el registro de voltaje. 7. Conectar el cable rojo del multímetro a la bornera positiva destinada para baterías del regulador de carga, y el cable negro del multímetro a la bornera negativa destinada para baterías del regulador de carga. Posteriormente tomar el registro de voltaje. 8. Se compara el voltaje registrado en la batería, en las borneras destinadas para baterías del regulador de carga y el visualizado en el regulador. Se debe obtener el mismo resultado. 9. Se realiza el mismo procedimiento dos veces, una al medio día y una en horas de la noche.		
--	--	--	--	--	--

Tabla 57. Pruebas de componentes, batería.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Batería			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Realizar la medición de las diferentes variables físicas que entrega la batería y compararlas con las registradas y visualizadas por el	Voltaje	Multímetro (BBC M 2006)	- Preparar el multímetro para medir el voltaje del panel. - Se procede a conectar el cable rojo del multímetro al polo positivo de la batería, y el cable negro del multímetro al polo negativo de la batería		

regulador de carga. Lo anterior, con el fin de verificar el correcto funcionamiento de la batería.			Posteriormente tomar el registro de voltaje. 3. Conectar una carga que trabaje a 12V DC y que no supere los 10A a la batería con el fin de verificar su correcto funcionamiento. Tomar el registro de voltaje tras 2 horas de estar funcionando. 4. Se debe evidenciar el funcionamiento de la carga conectada y una descarga de la batería proporcional a la carga conectada.		
--	--	--	---	--	--

Tabla 58. Pruebas de componentes, microcontrolador.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Microcontrolador			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento del Arduino mediante su correcta programación .	Señal digital	- Arduino IDE. - Ordenador	- Instalar software Arduino IDE. - Conectar el USB-Plug del Arduino al ordenador, un led testigo del Arduino UNO deberá encenderse. - Abrir en el ordenador el software ARDUINO IDE. - Con el fin de verificar la correcta recepción de datos ir a: Archivo>Ejemplos>Basic>Blynk. Debe existir el archivo - Verificar que haya comunicación ordenador-microcontrolador. Se procede a enviar y programar el controlador		

			con el ejemplo Blynk. Debe compilar el ejemplo. 6. Al ejecutar el programa se debe evidenciar como un led del microcontrolador enciende y apaga por un periodo de tiempo.		
--	--	--	---	--	--

Tabla 59. Pruebas de componentes, modulo.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Modulo			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar una prueba de funcionamiento del módulo que permita evidenciar su conectividad a redes móviles de telefonía celular de 850MHz.	Señal de telefonía móvil a 850MHz	- Arduino IDE. - Ordenador - Arduino UNO	- Iniciar software Arduino IDE para programarlo. - Conectar el USB-Plug del Arduino al ordenador, un led testigo del Arduino UNO deberá encenderse. - Abrir en el ordenador el software ARDUINO IDE. - Usar código ejemplo para verificar el correcto envío de datos por medio de SMS hacia el Arduino usando como medio el módulo SIM. - Al ejecutar el programa se debe evidenciar como un led del microcontrolador enciende y apaga por un periodo de tiempo.		

Tabla 60. Pruebas de componentes, software.

Fecha: 10 de agosto de 2019	Software
-----------------------------	-----------------

Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar la instalación y pruebas del software principal de control.	Señal digital	Software Blynk.	- Instalar software Blynk en dispositivo móvil. - Realizar pruebas de programación mediante la creación de botones, graficas, creación de perfiles, entre otros. Todas las funciones programadas deben compilarse.		

Tabla 61. Pruebas de componentes, relé.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Relé			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento del relé mediante en cambio de posición enviado desde el Arduino	Señal digital	- Multímetro (BBC M 2006). - Arduino IDE. - Ordenador - Arduino ONE	- Probar la correcta continuidad entre las entradas y salidas del relé con el fin de garantizar el estado inicial y final. - Conectar la entrada digital del relé a la salida digital del Arduino (puede usarse cualquier salida digital). - Enviar una señal digital (1) que cambie el estado del relé. - El relé debe cambiar de estado con el envío de señales digitales.		

Tabla 62. Pruebas de componentes, cámaras.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Cámaras			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento de las cámaras de vigilancia, se debe verificar su funcionamiento diurno y nocturno	Señal digital	- DVR - Monitor	- Conectar las cámaras de vigilancia al DVR. - Conectar DVR a un monitor. - Verificar en el monitor la visualización de las imágenes transmitidas por las cámaras. - Se debe repetir el procedimiento en horas de la noche con el fin de probar el modo infrarrojo. Se debe visualizar la imagen en modo nocturno.		

Tabla 63. Pruebas de componentes, DVR.

Fecha: 10 de agosto de 2019		DVR			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento del DVR.	Señal digital	- DVR - Monitor	- Conectar DVR a un monitor. - Se debe visualizar en el monitor el sistema de control y configuración del DVR.		

Tabla 64. Pruebas de componentes, motor paso a paso.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Motor paso a paso			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento del motor, comprobando la resolución de los pasos y el torque.	- Señal digital - Torque	- Arduino - Panel solar con estructura	- Conectar el motor paso a paso a las salidas digitales (a elección) del Arduino. - Ajustar el eje central del motor al eje de la estructura. - Se envía una señal digital con el fin de realizar uno o varios pasos del motor. El motor debe ser capaz de moverse según la señal enviada y a su vez realizar el giro del eje central del panel y su estructura.		

Tabla 65. Pruebas de componentes, luminarias.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Luminarias			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento para cada una de las luminarias.	Voltaje	- Multímetro (BBC M 2006) - Batería o fuente de alimentación.	- Abrir la luminaria y extraer el inversor de voltaje con el fin de que la luminaria pueda trabajar a 12V DC. - Una vez retirado el inversor se deben conectar las entradas positiva y negativa de la luminaria con una fuente de energía de 12V DC. La luminaria		

			debe encenderse con una potencia de 50W. 3. Debe repetirse el procedimiento para cada una de las luminarias esperando el mismo resultado.		
--	--	--	---	--	--

9.2 Plan de pruebas de subsistemas

Tabla 66. Pruebas de subsistemas, subsistema A.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema A			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Teniendo en cuenta que el subsistema A corresponde al propio componente "panel solar" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	• Voltaje • Corriente	• Multímetro (BBC M 2006)	1. Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente al panel solar.		

Tabla 67. Pruebas de subsistemas, subsistema B.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema B			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios

Teniendo en cuenta que el subsistema B corresponde al propio componente "regulador de carga" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	Voltaje	Multímetro (BBC M 2006)	1. Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente al regulador de carga.		
--	---	---	---	--	--

Tabla 68. Pruebas de subsistemas, subsistema C.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema C			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Teniendo en cuenta que el subsistema C corresponde al propio componente "batería" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	Voltaje	Multímetro (BBC M 2006)	Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente a la batería.		

Tabla 69. Pruebas de subsistemas, subsistema D.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema D			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios

Realizar la integración de microcontrolador, modulo GSM, software de control y los relés con el fin de corroborar su funcionamiento integrado.	- Voltaje de telefonía móvil a 850MHz - Señal digital	- Multímetro (BBC M 2006). - Arduino IDE. - Ordenador - Arduino ONE - Software Blynk	- Se debe conectar el módulo GSM a las entradas digitales del Arduino UNO. - Posteriormente se debe sincronizar el módulo mediante programación al aplicativo Blynk descargado en el dispositivo móvil. - Una vez sincronizado, se deben conectar las salidas digitales del Arduino UNO a los diferentes relés. - Al tener todos los componentes conectados se deben enviar señales desde el dispositivo móvil, dichas señales deben ser registradas por el Arduino UNO y cambiar de estado los relés seleccionados.		
--	--	--	---	--	--

Tabla 70. Pruebas de subsistemas, subsistema E.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema E			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Realizar la integración de las cámaras y el DVR con el fin de corroborar su funcionamiento integrado. Adicionalmente, se debe usar el	Señal digital	- Monitor. - Dispositivo móvil - Software XMeye	- Se deben conectar las cámaras al DVR y este a su vez debe estar enlazado al software XMeye. - Se deben visualizar las imágenes de la cámara en el dispositivo móvil en tiempo real.		

software correspondiente para la visualización de las cámaras.					
--	--	--	--	--	--

Tabla 71. Pruebas de subsistemas, subsistema F.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema F			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Teniendo en cuenta que el subsistema F corresponde al propio componente "motor" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	• Señal digital • Torque	• Arduino UNO • Panel solar con estructura	1. Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente al motor.		

Tabla 72. Pruebas de subsistemas, subsistema G.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema G			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios

Teniendo en cuenta que el subsistema G corresponde al propio componente "luminarias" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	Voltaje	- Multímetro (BBC M 2006) - Batería o fuente de alimentación.	1. Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente a las luminarias.		
--	---	--	--	--	--

9.3 Plan de pruebas de integración

Tabla 73. Pruebas de integración.

Fecha: 24 de agosto de 2019		Sistema			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Se debe verificar el correcto funcionamiento de la integración de todos los subsistemas, teniendo en cuenta sus diferentes requerimientos y objetivos planteados.	• Voltaje • Señal digital • Torque • Señal de telefonía móvil a 850MHz • Corriente	• Multímetro (BBC M 2006)	1. Se deben conectar el panel solar al regulador de carga. 2. Posteriormente conectar el regulador de carga a la batería. 3. Al regulador de carga se debe conectar una salida de alimentación para todo el subsistema de control. A su vez, se debe conectar dicha alimentación proveniente del regulador a cada uno de los relés, los cuales estarán conectados al DVR, cámaras, luminarias y motor. 4. Al finalizar todas las conexiones de		

			alimentación se debe iniciar el aplicativo de control (Blynk) mediante el cual se manipularán los relés con el fin de activar y desactivar los subsistemas E, F y G. 5. Al activar los diferentes botones digitales de la aplicación se deben encender las cámaras y DVR. Una vez encendido el DVR se deben visualizar las imágenes transmitidas por las cámaras mediante la aplicación destinada para tal fin. 6. El mismo procedimiento debe realizarse en horas de la noche y debe mantener dejar todo el sistema encendido durante 4 horas continuas. Sin que la batería se descargue en su totalidad. 7. Al día siguiente de la prueba anterior, se debe cargar por completo la batería en el transcurso del día. 8. Todo el procedimiento se debe repetir durante 3 veces a la semana, por un mes.		
--	--	--	---	--	--

10 DISEÑO INDUSTRIAL

10.1 Contexto

La finca Los Mangos está ubicada en Guayabal de Siquima departamento de Cundinamarca, con un área aproximada de 20 fanegadas o 128000 m². A pesar de ser un

predio privado, la sensación de seguridad se ha visto afectada por números hurtos de ganado en el sector (abigeato), debido a las grandes áreas y las características geográficas del sector que dificultan labores de vigilancia, especialmente en las horas nocturnas.

Es necesario resaltar que la falta de vigilancia es ocasionada en la mayoría de los casos por falta de recursos tecnológicos y estos a su vez por la dificultad de acceder a un servicio de energía eléctrica. En la finca Los Mangos, la energía eléctrica es suministrada solamente hasta la vivienda principal, dejando las zonas más alejadas sin posibilidad de obtener el servicio eléctrico.

Por lo anterior, el presente proyecto permitirá el acceso de energía eléctrica autosostenible por medio de paneles solares a un área determinada de la finca correspondiente a 200 m² (definidos en la etapa de planeación) debido a que es el requerimiento actual del cliente. Dicha área corresponde a la zona más alejada de la finca y en cuyo espacio se encuentra regularmente el ganado en horas de la noche.



Figura 57. Mapa finca Los Mangos.

Gracias a la generación de energía eléctrica para la zona mencionada, se podrá instalar un sistema de vigilancia constituido por iluminación y de cámaras de video, lo cual permitirá mitigar el riesgo presentado actualmente de robo de ganado. Adicionalmente, el sistema tendrá

la aplicación de IoT con el fin de poder manipular todos los componentes de manera remota con solo el requerimiento de tener una conexión a la red (internet), permitiendo al usuario encender y apagar las luminarias, visualizar las cámaras de video, programar movimientos del panel solar y monitorear el nivel de batería.

10.1.1 Análisis del Contexto

Para la instalación del sistema se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- El terreno de implementación tiene un área de 200 m² y se encuentra ubicado en la parte central de la propiedad.

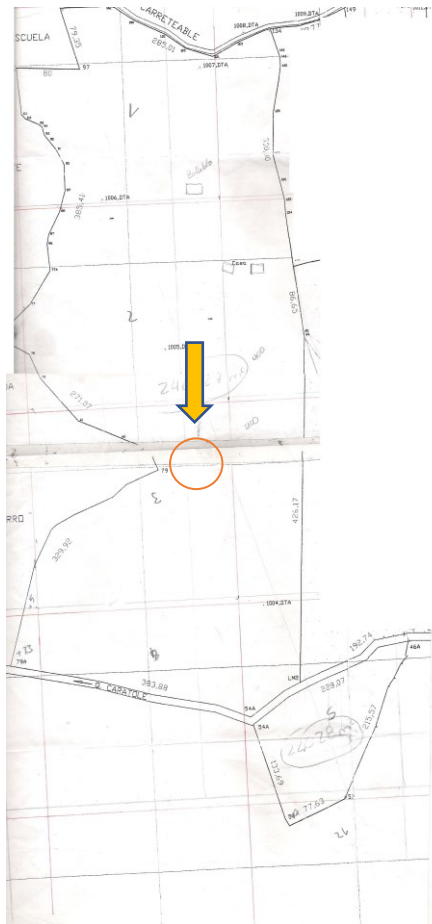


Figura 58. Ubicación del sistema en la propiedad.

- El terreno no es totalmente plano y/o regular.
- El terreno de implementación del panel y caja de control está libre de sombras producidas por árboles.
- La temperatura generalmente varía de 13 °C a 25 °C y rara vez baja a menos de 10 °C o sube a más de 28 °C. [50]

10.1.2 Casos de uso.

a) Casos de uso típicos

El usuario final, que en este caso es la persona encargada de manipular el sistema y la cual puede ser el propietario de la finca o cualquier personal designado por el, puede realizar el siguiente procedimiento seguido de una respuesta ideal del sistema.

- El usuario enciende de forma manual el regulador de carga para habilitar el flujo de energía eléctrica hacia los componentes, especialmente el subsistema de control ya que permitirá la manipulación de todo el sistema de vigilancia por parte del usuario de forma remota.
- El usuario ingresa con usuario y contraseña establecidos con anterioridad a la aplicación Blynk.
- La aplicación permite al usuario evidenciar el nivel de batería del sistema, siendo un nivel óptimo igual o superior a 12 V.
- La aplicación permite al usuario evidenciar que la iluminación, el DVR y las cámaras de video se encuentran apagadas o estado "off".
- En la aplicación Blynk, el usuario activa los botones digitales correspondientes al DVR y las cámaras para encender dichos componentes.
 - El usuario ingresa con usuario y contraseña establecidos con anterioridad a la aplicación destinada para la visualización de los videos de vigilancia.
 - El sistema permite que el usuario pueda visualizar en tiempo real las tomas realizada por las diferentes cámaras.
 - El usuario puede encender y apagar las cámaras mediante la aplicación Blynk en el momento que lo desee.
- En la aplicación Blynk, el usuario activa los botones digitales correspondientes a las diferentes luminarias.
 - Las luminarias activadas por el usuario se encienden de manera inmediata.
 - El usuario puede encender y apagar una o varias luminarias según lo desee.
- El usuario puede encender o apagar los diferentes componentes repitiendo el proceso nuevamente desde la aplicación de control cuantas veces lo desee.
- Como proceso independiente, el usuario puede evidenciar el movimiento (oriente a occidente) realizado por el panel solar durante el día.

b) Casos de uso atípicos

El sistema puede presentar diferentes casos de falla o inconsistencias en su funcionamiento normal. A continuación, se presentan dichos casos durante el procedimiento de encendido y funcionamiento.

- Caso 1
 - El usuario enciende de forma manual el regulador de carga para habilitar el flujo de energía eléctrica hacia los componentes, especialmente el subsistema de control ya que permitirá la manipulación de todo el sistema de vigilancia por parte del usuario.
 - El usuario ingresa con usuario y contraseña establecidos con anterioridad a la aplicación Blynk.
 - La aplicación permite al usuario evidenciar el nivel de batería del sistema, siendo un nivel no óptimo inferior a 9V.
 - El usuario debe dejar cargar la batería durante un día completo y verificar nuevamente. De persistir el inconveniente debe ponerse en contacto con el proveedor del sistema.
- Caso 2
 - El usuario enciende de forma manual el regulador de carga para habilitar el flujo de energía eléctrica hacia los componentes, especialmente el subsistema de control ya que permitirá la manipulación de todo el sistema de vigilancia por parte del usuario.
 - El usuario ingresa con usuario y contraseña establecidos con anterioridad a la aplicación Blynk.
 - La aplicación permite al usuario evidenciar el nivel de batería del sistema, siendo un nivel óptimo igual o superior a 12 V.
 - La aplicación permite al usuario evidenciar que la iluminación, el DVR y las cámaras de video se encuentran apagadas o estado "off".
 - En la aplicación Blynk, el usuario activa los botones digitales correspondientes al DVR y las cámaras para encender dichos componentes.
 - El usuario ingresa con usuario y contraseña establecidos con anterioridad a la aplicación destinada para la visualización de los videos de vigilancia.
 - El sistema no permite que el usuario pueda visualizar en tiempo real las tomas realizada por las diferentes cámaras.
 - El usuario debe ponerse en contacto con el proveedor del sistema para verificar si el problema radica en la alimentación del DVR y/o cámaras, o es debido a la comunicación con la red.
- Caso 3
 - El usuario enciende de forma manual el regulador de carga para habilitar el flujo de energía eléctrica hacia los componentes, especialmente el subsistema de control ya que permitirá la manipulación de todo el sistema de vigilancia por parte del usuario.
 - El usuario ingresa con usuario y contraseña establecidos con anterioridad a la aplicación Blynk.
 - La aplicación permite al usuario evidenciar el nivel de batería del sistema, siendo un nivel óptimo igual o superior a 12 V.
 - La aplicación permite al usuario evidenciar que la iluminación, el DVR y las cámaras de video se encuentran apagadas o estado "off".

- En la aplicación Blynk, el usuario activa los botones digitales correspondientes al DVR y las cámaras para encender dichos componentes.
 - El usuario ingresa con usuario y contraseña establecidos con anterioridad a la aplicación destinada para la visualización de los videos de vigilancia.
 - El sistema permite que el usuario pueda visualizar en tiempo real las tomas realizada por las diferentes cámaras.
 - El usuario puede encender y apagar las cámaras mediante la aplicación Blynk en el momento que lo desee.
 - En la aplicación Blynk, el usuario activa los botones digitales correspondientes a las diferentes luminarias.
 - Las luminarias activadas por el usuario no se encienden (puede verificarse mediante las cámaras de vigilancia).
 - El usuario debe ponerse en contacto con el proveedor del sistema para verificar si el problema radica en la alimentación de las luminarias, o es debido a la comunicación con la red.
- Caso 4
 - El usuario enciende de forma manual el regulador de carga para habilitar el flujo de energía eléctrica hacia los componentes, especialmente el subsistema de control ya que permitirá la manipulación de todo el sistema de vigilancia por parte del usuario.
 - El usuario ingresa con usuario y contraseña establecidos con anterioridad a la aplicación Blynk.
 - La aplicación permite al usuario evidenciar el nivel de batería del sistema, siendo un nivel óptimo igual o superior a 12 V.
 - La aplicación permite al usuario evidenciar que la iluminación, el DVR y las cámaras de video se encuentran apagadas o estado "off".
 - En la aplicación Blynk, el usuario activa los botones digitales correspondientes al DVR y las cámaras para encender dichos componentes.
 - El usuario ingresa con usuario y contraseña establecidos con anterioridad a la aplicación destinada para la visualización de los videos de vigilancia.
 - El sistema permite que el usuario pueda visualizar en tiempo real las tomas realizada por las diferentes cámaras.
 - El usuario puede encender y apagar las cámaras mediante la aplicación Blynk en el momento que lo desee.
 - En la aplicación Blynk, el usuario activa los botones digitales correspondientes a las diferentes luminarias.
 - Las luminarias activadas por el usuario se encienden de manera inmediata.
 - El usuario puede encender y apagar una o varias luminarias según lo desee.

- El usuario puede encender o apagar los diferentes componentes repitiendo el proceso nuevamente desde la aplicación de control cuantas veces lo desee.
- Como proceso independiente, el usuario no evidencia el movimiento (oriente a occidente) realizado por el panel solar durante el día.
- El usuario debe ponerse en contacto con el proveedor del sistema para verificar si el problema radica en la alimentación del motor, o es debido a la comunicación con la red.

10.2 Requerimientos Industriales

10.2.1 Requerimientos de uso y función.

a) Requerimientos de uso

Los requerimientos industriales mostrados a continuación, corresponden a los requerimientos de uso y son los recomendados para el buen funcionamiento, uso y desempeño del sistema de vigilancia.

- *Practicidad*
 - El usuario debe contar con un espacio a campo abierto amplio para el correcto funcionamiento e instalación del sistema.
 - El sistema debe ser implementado en una zona que no afecte las labores cotidianas de los trabajadores de la finca.
 - El usuario debe contar con un dispositivo móvil con sistema operativo Android o IOS.
 - El usuario debe contar con un dispositivo móvil con acceso a la red (internet).
 - El sistema debe contar con una interfaz usuario-máquina usable, con lenguaje claro y accesible para cualquier tipo de usuario.
- *Conveniencia*
 - El usuario deberá tener una previa capacitación para el manejo adecuado del sistema.
 - El dispositivo móvil usado debe tener favorables condiciones de almacenamiento, procesamiento y estar libre de virus que puedan afectar la interacción entre el sistema.
 - Solo es necesaria la interacción constante entre el usuario final y el subsistema de control, sin embargo, se recomienda realizar procesos de mantenimientos y supervisión a los otros subsistemas.

- *Seguridad.*
 - Los componentes del sistema deben cumplir con la norma IP65 (hermético al polvo y protegido contra el agua).
 - El subsistema de control debe contar con una caja totalmente sellada y que impida el ingreso de polvo, agua y cualquier otro elemento externo.
 - El soporte del panel solar debe ajustarse al suelo, soportando una velocidad de viento de 30km/h, garantizando la vida útil del sistema y su funcionamiento.
 - Debido a que el usuario solo tiene una interacción con el subsistema de control por medio de un dispositivo móvil, no existe ningún riesgo, ni para los componentes ni para el usuario final.
 - Con respecto al cableado eléctrico y coaxial (señal de las cámaras), que se distribuyen desde el subsistema de control hacia los diferentes componentes de vigilancia (cámaras, luminarias), se debe realizar una instalación aérea optima (distancia y altura) de manera que no interfiera con el paso de animales y personas.
- *Mantenimiento*
 - Se recomienda realizar mantenimiento a los subsistemas instalados en la finca máximo una vez al mes para limpiar excesos de polvo o cualquier otro elemento (especialmente en el panel solar) y en caso de cualquier falla, remitir el caso directamente al encargado técnico.
- *Reparación*
 - Debido a que el sistema se encuentra compuesto por varios componentes y un numeroso cableado eléctrico, se recomienda que el usuario no intente hacer ninguna reparación o ajuste al sistema (a excepción de aplicaciones en el dispositivo móvil), ya que puede materializarse en un daño mayor al realizada por el usuario final bajo previa capacitación y autorización por parte del personal técnico.
- *Manipulación*
 - El usuario no deberá manipular los diferentes subsistemas, solo se permite la manipulación de los aplicativos instalados en el dispositivo móvil. Cabe anotar que el usuario no tiene acceso al código fuente de los aplicativos.
- Antropometría

- El tamaño del sistema aún no está definido debido a que se encuentra en etapa de diseño y se depende de los componentes finales que se adquieran y la disposición que el usuario final desee para la instalación final.
- **Ergonomía**
 - El peso del sistema está directamente relacionado con el tamaño de este, por esta razón y como se mencionó anteriormente, aun no es posible establecerlo.
 - El sistema debe contar con una ventilación para ciertos subsistemas.
 - El ruido emitido por algunos componentes del sistema no debe ser perceptible por el usuario a menos de que se encuentre a menos de 50 cm de la caja principal de control.
- **Percepción**
 - El usuario final debe tener una capacitación previa al uso del sistema con el fin de evitar daños a sus diferentes subsistemas debidos a una incorrecta manipulación.
- **Transporte**
 - El sistema debe encontrarse fijado al suelo del lugar de implementación con el fin de evitar daños ocasionados por diferentes condiciones ambientales. Para transportar el sistema se deben remover las fijaciones instaladas y así mismo volverlas a instalar en el sitio de destino.

b) Requerimientos de función

Los requerimientos industriales mostrados a continuación, corresponden a los requerimientos de función y son los recomendados para el buen funcionamiento del sistema completo y la resolución de necesidades presentadas por el usuario final.

- **Mecanismo**
 - El subsistema correspondiente al panel solar debe contar con un mecanismo de movimiento en el eje horizontal, el movimiento debe realizarse de acuerdo con los grados establecidos en el diseño.
 - El subsistema de control debe estar protegido por una caja sellada, pero que a su vez permita ser abierta cuando se requiera de mantenimientos o

ajustes, la caja debe tener unas medidas acordes a los diferentes tamaños de los componentes seleccionados.

- El sistema debe ser capaz de encender y apagar luminarias y cámaras de seguridad según lo requiera el usuario final mediante un dispositivo móvil.

- *Confiabilidad*

- Al tratarse de un sistema diseñado basado en la integración de tecnologías y por ende en la compra de componentes adquiridos de manera separada se debe confiar en su funcionamiento al 100% de manera aislada.
- La integración y acople de componentes son parte fundamental del desarrollo del sistema y se espera una confiabilidad del 100%, no sin antes realizadas diferentes pruebas a cada uno de los componentes individualmente.

- *Versatilidad*

- La versatilidad del sistema es bastante amplia, debido a que por medio de la energía eléctrica generada se pueden alimentar diversos tipos de componentes que contribuyan a un mejoramiento continuo del sistema. Lo anterior, debe ser considerado dependiendo del consumo energético que impliquen dichos componentes adicionales.

- *Resistencia*

- El sistema no debe contener componentes con voltajes superiores a 12v.
- El sistema debe estar basado en el peso de cada componente y su sumatoria en el caso de los que requieran estar en una misma estructura. El peso como se ha indicado anteriormente se encuentra sujeto a la adquisición de componentes.

- *Acabado*

- El sistema deberá tener un acabado industrial basado en estructuras metálicas (estructura del panel y caja de control) con normas IP65 y pintura especial para exteriores.

10.2.2 Requerimientos de Producción.

a) De estructura

Los requerimientos de producción mostrados a continuación corresponden a las características generales del sistema en cuanto a estructura, las cuales están definidas a continuación.

- *Número de componentes*
 - El sistema está compuesto por 7 subsistemas, que a su vez está compuesto por 10 componentes, entre los cuales están las cámaras de video, luminarias, baterías, regulador de carga, panel solar, motor paso a paso y Arduino como componentes principales.
- *Carcasa*
 - El mecanismo de control debe estar protegido por una caja metálica debidamente sellada y con pintura especial para exteriores. El restante de componentes cuenta con norma IP65, por lo cual no requieren de carcasas o cajas de protección adicionales.
- *Unión*
 - Los componentes exteriores están unidos por medio de cable eléctrico con un calibre de mínimo 1,5 mm² de diámetro destinado al suministro de alimentación y cable coaxial SMA con conectores tipo N para las señales de las cámaras de video.
 - Los componentes interiores (caja de control) están unidos por cable eléctrico con un calibre de mínimo 1,5 mm² de diámetro con el fin de suministro de alimentación e interconexiones entre dispositivos de control.
- *Centro de gravedad*
 - La caja destinada para el control no debe alterar la estabilidad del panel solar.
 - El panel solar debe contar con una estructura que solamente interactúe con el subsistema de movimiento del motor. La estructura debe estar totalmente sujeta al suelo, sin embargo, debe contar un eje centrar que gire en el plano horizontal y el cual estará unido al motor que controla dicho movimiento pero que no afecta la estabilidad de la estructura principal.
 - Las luminarias y cámaras deben estar ubicadas en un mismo poste que a su vez este sujeto al suelo. La ubicación de los dos componentes es totalmente paralela y en alturas diferentes con la finalidad de no alterar sus respectivas funciones dentro del sistema.
- *Estructurabilidad*
 - El panel solar debe recibir la radiación solar y convertirla en energía eléctrica.
 - El regulador de carga debe recibir la energía eléctrica del panel y distribuirla en las baterías y a su vez en los diferentes componentes del sistema.
 - Las baterías deben almacenar toda la energía eléctrica del sistema.

- El subsistema de control debe administrar la activación y desactivación de los diferentes subsistemas.
- El control de movimiento debe encargarse de la óptima dirección del panel solar (en dirección al movimiento del sol) durante todo el día.
- Las luminarias deben proporcionar iluminación al área indicada por el usuario.
- Las cámaras de vigilancia deben suministrar una visualización del sector de la finca que desee el usuario.

b) Técnico-Productivos.

Los requerimientos de producción mostrados a continuación corresponden a las diferentes condiciones de manufactura para la producción de los componentes del sistema y sus características técnicas y tecnológicas.

- *Modo de producción*
 - El modo utilizado para la producción es manufacturado, debido a que todos los componentes y estructuras serán adquiridos mediante compra.
- *Estandarización*
 - Al ser un sistema basado en integración de tecnologías, los diferentes componentes y estructuras adquiridos son en algunos casos de uso exclusivo para el sistema, sin embargo, bajo ciertos parámetros de diseño y con ajustes específicos en sus subsistemas se pueden usar en diferentes proyectos o sistemas relacionados con energías renovables
- *Pre-Fabricación*
 - Todos los componentes (excepto luminarias) utilizados se deben utilizar como vienen de fábrica.
 - Las luminarias deben ser intervenidas con el fin de eliminar los derivadores de voltaje que las transforman a AC.
- *Materias primas*
 - Todos los componentes utilizados son manufacturados.
- *Proceso productivo*
 - Todos los componentes utilizados son manufacturados.
- *Modo de empaque*

- Todos los componentes utilizados son manufacturados.
- *Costo de producción*
 - Todos los componentes utilizados son manufacturados.

c) Legales y normativos.

Los requerimientos de producción mostrados a continuación corresponden a las diferentes características desde el punto de vista legal y normativo colombiano.

- *Patente*
 - Los sistemas de vigilancia alimentados con energías alternativas ya están patentados. El sistema se realiza con el fin de incentivar la utilización de alternativas tecnológicas y de energía limpia para diferentes sectores de producción y en lugares que por su geografía no cuentan con fuentes eléctricas convencionales.
- *Norma*
 - No se encuentran limitaciones legales para la implementación del sistema. Por el contrario, la ley colombiana incentiva la utilización de energías renovables mediante la aplicación de beneficios tributarios.

10.2.3 Requerimientos Estéticos y de Identificación.

a) Formales.

- *Estilo*
 - El sistema debe contar con un acabado industrial.
- *Unidad*
 - El sistema debe estar compuesto visualmente por 6 subsistemas, en donde se destacan el panel solar y la caja de control como los diferenciales o no repetidos. Por otro lado, se destaca un subsistema compuesto por un poste en donde se instalan luminarias y cámaras de vigilancia, este subsistema se repite 4 veces.
- *Interés*

- El sistema debe ser fácil de replicar e interesante visualmente debido a la innovación presente en la integración de los componentes. Lo anterior, con el fin de generar una línea de producción en el futuro más amplia.
- *Equilibrio*
 - Visualmente el sistema es uniforme debido a la ubicación y repetición de los diferentes componentes y subsistemas.
- *Superficie*
 - La estructura del panel debe ser de color oscuro, manteniendo los colores del componente principal.
 - La caja metálica debe ser de color claro, con el fin de identificarla como el subsistema principal de control y diferenciarla del resto de componentes
 - Los de más subsistemas instalados varían de acuerdo con los componentes que se adquieran, sin embargo, los postes de instalación se mantendrán de color oscuro para no ser un punto llamativo para animales o personas ajenas al predio.

b) De identificación.

- *Impresión*
 - Todo el sistema es compuesto por componentes tridimensionales.
- *Ubicación*
 - Todo el sistema es instalado de acuerdo con las especificaciones finales que indique el usuario.
- *Información*
 - Ningún componente de la instalación debe ser manipulado por el usuario, sin embargo, se caracteriza la caja de control con un color claro para ser identificada y protegida contra amenazas externas

10.3 Materiales, Procesos y normativas.

A continuación, se presentan las diferentes alternativas de producción acorde al sistema teniendo en cuenta la posible inclusión de materiales usados en la implementación e instalación de los componentes.

10.3.1 Materiales.

Teniendo en cuenta los materiales o componentes mencionados en la etapa de diseño del sistema, es necesario la implementación de materiales adicionales a los principales con el fin de garantizar una correcta integración de todos los subsistemas. A continuación, se presentan dichos materiales teniendo en cuenta los requerimientos particulares del sistema para su instalación.

a) Poste metálico de chapa MCH – 200 daN.

El poste que se muestra a continuación es necesario para la correcta instalación y ubicación tanto de cámaras de vigilancia, como de las luminarias.



Figura 59. Poste metálico de chapa MCH - 200 daN. [51]

Tabla 74. Ficha Técnica Poste Metálico De Chapa MCH – 200 daN. [51]

FICHA TÉCNICA POSTE METÁLICO DE CHAPA MCH – 200 daN
Lámina de acero
Galvanizado en caliente ASTM A153
Ø de cúspide: 140 – 160 mm
Conicidad: 10 a 12 mm/m
Esfuerzo vertical: 120daN
Ø de perforaciones: 17,5mm (11/16").
Esfuerzo nominal: 200daN
Altura total: 9m

b) Soporte Tipo Poste Con Adaptador Para Cámaras De Seguridad.

El soporte que se muestra a continuación es necesario para la correcta instalación de las cámaras de vigilancia.



Figura 60. Soporte Tipo Poste Con Adaptador Para Cámaras De Seguridad. [52]

Tabla 75. Soporte Tipo Poste Con Adaptador Para Cámaras De Seguridad. [52]

FICHA TÉCNICA SOPORTE TIPO POSTE CON ADAPTADOR PARA CÁMARAS DE SEGURIDAD
Fabricado en acero cold rolled de alta resistencia.
Compatible con todas las marcas de cámaras de vigilancia
Resiste un peso aproximado de 15 kilogramos
Apto para el uso en el exterior, cuando llueve no dañara ni oxidara su estructura
Puede instalarse en cualquier estructura cilíndrica
Sistema de montaje de la cámara con medida Vesa 48 x 48 ~ 70 x 70 ~ 84 x 84
Trae en su parte trasera abrazaderas metálicas para el fácil anclaje en el poste.
Dimensiones aproximadas de 17 cm de alto X 13 cm de ancho.
Su estructura es pintada con pintura electroestática color blanco.

c) *Conector aéreo de 2 pines.*

El conector que se muestra a continuación es necesario para facilitar la integración del subsistema de iluminación, con la fuente de alimentación del subsistema de control.



Figura 61. Conector aéreo 2 pines. [53]

Tabla 76. Conector aéreo 2 pines. [53]

FICHA TÉCNICA CONECTOR AÉREO 2 PINES
Conector: Militar
Versión: Hembra
Nº pines: 2
Tamaño: 22
Tipo: Aéreo

d) *Conector aéreo de 6 pines.*

El conector que se muestra a continuación es necesario para facilitar la integración de la alimentación de varios subsistemas, con la fuente de alimentación del subsistema de control.



Figura 62. Conector aéreo 6 pines. [54]

Tabla 77. Conector aéreo 6 pines. [54]

FICHA TÉCNICA CONECTOR AÉREO 6 PINES
Conector: Militar
Versión: Hembra
Nº pines: 6
Tamaño: 18
Tipo: Aéreo

e) *Cable coaxial RG58A.*

El cable que se muestra a continuación es necesario para la integración entre los componentes del subsistema correspondiente a las cámaras de vigilancia.



Figura 63. Cable coaxial RG58A. [55]

Tabla 78. Cable coaxial RG58A. [55]

FICHA TÉCNICA CABLE COAXIAL RG58A
Calibre AWG: 20 (1/20)
Impedancia: 50 Ohms
50% malla de aluminio sin estañar
Ø exterior: 0,48 cm

f) *Conectores tipo N.*

El conector que se muestra a continuación es necesario para la integración entre los componentes del subsistema correspondiente a las cámaras de vigilancia.



Figura 64. Conector tipo N. [56]

Tabla 79. Conector tipo N. [56]

FICHA TÉCNICA CONECTOR TIPO N
Género: macho
Tipo de Cable: RG141, RG58
Tipo de Montaje: montaje de Cable
Método de Terminación: crimpado
Orientación del Cuerpo: recta
Impedancia: 50Ω
Frecuencia de Funcionamiento: 0 → 11GHz

Temperatura Mínima de Funcionamiento:	-55 °C
Temperatura Máxima de Funcionamiento:	+155 °C
Revestimiento del Cuerpo:	bronce
Revestimiento del Contacto:	oro sobre Níquel
Material del Contacto:	latón

g) Cable eléctrico #14 blanco Nexans.

El cable que se muestra a continuación es necesario para la alimentación e integración todos los componentes del subsistema.



Figura 65. Cable eléctrico #14 blanco Nexans. [57]

Tabla 80. Cable eléctrico #14 blanco Nexans. [57]

FICHA TÉCNICA CABLE ELÉCTRICO #14 BLANCO NEXANS.
Tensión: 600V
Material: cobre
Alto: 0,04 m
Ancho: 0,18 m
Color: blanco
Corriente 25
Peso: 0,46
Tipo: alambre
Amperaje: 25
Norma técnica: N°1864

10.3.2 Procesos.

El modo utilizado para la producción es manufacturado, debido a que todos los componentes y estructuras serán adquiridos mediante compra. Por lo tanto, no se requieren de procesos de producción para los componentes.

10.3.3 Normativas.

No se encuentran limitaciones legales o normativas para la implementación del sistema. Por el contrario, la ley colombiana incentiva la utilización de energías renovables mediante la aplicación de beneficios tributarios.

10.4 Planificación de producción.

10.4.1 Alternativas de configuración

A continuación, se presentan las dos opciones propuestas como alternativas de diseño industrial para el sistema.

a) Diseño 1

Este diseño, tiene como función la recolección de energía solar fotovoltaica y su posterior uso en la alimentación de un sistema de vigilancia compuesto por luminarias y cámaras de vigilancia. El sistema está constituido por un panel fotovoltaico que transforma y transfiere la energía eléctrica hacia un subsistema de regulación de carga, este a su vez, regula la cantidad de energía entregada al subsistema de baterías y así mismo, se encarga de transferir la energía necesaria para alimentar los diferentes subsistemas que requieran de una fuente de energía para su funcionamiento. Por último, el subsistema de control se encarga de administrar la información relevante que requiera ser enviada al usuario y así mismo, de recibir los datos suministrados por el usuario y que pueden activar o desactivar los subsistemas de iluminación y cámaras de vigilancia,

Teniendo en cuenta que la finca Los Mangos se encuentra en un terreno desigual y en el cual se puede utilizar el sistema en varias posiciones según lo desee el usuario, se plantea un diseño basado en un mecanismo móvil con todos los subsistemas mencionados anteriormente incorporados, de esta manera se puede transportar todo el sistema para lugares diferentes según la conveniencia del usuario final y las condiciones medioambientales del momento. El sistema debe contar con un mecanismo móvil estable y que permita ser ajustado al suelo en el lugar donde se desee instalar momentáneamente.

A continuación, se presenta un boceto del mecanismo móvil planteado como un carro capaz de transportarse por diferentes sectores de la finca.



Figura 66. Boceto de mecanismo móvil diseño 1.

El boceto mostrado a pesar de contar con una ventaja importante de adaptabilidad a cualquier espacio de la finca tiene como desventaja el alto costo de implementación, así como unos niveles de desarrollo e implementación bastante elevados debido a la dificultad para el ensamblaje de todos los componentes. También es necesario resaltar que, al encontrarse todo el sistema incorporado en una misma estructura, se corre el riesgo de caídas por inestabilidad que afecten uno o varios subsistemas al mismo tiempo.

b) Diseño 2

Este diseño, tiene como función la recolección de energía solar fotovoltaica y su posterior uso en la alimentación de un sistema de vigilancia compuesto por luminarias y cámaras de vigilancia. El sistema está constituido por un panel fotovoltaico que transforma y transfiere la energía eléctrica hacia un subsistema de regulación de carga, este a su vez, regula la cantidad de energía entregada al subsistema de baterías y así mismo, se encarga de transferir la energía necesaria para alimentar los diferentes subsistemas que requieran de una fuente de energía para su funcionamiento. Por último, el subsistema de control se encarga de administrar la información relevante que requiera ser enviada al usuario y así mismo, de recibir los datos suministrados por el usuario y que pueden activar o desactivar los subsistemas de iluminación y cámaras de vigilancia.

Para esta propuesta de diseño, se adopta la idea de que los diferentes subsistemas se encuentren en una posición fija, pero que a su vez permita un rango de alcance que permita acceder a sectores más allá de los establecidos en los requerimientos. Para esta solución se propone instalar el panel solar con la ayuda de una estructura metálica que a su vez este ajustada al suelo, de esta manera se evitan levantamientos por fuertes vientos o factores adicionales como animales y personas ajenas a la finca. Adicionalmente, se pretende que tanto la caja que contiene el subsistema de control como la que contiene las baterías, se sitúen a un costado de la estructura del panel con el fin de facilitar las conexiones entre los diferentes componentes.

Las luminarias y cámaras de vigilancia se proponen sean instaladas mediante postes metálicos en sectores estratégicos de la finca y que abarquen el área establecida por el cliente en los requerimientos iniciales. Para la instalación de los postes, es necesario contar

con excavaciones de aproximadamente 30 cm de diámetro y un mínimo de 1 m de profundidad y cementar posteriormente, garantizando que el poste y sus componentes no sufra daños por fuertes vientos.

A continuación, se presenta un boceto de las diferentes estructuras mencionadas.

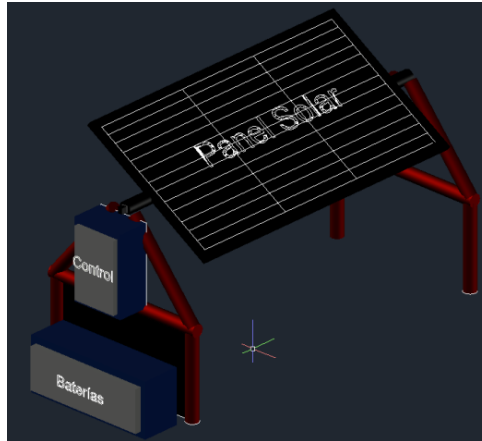


Figura 67. Boceto de estructura independiente diseño 2.

La propuesta de solución anterior tiene como limitante el hecho de que solo es posible instalarse una única vez, impidiendo una posible readecuación del sistema por parte del usuario. Así mismo es necesario la instalación de cableado aéreo para las diferentes conexiones alámbricas que requiera el sistema.

10.4.2 Evaluación y presentación de la alternativa a desarrollar

A continuación, se presenta la tabla con los resultados de la evaluación realizada por el grupo de interés del proyecto.

Tabla 81. Evaluación de alternativa.

Criterio	Alternativa 1		Alternativa 2		Peso
	Evaluación	Ponderado	Evaluación	Ponderado	
Costo	2	0,6	4	1,2	30%
Factibilidad de desarrollo	2	0,4	4	0,8	20%
Tiempo de desarrollo	3	0,6	4	0,8	20%
Facilidad de implementación en el sitio	5	1,0	4	0,8	20%
Prevención de riesgo del sistema	4	0,4	4	0,4	10%
Total	16	3,0	20	4,0	100%

Se escoge el diseño número 1 principalmente por el factor económico, esto debido a el desarrollo de una estructura móvil sobrepasa en más de un 50% el costo que implica la elaboración de una estructura física. Adicionalmente, la facilidad de desarrollo y el tiempo del este no juegan un papel favorable debido al corto tiempo con el que se cuenta para la implementación del sistema y teniendo en cuenta que se necesitaría esperar hasta el finalizado de la estructura completa para poder realizar pruebas del sistema completo.

10.4.3 Diseño detallado

a) Selección de materiales

Para la selección de materiales, es necesario tener en cuenta que solo se requiere de la elaboración de la estructura del panel solar y de las cajas que contendrán los subsistemas de control y baterías con respectivos componentes. Cabe anotar que la estructura o soporte de las luminarias y cámaras de vigilancia ya fue mencionada anteriormente y se presentó su respectiva ficha técnica.

Para las estructuras del panel y cajas son necesarios materiales resistentes a exteriores y que a su vez soporten los pesos inducidos por los diferentes componentes que soportarán y contendrán respectivamente. Por lo anterior, se recomienda el uso de acero inoxidable recubierto de pintura electroestática con el fin de garantizar condiciones industriales de calidad teniendo en cuenta el sitio de implementación del sistema.

Algunas características del acero inoxidable con las siguientes: [58]

- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a la oxidación
- Resistencia a la fluencia a temperaturas elevadas
- Resistencia y ductilidad expuesto a bajas temperaturas
- Altas propiedades mecánicas
- Facilidad de conformado (embutición, plegado, hidro conformado, soldadura, soldadura blanda, etc.)

Así mismo, la pintura electroestática tiene las siguientes características: [59]

- Gran variedad en colores
- Excelente adherencia al metal
- Extraordinaria resistencia a la corrosión

b) Selección de sistemas mecánicos

Para el diseño industrial del sistema, solo es necesario tener en cuenta el eje con el que debe contar la estructura del panel solar y que será el encargado de permitirle al motor realizar el movimiento del panel en dirección al sol. A continuación, se presenta un boceto de la ubicación determinada para el eje; es necesario mencionar que al ser un eje que debe ir en el centro de la estructura, no se presentan más alternativas de diseño.

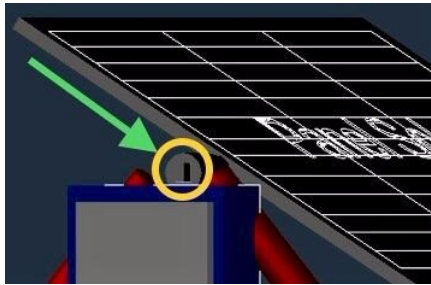


Figura 68. Ubicación del eje central en la estructura.

c) Definición de componentes principales

Teniendo en cuenta la descripción de materiales anterior, se aclara nuevamente que solo se requiere de la elaboración de dos estructuras o componentes industriales (caja de control y estructura del panel).

- *Carcasa (caja de control)*

Para la caja de control se pretende realizar una carcasa metálica, recubierta con pintura electroestática y con forma rectangular cuyas medidas aun no pueden ser más detalladas debido a que se depende de la compra de componentes que contendrá y su posterior toma de medidas. A continuación, se presenta un boceto de la caja.

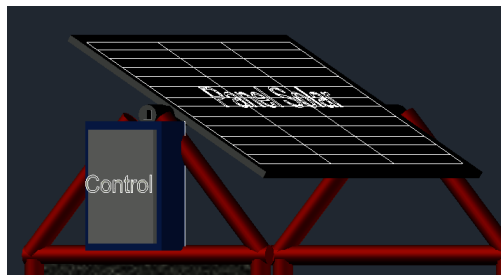


Figura 69. Boceto caja de control.

Para las baterías se usa un modelo igualmente cuadrado y recubierto con pintura electroestática, con medidas por establecer y cuyo boceto se presenta a continuación.



Figura 70. Boceto caja para baterías.

- *Estructura de soporte (panel)*

Para la estructura de soporte del panel se pretende hacer una estructura metálica, recubierta con pintura electroestática y cuyas medidas son las siguientes:

- La base superior debe tener las mismas medidas del panel solar, es decir, 195,6 x 99,2 x 4 cm.
 - Altura equivalente a la mitad del ancho del panel solar, es decir, 49,6 cm.
- Implementación
- El largo debe ser equivalente al largo del panel solar, es decir, 195,6 cm.
 - El ancho debe ser equivalente al ancho del panel solar, es decir, 99,2 cm.

Cabe anotar que todas las medidas anteriores están sujetas a revisión por parte de un experto en metalmecánica. En la figura 66 se puede evidenciar el boceto de la estructura de soporte.

- *Sistema de cableado*

El sistema de cableado se basa en cables coaxiales y eléctricos definidos anteriormente, los cuales serán instalados de forma aérea por requerimiento del cliente basado en las características del terreno.

- *Interfaz de comunicación*

El sistema de comunicación entre subsistemas se realiza por medio del sistema cableado descrito anteriormente.

- *Interfaz con el usuario*

La interfaz con el usuario se realiza única y exclusivamente mediante los aplicativos instalados previamente en el dispositivo móvil que disponga para tal fin el usuario. Por esta razón el usuario no debe realizar ningún tipo de interacción con los componentes del sistema instalados en la finca.

d) Aplicación de normativas

No se encuentran limitaciones legales o normativas para la implementación del sistema. Por el contrario, la ley colombiana incentiva la utilización de energías renovables mediante la aplicación de beneficios tributarios.

Basados en la información anterior se debe mencionar la Ley 1715 de 2014, bajo la cual se fomentan los desarrollos de energías renovables no convencionales en el país y en la cual se respaldan varios decretos establecidos para tal fin.

e) Análisis Ergonómico y Antropométrico

Como se ha aclarado anteriormente, el usuario solo interactúa directamente con los aplicativos preinstalados en su dispositivo móvil, por tal razón el sistema solo requiere de características cognitivas por parte del usuario final correspondientes a un conocimiento

básico de aplicaciones móviles, saber leer y no poseer dificultades en la identificación de colores (daltonismo). A continuación, se puede evidenciar una pantalla de la interfaz gráfica a la cual se vería enfrentado el usuario.



Figura 71. Pantalla ejemplo de aplicativo.

Hay que mencionar que el sistema estar ubicado en un sector de la finca que no afecte la movilidad y/o desplazamiento de los funcionarios de esta.

10.4.4 Implementación - Producción

a) Plan de implementación

Debido a que los componentes principales son elaborados a base de acero inoxidable, se requiere de la contratación de un experto técnico en metalmecánica. Para lo anterior, se procede a contratar a la empresa Helio Light debido a su recorrido en el mercado y a que es una empresa recomendada por el usuario. Una vez seleccionada la empresa, se le entregan planos, cálculos y cualquier información que requieran para la elaboración de las estructuras.

Una vez elaboradas las estructuras, se procede con la instalación de las mismas. La estructura de soporte del panel es adherida o ajustada a este, comprobando que no exceda su tamaño y que el eje central sea totalmente funcional, permitiéndole al panel rotar en su eje horizontal.

Ya instalado el panel, se verifica que la caja de control y la caja de baterías cumplan con los tamaños establecidos y los selles de seguridad. Posteriormente, se procede con la instalación de todos los componentes que requieran estar dentro de las respectivas cajas.

b) Implementación

Para el proceso de implementación, se recibieron todas las estructuras correspondientes a los requerimientos entregados a la empresa Helio Light, dentro de las cuales se encontraba la estructura de soporte del panel y la caja de control.

Para esta altura es necesario mencionar que se realizaron ajustes de diseño debido a costos y recomendaciones por el experto en metalmecánica de la empresa mencionada. Los ajustes son mencionados a detalle en el capítulo correspondiente a ajustes del presente documento.

A continuación, se presentan las estructuras del soporte para el panel y la caja de control elaboradas en acero inoxidable y cumpliendo los requerimientos establecidos. Como se mencionó, debido a cambios de diseño que se mostraran más adelante, ya no se requiere de una caja independiente para la batería.



Figura 72. Estructura de soporte panel.



Figura 73. Caja de control y batería.

Posteriormente, se procede a ajustar el panel a la estructura de soporte, el proceso se realiza con la ayuda de tuercas suministradas por el proveedor de la estructura que se evidencian a continuación.



Figura 74. Ajuste de panel solar a estructura de soporte.

A continuación, se verifica que el panel se encuentre perfectamente alineado a la estructura y se instala al suelo donde se ubicara indefinidamente durante el proceso de pruebas e implementación.



Figura 75. Ajuste de panel a estructura borde 1.

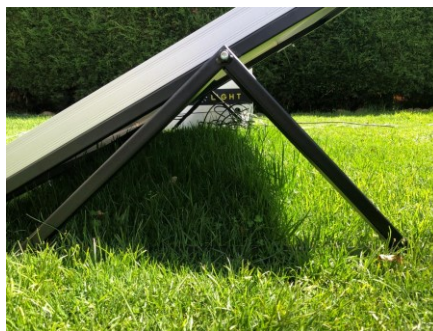


Figura 76. Ajuste de panel a estructura borde 2.

Por último, se procede a verificar que el eje central sea completamente funcional, permitiendo su movimiento en el eje horizontal.

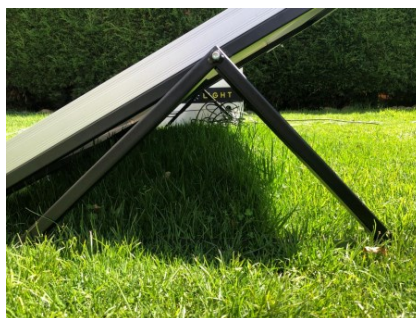


Figura 77. Funcionalidad de eje central 1.



Figura 78. Funcionalidad de eje central 2.

Una vez instalado y verificado el panel, se continua con la instalación de la caja de control. En este proceso se verifica que al momento de cerrar la caja esta quede totalmente sellada y que contenga las medidas establecidas para la instalación de los componentes que contendrá. Con el fin de asegurar el sellado de la caja el proveedor incluye unas arandelas para adecuar un candado u otra medida de seguridad que el usuario considere pertinente.



Figura 79. Sellado de caja de control.



Figura 80. Arandelas de seguridad para la caja de control.

Para la integración de las luminarias, fue necesario utilizar en algunos casos un tubo extensor con el fin de garantizar la altura adecuada, además de abrazaderas plásticas por requerimiento del cliente con el fin de dar una mayor estabilidad y seguridad a la instalación. La siguiente imagen permite evidenciar la instalación final de las luminarias en postes de aproximadamente 3 m de altura.



Figura 81. Luminaria instalada en poste.

Por último, para la instalación de las cámaras de seguridad se usaron abrazaderas plásticas debido a que los postes no permitían ser asegurados por otro medio, cabe anotar que dicha instalación es provisional mientras se adecuan las instalaciones del sitio final. A continuación, se evidencia una imagen de la instalación de las cámaras.



Figura 82. Instalación cámaras de vigilancia.

Debido a los grandes espacios que ocupa el sistema completo y la diferencia de distancias entre distintos componentes es imposible realizar una toma fotográfica completa del sistema, sin embargo, se presenta una imagen con las estructuras principales integradas en la figura 82. Adicionalmente, se cuenta con material videográfico que evidencia la integración completa del sistema.



Figura 83. Sistema integrado de panel y caja de control.

10.5 Documentación

10.5.1 Modelos bidimensionales

a) Bocetos

Basados en los requerimientos y componentes del sistema, los bocetos son parte fundamental del desarrollo de la implementación debido a que permite ilustrar de manera muy general, pero específica cuales es la ubicación de cada componente dentro de un sistema integrado. Por esta razón una vez se edificaron los componentes principales del sistema, se procedió con la elaboración de un boceto que permitiera evaluar el orden de instalación de los otros subsistemas y rediseñar cualquier aspecto de mejora que se fuera presentando durante el proceso. El boceto principal y bajo el cual se trabajó el diseño es el mostrado anteriormente en la figura 66.

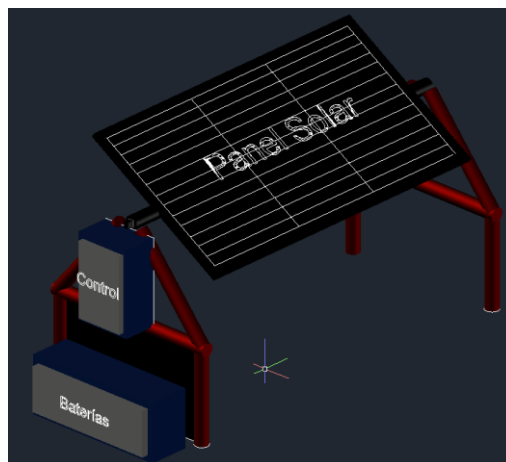


Figura 84. Boceto de estructura independiente diseño 2.

Sin embargo, y como se verá en el capítulo de ajustes, se determinó el siguiente boceto como el final de diseño.

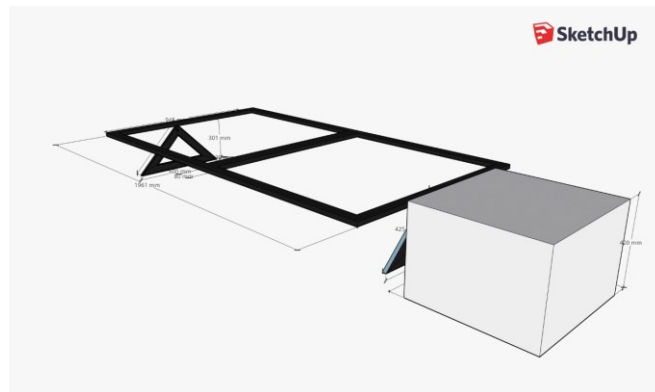


Figura 85. Boceto final estructuras.

11 IMPLEMENTACIÓN

En el siguiente capítulo se evidencia todo el proceso de implementación de cada uno de los siete subsistemas que componen el proyecto del sistema completo, así mismo se incluye el proceso final de implementación e integración con el fin de lograr un sistema completamente funcional.

Además de evidenciar implementaciones adicionales de componentes que fueron requeridos durante el proceso, se pueden ver los resultados de los ajustes que se realizaron por solicitud del cliente (propietario de la finca Los Mangos) y que se pueden observar más a detalle y desde el punto de vista técnico en el capítulo 13 o capítulo de ajustes.

11.1 Implementación de subsistemas

En el siguiente ítem se relacionan las diferentes implementaciones de los subsistemas por separado, teniendo como referencia los componentes industriales ya instalados previamente. Es relevante mencionar que la mayoría de los subsistemas basan su funcionamiento en la integración con componentes de otros subsistemas, obteniendo como resultado que solo pueden evidenciarse su funcionamiento hasta la implementación del sistema completo.

11.1.1 Subsistema A, panel solar

Para la instalación del panel solar fue necesario ubicar un sector que cumpliera con las siguientes características:

- No tuviera interrupciones de sobra durante todo el día con el fin de garantizar las horas pico solares establecidas en el diseño y un máximo de eficiencia del sistema.
- Estuviera en una posición central con respecto a los componentes de los subsistemas de iluminación y circuito cerrado de vigilancia. De esta manera se evitan pérdidas de potencia originadas por largas distancias y cableados desordenados.
- El terreno fuese plano y que no interrumpiera el paso y las funciones de los empleados de la finca.

Basados en la información anterior, se establece el punto de implementación al costado izquierdo de la propiedad donde se instaló el sistema. Posteriormente se realiza la instalación de la estructura al suelo en la ubicación seleccionada.

A continuación, se presenta una imagen del subsistema ya totalmente instalado.



Figura 86. Implementación panel solar.

Las verificaciones del correcto funcionamiento del subsistema se pueden observar en el capítulo de pruebas.

11.1.2 Subsistema B, regulador de carga

Para la instalación del regulador de carga fue necesario realizar el siguiente proceso:

- Leer el manual de usuario con la finalidad de entender los modos de uso y sus diferentes funcionalidades, como por ejemplo activar y desactivar los flujos de energía.
- Identificar las entradas y salidas del regulador con sus respectivas polaridades.
- Seguir las instrucciones de seguridad indicadas en el manual de usuario del regulador.
- Conectar los cables de la batería al regulador de carga, según la polaridad correspondiente.
- Conectar los cables del panel solar al regulador de carga, según la polaridad correspondiente.
- Una vez conectados todos los cables del panel y la batería se conecta cualquier otro componente o subsistema que requiera de una alimentación de 12V DC. Se aclara que para las pruebas de subsistema se omite este paso.

- Una vez realizadas todas las conexiones se incorpora y ajusta el regulador dentro de la caja de control, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por el fabricante en cuanto a ventilación.

Una vez realizado todo el proceso de instalación se obtiene la siguiente imagen como resultado de la implementación.



Figura 87. Implementación del regulador de carga.

Las verificaciones del correcto funcionamiento del subsistema se pueden observar en el capítulo de pruebas.

11.1.3 Subsistema C, Batería

Para la instalación de la batería fue necesario realizar el siguiente proceso:

- Identificar la polaridad de los bornes.
- Incorporar y ajustar la batería dentro de la caja de control.

Una vez realizado todo el proceso de instalación se obtiene la siguiente imagen como resultado de la implementación.

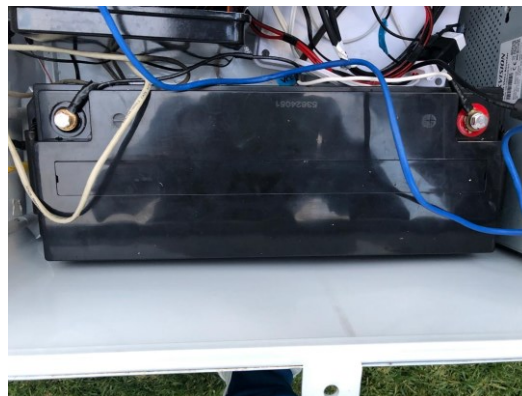


Figura 88. Implementación batería.

Las verificaciones del correcto funcionamiento del subsistema se pueden observar en el capítulo de pruebas.

11.1.4 Subsistema D, Control

Para la instalación del subsistema de control fue necesario realizar el siguiente proceso según sus diferentes componentes:

- Conectar el módulo Ethernet al Arduino UNO mediante cable ethernet.
- Instalar la aplicación Blynk en el dispositivo móvil.
- Programar el Arduino UNO.

La programación del Arduino se realizó en paralelo con el código de la aplicación Blynk, la cual permite programar todos los pines y demás elementos desde la propia aplicación móvil y sincronizarla con el código propio del Arduino. A continuación, se presenta la programación del por medio de la aplicación Blynk.

- Se crea la interfaz gráfica que será usada por el usuario. Esta consta de 6 botones ON/OFF, una gráfica y un indicador de voltaje.



Figura 89. Interfaz gráfica Blynk.

- Se configuran cada uno de los componentes de la interfaz, asignándole el pin correspondiente del Arduino que deben leer y de esta manera visualizar el dato.

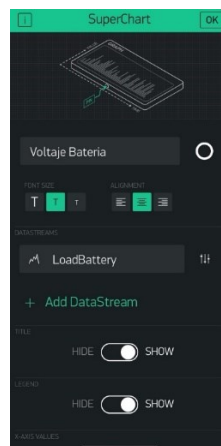


Figura 90. Asignación de pines.

- Se crea un pin virtual que permita realizar la lectura de los datos enviados por la batería.

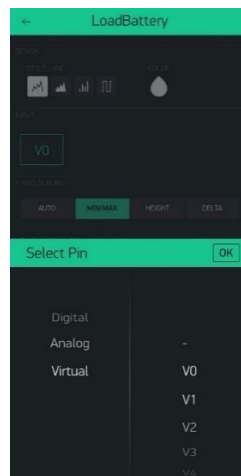


Figura 91. Creación de pin virtual.

- Se programa el Arduino para la creación del pin virtual que realice el envío de datos provenientes de la batería a través de un sensor de voltaje.

```
void sendVoltage(){  
  sensorValue = analogRead(sensorPin);           // realizar la lectura  
  value = fmap(sensorValue, 0, 1023, 0.0, 18.);    // cambiar escala a 0.0 - 25.0  
  Blynk.virtualWrite(V0, value);  
  Serial.println(value);                          // mostrar el valor por serial  
  delay(1000);  
}  
float fmap(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max){  
  return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;  
}
```

Figura 92. Programación de Arduino para sensor de voltaje.

- Se programa la gráfica que mostrara en la aplicación el nivel de voltaje de la batería.



Figura 93. Configuración gráfica de nivel de batería.

- Se programan los diferentes botones ON/OFF de la interfaz gráfica, los Cuales estarán encargados del encendido y apagado de las cámaras, el DVR y las luminarias (cada una con un botón independiente).

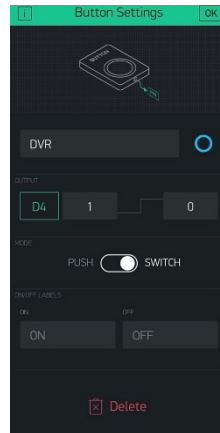


Figura 94. Programación botón DVR.

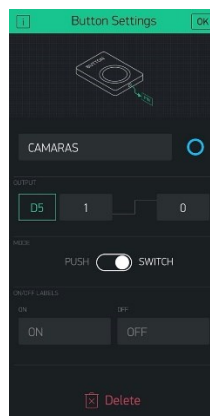


Figura 95. Programación cámaras.

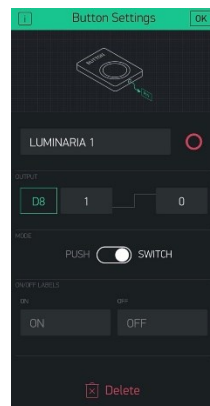


Figura 96. Programación luminaria 1.

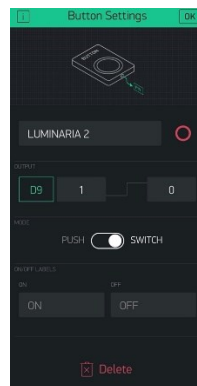


Figura 97. Programación luminaria 2.

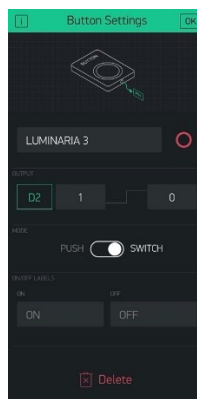


Figura 98. Programación luminaria 3.

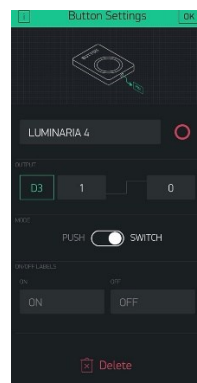


Figura 99. Programación luminaria 4.

- Finalmente se programan los horarios e intervalos de tiempo en los cuales se encenderá el motor encargado del movimiento del panel.

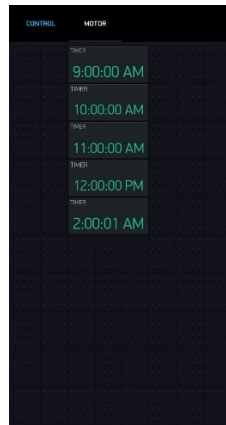


Figura 100. Configuración intervalos del motor.

Al finalizar se procede con el montaje en una caja destinada para los componentes de control.

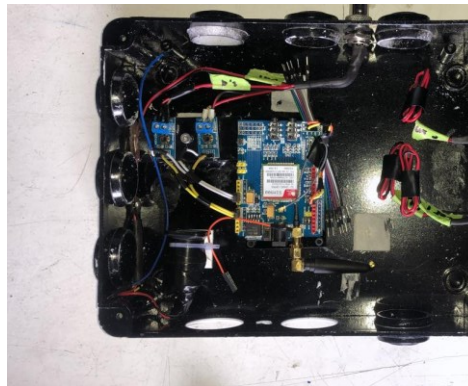


Figura 101. Montaje Arduino más modulo Ethernet.

- Se procede a conectar los pines de salida del Arduino UNO a los relés destinados a permitir el paso de energía eléctrica hacia cada uno de los componentes que lo requieran.
- Se conecta el sensor de voltaje al pin de entrada correspondiente del Arduino para poder realizar el envío de datos hacia la interfaz gráfica.

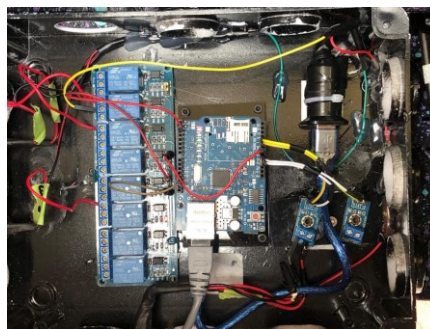


Figura 102. Incorporación de relés y sensor de voltaje.

- Finalmente, se instalan las diferentes salidas hacia los subsistemas que requieran ser habilitados por el subsistema de control y se incorpora a la caja metálica dispuesta para almacenar todos los componentes de control.

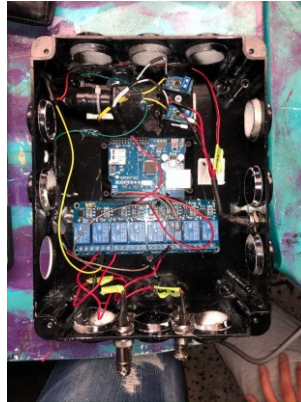


Figura 103. Instalación completa subsistema de control.



Figura 104. Sellado caja de control.



Figura 105. Implementación control.

- Cabe anotar que para el acceso a la red del subsistema de control fue necesario implementar dos componentes adicionales (modem y Switch) que se describen en el capítulo de ajustes. Sin embargo, Dichos componentes serán extraído una vez el cliente solucione los problemas de comunicación que llevaron al uso de estos. A pesar de no ser componentes propios del sistema, se realizó una adaptación para que estén

conectados a las fuentes de alimentación provenientes de la batería, de esta manera sigue siendo totalmente autónomo de otras fuentes energéticas.



Figura 106. Componentes adicionales.

Las verificaciones del correcto funcionamiento del subsistema se pueden observar en el capítulo de pruebas.

11.1.5 Subsistema E, circuito cerrado de seguridad (cámaras)

Para la instalación de circuito cerrado de seguridad fue necesario realizar el siguiente proceso de instalación:

- Identificar la polaridad del cable de alimentación de las cámaras.
- Identificar los cables de señal (análoga y digital) de las cámaras.
- Identificación de las entradas del DVR.
- Identificar la polaridad del cable de alimentación del DVR.
- Se conecta el DVR a uno de los relés del subsistema de control. Adicionalmente se conecta por medio de cable de ethernet a uno de los componentes adicionales (modem) con el fin de tener acceso a la red.
- Se conectan los cables coaxiales a las entradas correspondientes del DVR y se instala dentro de la caja metálica de control.



Figura 107. Implementación DVR.

- Se conectan las cámaras por medio de los cables coaxiales ya instalados en el DVR. Adicionalmente, se conecta la alimentación de las cámaras a uno de los relés del

subsistema de control. Finalmente son ubicadas según los requerimientos y posteriores ajustes del cliente.



Figura 108. Instalación sistema de alimentación y señal de las cámaras.

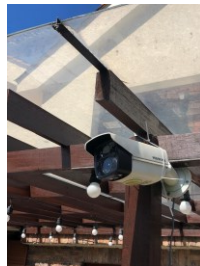


Figura 109. Implementación cámaras de seguridad 1.



Figura 110. Implementación cámaras de seguridad 2.

- Finalmente se instala la aplicación Hik-Connect en el dispositivo móvil y su respectiva sincronización con el DVR instalado.

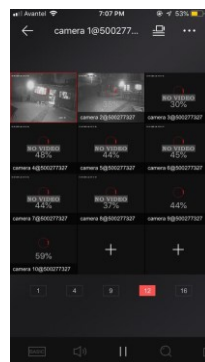


Figura 111. Visualización de aplicativo para cámaras.

Las verificaciones del correcto funcionamiento del subsistema se pueden observar en el capítulo de pruebas.

11.1.6 Subsistema F, control de movimiento del panel.

Para la instalación del control de movimiento del panel fue necesario realizar el siguiente proceso de instalación:

- Identificar la polaridad del cable de alimentación del motor.
- Identificar la distancia mínima y máxima de elongación del eje del motor.
- Una vez identificado el máximo y el mínimo del motor, se procede con la instalación de este teniendo en cuenta lo siguiente:
 - El motor debe ir ubicado debajo del panel y debe encontrarse en posición inclinada simulando un ángulo que permita que el eje del motor toque en un punto determinado con la estructura del panel, punto en donde será fijado a este.
 - La elongación máxima y mínima deben corresponder a los ángulos máximos y mínimos que debe tener el panel durante un día.
- Ya tenidas en cuenta las consideraciones anteriores se procede con la instalación del motor como se muestra a continuación.



Figura 112. Implementación del motor 1.



Figura 113. Implementación del motor 2.



Figura 114. Implementación del motor 3.

Las verificaciones del correcto funcionamiento del subsistema se pueden observar en el capítulo de pruebas.

11.1.7 Subsistema G, iluminación.

Para la instalación de la iluminación fue necesario realizar el siguiente proceso de instalación:

- Según los ajustes explicados a detalle en el capítulo correspondiente, se extraen los diferentes derivadores de voltaje con el fin de dejar las luminarias adaptadas para funcionar con voltaje DC.



Figura 115. Derivador extraído de luminarias.

- Identificar la polaridad del cable de alimentación de las luminarias e instalar los cables correspondientes.



Figura 116. Adaptación de luminarias.

- Se conecta cada luminaria a una etapa de elevación de voltaje, esta etapa puede ser calibrada una vez se conectan las luminarias, sin embargo, se establecen en 32 V ya que es el nivel óptimo de funcionamiento de estas.



Figura 117. Implementación de etapa de elevación de voltaje.

- Una vez conectadas a sus respectivas etapas elevadoras se procede con la instalación en los puntos designados por el cliente según ajustes realizados.



Figura 118. Implementación etapa de elevación de voltaje.



Figura 119. Implementación de luminarias respaldo.



Figura 120. Implementación de luminaria 1.



Figura 121. Implementación de luminaria 2.



Figura 122. Implementación de luminaria 3.



Figura 123. Implementación de luminaria 4.

Las verificaciones del correcto funcionamiento del subsistema se pueden observar en el capítulo de pruebas.

11.2 Integración del sistema

Para la instalación e integración de todo el sistema, fue necesario realizar el siguiente proceso de instalación:

- Identificar la polaridad de los cables del panel solar y conectarlos a las entradas destinadas para tal fin del regulador de carga.
- Conectar la batería al regulador de carga teniendo en cuenta la polaridad de los componentes. A su vez, realizar las conexiones que necesiten ser alimentadas con 12V a la salida del regulador de carga (componentes alimentados en el subsistema de control y componentes adicionales requeridos por ajustes).
- Conectar las diferentes etapas de elevación (provenientes de las luminarias) a los relés del sistema de control.
- Conectar el DVR al relé correspondiente del sistema de control.
- Conectar las cámaras al relé correspondiente del sistema de control.
- Conectar los cables coaxiales mediante los conectores tipo N al DVR.
- Conectar el motor al relé correspondiente del sistema de control.
- Abrir las aplicaciones correspondientes al control y visualización de las cámaras (Blynk y Hik-Connect) e ingresar con los usuarios y contraseñas correspondientes.
- Una vez hechas todas las conexiones se puede activar el regulador de carga, permitiendo de esta manera el flujo de energía eléctrica tanto hacia las baterías como hacia los diferentes subsistemas.

Como resultado final se obtiene la siguiente imagen de la implementación completa del sistema. También se cuenta con material videográfico que puede ser solicitado en cualquier momento.

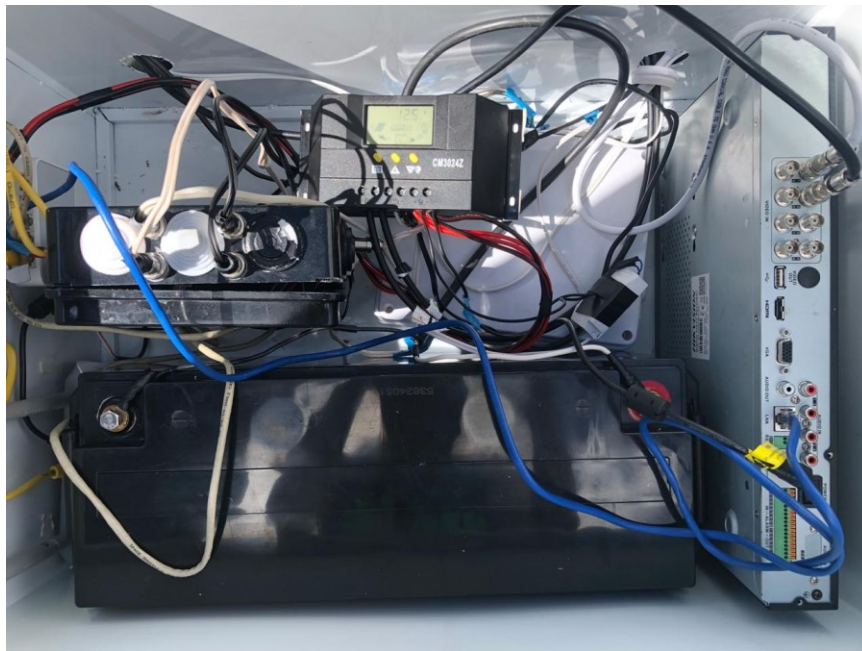


Figura 124. Implementación de sistema, caja de control.



Figura 125. Implementación del sistema.

Las verificaciones del correcto funcionamiento del sistema se pueden observar en el capítulo de pruebas.

12 PRUEBAS

Las pruebas mostradas a continuación fueron realizadas a los componentes implementados, es decir, fue ejecutado teniendo en cuenta los ajustes realizados por el cliente y que esta plasmados en el capítulo correspondiente.

12.1 Pruebas de componentes

Tabla 82. Resultados pruebas de componentes, panel solar.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Panel Solar			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Realizar la medición de las diferentes variables físicas que entrega el panel, con el fin de verificar su correcto funcionamiento teniendo en cuenta los requerimientos mínimos descritos para el componente. Adicionalmente, se deben validar los niveles de dichas variables en diferentes horas del	- Voltaje - Corriente	Multímetro (BBC M 2006)	1. Instalar el Panel solar en posición totalmente horizontal. 2. Preparar el multímetro para medir el voltaje del panel. 3. Se procede a conectar el cable rojo del multímetro al polo positivo del panel solar, y el cable negro del multímetro al polo negativo del panel solar. 4. Se compara el voltaje medido con el multímetro y el voltaje indicado en la hoja técnica del panel solar. El voltaje entregado por el panel debe ser mínimo de 24V. 5. Se repite el procedimiento cada hora, durante 10 horas del día partiendo desde las 7 am, durante 1 mes. 6. Teniendo en cuenta el valor de horas solares pico (4,63 HSP), se debe obtener un valor de 37.95V durante ese	Aprobado	Se observan cambios de voltaje dependiendo de la nubosidad del día, sin embargo, no alteran los requerimientos mínimos establecidos.

día durante mínimo 1 mes en la ciudad de Bogotá D.C. (promedio de radiación 10,6% menor en relación con el de Villeta).			tiempo con el fin de obtener la potencia requerida.		
--	--	--	--	--	--

Teniendo en cuenta el plan de pruebas anterior se pueden evidenciar a continuación los resultados de las mediciones. La gráfica resumen se encuentra en el capítulo de resultados.

PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL	
DÍA 1	VOLTAJE	DÍA 2	VOLTAJE	DÍA 3	VOLTAJE	DÍA 4	VOLTAJE	DÍA 5	VOLTAJE
7:00 a.m	32.3V	7:00 a.m	36.7V	7:00 a.m	35.4V	7:00 a.m	35.2V	7:00 a.m	37.6V
8:00 a.m	33.9V	8:00 a.m	37.2V	8:00 a.m	35.9V	8:00 a.m	35.6V	8:00 a.m	36.8V
9:00 a.m	34.4V	9:00 a.m	37.6V	9:00 a.m	36.2V	9:00 a.m	36.1V	9:00 a.m	37.2V
10:00 a.m	35.1V	10:00 a.m	38.2V	10:00 a.m	36.5V	10:00 a.m	36.8V	10:00 a.m	37.6V
11:00 a.m	37.6V	11:00 a.m	38.5V	11:00 a.m	37.9V	11:00 a.m	37.8V	11:00 a.m	37.9V
12:00 m	38.5V	12:00 m	38.7V	12:00 m	38.4V	12:00 m	38.4V	12:00 m	38.5V
1:00 p.m	39.4V	1:00 p.m	39.5V	1:00 p.m	38.8V	1:00 p.m	38.9V	1:00 p.m	38.6V
2:00 p.m	39.7V	2:00 p.m	40.1V	2:00 p.m	39.4V	2:00 p.m	39.6V	2:00 p.m	39.7V
3:00 p.m	37.2V	3:00 p.m	37.7V	3:00 p.m	35.9V	3:00 p.m	36.2V	3:00 p.m	37.4V
4:00 p.m	36.1V	4:00 p.m	36.4V	4:00 p.m	35.3V	4:00 p.m	35.8V	4:00 p.m	36.6V
PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL	
DÍA 6	VOLTAJE	DÍA 7	VOLTAJE	DÍA 8	VOLTAJE	DÍA 9	VOLTAJE	DÍA 10	VOLTAJE
7:00 a.m	35.1V	7:00 a.m	33.2V	7:00 a.m	33.6V	7:00 a.m	34.8V	7:00 a.m	34.2V
8:00 a.m	35.4V	8:00 a.m	34.9V	8:00 a.m	34.7V	8:00 a.m	34.9V	8:00 a.m	35.6V
9:00 a.m	36.8V	9:00 a.m	35.5V	9:00 a.m	34.9V	9:00 a.m	35.6V	9:00 a.m	36.2V
10:00 a.m	36.5V	10:00 a.m	36.3V	10:00 a.m	35.5V	10:00 a.m	36.1V	10:00 a.m	36.5V
11:00 a.m	37.0V	11:00 a.m	37.9V	11:00 a.m	37.9V	11:00 a.m	37.7V	11:00 a.m	38.0V
12:00 m	38.2V	12:00 m	38.0V	12:00 m	38.6V	12:00 m	38.0V	12:00 m	39.1V
1:00 p.m	39.6V	1:00 p.m	38.4V	1:00 p.m	39.4V	1:00 p.m	39.1V	1:00 p.m	38.7V
2:00 p.m	39.1V	2:00 p.m	39.2V	2:00 p.m	40.3V	2:00 p.m	39.8V	2:00 p.m	38.1V
3:00 p.m	38.4V	3:00 p.m	38.4V	3:00 p.m	38.5V	3:00 p.m	37.8V	3:00 p.m	36.7V
4:00 p.m	37.2V	4:00 p.m	37.5V	4:00 p.m	38.2V	4:00 p.m	36.3V	4:00 p.m	35.8V
PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL	
DÍA 11	VOLTAJE	DÍA 12	VOLTAJE	DÍA 13	VOLTAJE	DÍA 14	VOLTAJE	DÍA 15	VOLTAJE
7:00 a.m	31.3V	7:00 a.m	34.0V	7:00 a.m	32.6V	7:00 a.m	30.5V	7:00 a.m	37.1V
8:00 a.m	33.7V	8:00 a.m	34.9V	8:00 a.m	34.2V	8:00 a.m	32.7V	8:00 a.m	38.5V
9:00 a.m	34.8V	9:00 a.m	35.6V	9:00 a.m	35.6V	9:00 a.m	33.4V	9:00 a.m	38.9V
10:00 a.m	37.4V	10:00 a.m	36.8V	10:00 a.m	37.3V	10:00 a.m	35.6V	10:00 a.m	39.4V
11:00 a.m	38.1V	11:00 a.m	38.3V	11:00 a.m	38.1V	11:00 a.m	37.7V	11:00 a.m	39.7V
12:00 m	38.4V	12:00 m	39.5V	12:00 m	38.7V	12:00 m	38.4V	12:00 m	40.4V
1:00 p.m	39.6V	1:00 p.m	40.9V	1:00 p.m	39.6V	1:00 p.m	39.6V	1:00 p.m	40.8V
2:00 p.m	40.8V	2:00 p.m	39.9V	2:00 p.m	40.2V	2:00 p.m	39.2V	2:00 p.m	40.9V
3:00 p.m	38.5V	3:00 p.m	37.6V	3:00 p.m	39.7V	3:00 p.m	37.7V	3:00 p.m	39.3V
4:00 p.m	37.1V	4:00 p.m	35.9V	4:00 p.m	37.1V	4:00 p.m	35.7V	4:00 p.m	38.7V
PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL	
DÍA 16	VOLTAJE	DÍA 17	VOLTAJE	DÍA 18	VOLTAJE	DÍA 19	VOLTAJE	DÍA 20	VOLTAJE
7:00 a.m	36.3V	7:00 a.m	31.1V	7:00 a.m	33.1V	7:00 a.m	34.6V	7:00 a.m	36.7V
8:00 a.m	36.9V	8:00 a.m	32.6V	8:00 a.m	35.4V	8:00 a.m	35.0V	8:00 a.m	37.4V
9:00 a.m	37.6V	9:00 a.m	33.4V	9:00 a.m	36.8V	9:00 a.m	35.6V	9:00 a.m	37.9V
10:00 a.m	37.9V	10:00 a.m	35.2V	10:00 a.m	37.8V	10:00 a.m	36.7V	10:00 a.m	38.6V
11:00 a.m	38.5V	11:00 a.m	36.9V	11:00 a.m	38.3V	11:00 a.m	38.9V	11:00 a.m	38.9V
12:00 m	38.9V	12:00 m	38.4V	12:00 m	38.6V	12:00 m	39.2V	12:00 m	39.4V
1:00 p.m	39.6V	1:00 p.m	38.9V	1:00 p.m	39.4V	1:00 p.m	39.9V	1:00 p.m	40.3V
2:00 p.m	40.2V	2:00 p.m	39.3V	2:00 p.m	40.2V	2:00 p.m	40.5V	2:00 p.m	40.8V
3:00 p.m	38.2V	3:00 p.m	38.6V	3:00 p.m	38.5V	3:00 p.m	39.4V	3:00 p.m	38.7V
4:00 p.m	36.9V	4:00 p.m	36.6V	4:00 p.m	37.1V	4:00 p.m	37.5V	4:00 p.m	37.2V
PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL	
DÍA 21	VOLTAJE	DÍA 22	VOLTAJE	DÍA 23	VOLTAJE	DÍA 24	VOLTAJE	DÍA 25	VOLTAJE
7:00 a.m	32.5V	7:00 a.m	30.6V	7:00 a.m	34.3V	7:00 a.m	34.2V	7:00 a.m	32.8V
8:00 a.m	34.8V	8:00 a.m	32.4V	8:00 a.m	36.3V	8:00 a.m	35.1V	8:00 a.m	35.1V
9:00 a.m	37.3V	9:00 a.m	35.6V	9:00 a.m	36.8V	9:00 a.m	35.8V	9:00 a.m	37.0V
10:00 a.m	38.7V	10:00 a.m	37.0V	10:00 a.m	37.2V	10:00 a.m	36.7V	10:00 a.m	39.2V
11:00 a.m	39.3V	11:00 a.m	38.4V	11:00 a.m	38.6V	11:00 a.m	39.1V	11:00 a.m	39.8V
12:00 m	39.7V	12:00 m	39.7V	12:00 m	39.8V	12:00 m	40.2V	12:00 m	40.5V
1:00 p.m	40.5V	1:00 p.m	38.9V	1:00 p.m	40.4V	1:00 p.m	38.8V	1:00 p.m	40.1V
2:00 p.m	40.2V	2:00 p.m	38.4V	2:00 p.m	39.7V	2:00 p.m	38.2V	2:00 p.m	39.5V
3:00 p.m	37.5V	3:00 p.m	37.4V	3:00 p.m	37.5V	3:00 p.m	36.7V	3:00 p.m	38.3V
4:00 p.m	35.8V	4:00 p.m	35.8V	4:00 p.m	36.4V	4:00 p.m	36.0V	4:00 p.m	36.9V
PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL		PRUEBAS PANEL	
DÍA 26	VOLTAJE	DÍA 27	VOLTAJE	DÍA 28	VOLTAJE	DÍA 29	VOLTAJE	DÍA 30	VOLTAJE
7:00 a.m	31.3V	7:00 a.m	33.6V	7:00 a.m	35.4V	7:00 a.m	31.8V	7:00 a.m	35.3V
8:00 a.m	34.5V	8:00 a.m	35.1V	8:00 a.m	36.7V	8:00 a.m	33.2V	8:00 a.m	36.1V
9:00 a.m	35.8V	9:00 a.m	36.4V	9:00 a.m	38.0V	9:00 a.m	34.7V	9:00 a.m	37.6V
10:00 a.m	38.2V	10:00 a.m	36.9V	10:00 a.m	38.4V	10:00 a.m	35.2V	10:00 a.m	38.3V
11:00 a.m	38.7V	11:00 a.m	37.7V	11:00 a.m	38.9V	11:00 a.m	37.9V	11:00 a.m	39.5V
12:00 m	39.0V	12:00 m	38.7V	12:00 m	39.4V	12:00 m	38.6V	12:00 m	40.5V
1:00 p.m	39.4V	1:00 p.m	39.2V	1:00 p.m	39.9V	1:00 p.m	38.9V	1:00 p.m	40.9V
2:00 p.m	39.1V	2:00 p.m	39.9V	2:00 p.m	38.6V	2:00 p.m	39.4V	2:00 p.m	39.5V
3:00 p.m	38.2V	3:00 p.m	38.5V	3:00 p.m	37.2V	3:00 p.m	38.4V	3:00 p.m	38.1V
4:00 p.m	36.8V	4:00 p.m	37.4V	4:00 p.m	37.0V	4:00 p.m	38.1V	4:00 p.m	37.6V

Figura 126. Resultados mediciones, panel solar.

Tabla 83. Resultados pruebas de componentes, regulador de carga.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Regulador de carga			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar la medición de las diferentes variables físicas que entrega el panel y compararla con las registradas y visualizadas por el regulador de carga. Adicionalmente, se debe realizar la medición de las diferentes variables físicas entregadas por la batería. Lo anterior, con el fin de validar el correcto funcionamiento del regulador de carga y la validez de los datos visualizados en él.	Voltaje	Multímetro (BBC M 2006)	1. Instalar el regulador de carga conectando las salidas positiva y negativa del panel solar a las respectivas entradas positiva y negativa del regulador. Así mismo se realiza la conexión de las salidas positiva y negativa de la batería a las respectivas borneras destinadas en el regulador de carga. 2. Preparar el multímetro para medir el voltaje. 3. Se procede a conectar el cable rojo del multímetro al polo positivo del panel solar y el cable negro del multímetro al polo negativo del panel solar. Posteriormente tomar el registro de voltaje. 4. Conectar el cable rojo del multímetro a la entrada positiva del regulador de carga, y el cable negro del multímetro a la entrada negativa del regulador de carga. Posteriormente tomar el registro de voltaje. 5. Se compara el voltaje registrado en el panel, en la entrada del regulador de carga y el visualizado en el regulador. Se debe obtener el mismo resultado.	Aprobado	La resolución del regulador de carga hace que se evidencien ciertos cambios en el voltaje medido, sin embargo, no alteran el resultado final.

			6. Se procede a conectar el cable rojo del multímetro al polo positivo de la batería, y el cable negro del multímetro al polo negativo de la batería. Posteriormente tomar el registro de voltaje. 7. Conectar el cable rojo del multímetro a la bornera positiva destinada para baterías del regulador de carga, y el cable negro del multímetro a la bornera negativa destinada para baterías del regulador de carga. Posteriormente tomar el registro de voltaje. 8. Se compara el voltaje registrado en la batería, en las borneras destinadas para baterías del regulador de carga y el visualizado en el regulador. Se debe obtener el mismo resultado. 9. Se realiza el mismo procedimiento dos veces, una al medio día y una en horas de la noche.		
--	--	--	--	--	--

En las siguientes imágenes se muestran los datos tomados con multímetro y visualizado en el regulador con el fin de evidenciar el funcionamiento del componente.



Figura 127. Dato registrado por multímetro, regulador de carga.



Figura 128. Dato registrado en pantalla, regulador de carga.

Tabla 84. Resultados pruebas de componentes, batería.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Batería			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Realizar la medición de las diferentes variables físicas que entrega la batería y compararlas con las registradas y visualizadas por el regulador de carga. Lo anterior, con el fin de verificar el correcto funcionamiento de la batería.	Voltaje	Multímetro (BBC M 2006)	- Preparar el multímetro para medir el voltaje del panel. - Se procede a conectar el cable rojo del multímetro al polo positivo de la batería, y el cable negro del multímetro al polo negativo de la batería. Posteriormente tomar el registro de voltaje. - Conectar una carga que trabaje a 12V DC y que no supere los 10A a la batería con el fin de verificar su correcto funcionamiento. Tomar el registro de voltaje tras 2 horas de estar funcionando. - Se debe evidenciar el funcionamiento de la carga conectada y una	Aprobado	A pesar de que la carga colocada no es muy grande, se evidencia el descargue de la batería.

			descarga de la batería proporcional a la carga conectada.		
--	--	--	---	--	--

En las siguientes imágenes se muestran los datos tomados con multímetro de la batería sin carga y con carga (después de dos horas) respectivamente.



Figura 129. Dato registrado sin carga.



Figura 130. Dato registrado con carga.

Tabla 85. Resultados pruebas de componentes, microcontrolador.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Microcontrolador			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios

Realizar prueba de funcionamiento del Arduino mediante su correcta programación .	Señal digital	- Arduino IDE. - Ordenador	1. Instalar software Arduino IDE. 2. Conectar el USB-Plug del Arduino al ordenador, un led testigo del Arduino UNO deberá encenderse. 3. Abrir en el ordenador el software ARDUINO IDE. 4. Con el fin de verificar la correcta recepción de datos ir a: Archivo>Ejemplos>Basic>Blynk. Debe existir el archivo 5. Verificar que haya comunicación ordenador-microcontrolador. Se procede a enviar y programar el controlador con el ejemplo Blynk. Debe compilar el ejemplo. 6. Al ejecutar el programa se debe evidenciar como un led del microcontrolador enciende y apaga por un periodo de tiempo.	Aprobado	No se presenta evidencia debido a que las pruebas solo se pueden evidenciar mediante video
---	---	---	---	----------	--

Tabla 86. Resultados pruebas de componentes, modulo.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Modulo			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar una prueba de funcionamiento del módulo que permita evidenciar su conectividad a redes móviles de telefonía	Señal de telefonía móvil a 850MHz	- Arduino IDE. - Ordenador - Arduino UNO	- Iniciar software Arduino IDE para programarlo. - Conectar el USB-Plug del Arduino al ordenador, un led testigo del Arduino UNO deberá encenderse. - Abrir en el ordenador el software ARDUINO IDE.	Aprobado	No se presenta evidencia debido a que las pruebas solo se pueden evidenciar mediante video

celular de 850MHz.			4. Usar código ejemplo para verificar el correcto envío de datos por medio de SMS hacia el Arduino usando como medio el módulo SIM. 5. Al ejecutar el programa se debe evidenciar como un led del microcontrolador enciende y apaga por un periodo de tiempo.		
--------------------	--	--	---	--	--

Tabla 87. Resultados pruebas de componentes, software.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Software			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar la instalación y pruebas del software principal de control.	Señal digital	Software Blynk.	- Instalar software Blynk en dispositivo móvil. - Realizar pruebas de programación mediante la creación de botones, graficas, creación de perfiles, entre otros. Todas las funciones programadas deben compilarse.	Aprobado	No se presenta evidencia debido a que las pruebas solo se pueden evidenciar mediante video

Tabla 88. Resultados pruebas de componentes, relé.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Relé			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios

Realizar prueba de funcionamiento del relé mediante en cambio de posición enviado desde el Arduino	Señal digital	- Multímetro (BBC M 2006). - Arduino IDE. - Ordenador - Arduino ONE	- Probar la correcta continuidad entre las entradas y salidas del relé con el fin de garantizar el estado inicial y final. - Conectar la entrada digital del relé a la salida digital del Arduino (puede usarse cualquier salida digital). - Enviar una señal digital (1) que cambie el estado del relé. - El relé debe cambiar de estado con el envío de señales digitales.	Aprobado	No se presenta evidencia debido a que las pruebas solo se pueden evidenciar mediante video
--	---	--	---	----------	--

Tabla 89. Resultados pruebas de componentes, cámaras.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Cámaras			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento de las cámaras de vigilancia, se debe verificar su funcionamiento diurno y nocturno	Señal digital	- DVR - Monitor	- Conectar las cámaras de vigilancia al DVR. - Conectar DVR a un monitor. - Verificar en el monitor la visualización de las imágenes transmitidas por las cámaras. - Se debe repetir el procedimiento en horas de la noche con el fin de probar el modo infrarrojo. Se debe visualizar la imagen en modo nocturno.	Aprobado	

En la siguiente imagen se muestra la toma realizada por la cámara de video 1.



Figura 131. Evidencia toma de video.

Tabla 90. Resultados pruebas de componentes, DVR.

Fecha: 10 de agosto de 2019		DVR			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento del DVR.	Señal digital	- DVR - Monitor	- Conectar DVR a un monitor. - Se debe visualizar en el monitor el sistema de control y configuración del DVR.	Aprobado	

En la siguiente imagen se muestra la toma realizada por la cámara de video 1 en un monitor.



Figura 132. Evidencia DVR.

Tabla 91. Resultados pruebas de componentes, motor.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Motor paso a paso			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento del motor, comprobando la resolución de los pasos y el torque.	- Señal digital - Torque	- Arduino - Panel solar con estructura	- Conectar el motor paso a paso a las salidas digitales (a elección) del Arduino. - Ajustar el eje central del motor al eje de la estructura. - Se envía una señal digital con el fin de realizar un movimiento lineal. El motor debe ser capaz de cambiar su elongación dependiendo del tiempo que se ejecute el programa.	Aprobado	No se presenta evidencia debido a que las pruebas solo se pueden evidenciar mediante video

Tabla 92. Resultados pruebas de componentes, luminarias.

Fecha: 10 de agosto de 2019		Luminarias			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Realizar prueba de funcionamiento para cada una de las luminarias.	Voltaje	- Multímetro (BBC M 2006) - Batería o fuente de alimentación.	- Abrir la luminaria y extraer el inversor de voltaje con el fin de que la luminaria pueda trabajar a 12V DC. - Una vez retirado el inversor se deben conectar las entradas positiva y negativa de la luminaria con una fuente de energía de 12V DC más el elevador de voltaje. La luminaria	Aprobado	No se presenta evidencia debido a que las pruebas solo se pueden evidenciar mediante video

			debe encenderse con una potencia de 50W. 3. Debe repetirse el procedimiento para cada una de las luminarias esperando el mismo resultado.		
--	--	--	---	--	--

12.2 Pruebas de subsistemas

Tabla 93. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema A.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema A			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios
Teniendo en cuenta que el subsistema A corresponde al propio componente "panel solar" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	• Voltaje • Corriente	• Multímetro (BBC M 2006)	1. Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente al panel solar.	Aprobado	Las pruebas son las mismas del componente panel solar.

Tabla 94. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema B.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema B			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado /No aprobado	Comentarios

Teniendo en cuenta que el subsistema B corresponde al propio componente "regulador de carga" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	Voltaje	Multímetro (BBC M 2006)	1. Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente al regulador de carga.	Aprobado	Las pruebas son las mismas del componente regulador de carga.
--	---	---	---	----------	---

Tabla 95. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema C.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema C			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Teniendo en cuenta que el subsistema C corresponde al propio componente "batería" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	Voltaje	Multímetro (BBC M 2006)	1. Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente a la batería.	Aprobado	Las pruebas son las mismas del componente batería.

Tabla 96. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema D.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema D			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios

Realizar la integración de microcontrolador, modulo GSM, software de control y los relés con el fin de corroborar su funcionamiento integrado.	- Voltaje de telefonía móvil a 850MHz - Señal digital	- Multímetro (BBC M 2006). - Arduino IDE. - Ordenador - Arduino ONE - Software Blynk	- Se debe conectar el módulo GSM a las entradas digitales del Arduino UNO. - Posteriormente se debe sincronizar el módulo mediante programación al aplicativo Blynk descargado en el dispositivo móvil. - Una vez sincronizado, se deben conectar las salidas digitales del Arduino UNO a los diferentes relés. - Al tener todos los componentes conectados se deben enviar señales desde el dispositivo móvil, dichas señales deben ser registradas por el Arduino UNO y cambiar de estado los relés seleccionados.	Aprobado	Las pruebas del subsistema no se pueden evidenciar mediante material fotográfico o tablas de datos, se realizan tomas videográficas que se pueden adjuntar según sea solicitado.
--	--	--	---	----------	--

Tabla 97. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema E.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema E			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Realizar la integración de las cámaras y el DVR con el fin de corroborar su funcionamiento integrado. Adicionalmente, se debe usar el	Señal digital	- Monitor. - Dispositivo o móvil - Software XMeye	- Se deben conectar las cámaras al DVR y este a su vez debe estar enlazado al software XMeye. - Se deben visualizar las imágenes de la cámara en el dispositivo móvil en tiempo real.	Aprobado	Las pruebas son las mismas del componente cámaras.

software correspondiente para la visualización de las cámaras.					
--	--	--	--	--	--

Tabla 98. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema F.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema F			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Teniendo en cuenta que el subsistema F corresponde al propio componente "motor" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	- Señal digital - Torque	- Arduino UNO - Panel solar con estructura	1. Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente al motor.	Aprobado	Las pruebas son las mismas del componente motor.

Tabla 99. Resultados pruebas de subsistemas, subsistema G.

Fecha: 17 de agosto de 2019		Subsistema G			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios

Teniendo en cuenta que el subsistema G corresponde al propio componente "luminarias" Se debe realizar el mismo proceso mencionado en la prueba de componentes.	Voltaje	- Multímetro (BBC M 2006) - Batería o fuente de alimentación.	1. Se debe verificar el correcto funcionamiento del componente correspondiente a las luminarias.	Aprobado	Las pruebas son las mismas del componente luminarias.
--	---	--	--	----------	---

12.3 Pruebas de integración

Tabla 100. Resultados pruebas del sistema.

Fecha: 24 de agosto de 2019		Sistema			
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo					
Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Se debe verificar el correcto funcionamiento de la integración de todos los subsistemas, teniendo en cuenta sus diferentes requerimientos y objetivos planteados.	• Voltaje • Señal digital • Torque • Señal de telefonía móvil a 850MHz • Corriente	• Multímetro (BBC M 2006)	1. Se deben conectar el panel solar al regulador de carga. 2. Posteriormente conectar el regulador de carga a la batería. 3. Al regulador de carga se debe conectar una salida de alimentación para todo el subsistema de control. A su vez, se debe conectar dicha alimentación proveniente del regulador a cada uno de los relés, los cuales estarán conectados al DVR, cámaras, luminarias y motor. 4. Al finalizar todas las conexiones de	Aprobado	Las pruebas del sistema serán presentadas mediante material videográfico en el momento de ser requerido.

			alimentación se debe iniciar el aplicativo de control (Blynk) mediante el cual se manipularán los relés con el fin de activar y desactivar los subsistemas E, F y G. 5. Al activar los diferentes botones digitales de la aplicación se deben encender las cámaras y DVR. Una vez encendido el DVR se deben visualizar las imágenes transmitidas por las cámaras mediante la aplicación destinada para tal fin. 6. El mismo procedimiento debe realizarse en horas de la noche y debe mantener dejar todo el sistema encendido durante 4 horas continuas. Sin que la batería se descargue en su totalidad. 7. Al día siguiente de la prueba anterior, se debe cargar por completo la batería en el transcurso del día. 8. Todo el procedimiento se debe repetir durante 3 veces a la semana, por un mes.		
--	--	--	---	--	--

Teniendo en cuenta el plan de pruebas anterior se pueden evidenciar a continuación los resultados de las pruebas de carga y descarga.

Tabla 101. Datos registrados del sistema.

PRUEBAS DE SISTEMA		
DÍA	VOLTAJE INICIAL	VOLTAJE FINAL
DÍA 1	12,8 V	12,3 V
DÍA 2	12,5 V	12,1 V
DÍA 3	12,8 V	12,2 V
DÍA 4	12,6 V	12,1 V
DÍA 5	12,9 V	12,4 V
DÍA 6	13 V	12,4 V
DÍA 7	12,5 V	12,1 V
DÍA 8	12,7 V	12,3 V
DÍA 9	12,8 V	12,3 V
DÍA 10	12,7 V	12,2 V
DÍA 11	13 V	12,4 V
DÍA 12	12,9 V	12,4 V

13 AJUSTES

Para este capítulo, es necesario recordar que el proyecto está totalmente financiado por el propietario de la finca Los Mangos, por esta razón los diseños iniciales se ajustaron de acuerdo con las necesidades y los recursos con lo que el propietario cuenta sin que esto afectase los requerimientos iniciales del sistema. A continuación, se describen los ajustes realizados al diseño inicial.

13.1 Subsistema A.

Para el subsistema A, el cliente nos proporciona el panel requerido con un pequeño ajuste de características las cuales se describen a continuación.



Figura 133. Panel solar suministrado por cliente.

Tabla 102. Ficha técnica panel suministrado por el cliente.

FICHA TÉCNICA PANEL SOLAR 320W	
Tipo módulo	Policristalino
Potencia máxima (W)	320
Tolerancia (%)	Plus
Voltaje circuito abierto (v)	44.88
Corto circuito corriente (A)	8.54
Tensión máxima de corriente (A)	37.66
Potencia máxima de corriente (A)	8.05
Eficiencia módulo (%)	15.38
Serie fusible (A)	15
Caja de terminales	Ip65
Máxima tensión del sistema (V)	DC 600/ DC 1000
Temperatura de funcionamiento (Cº)	- 40 a 85
Peso	24kg
DIMENSIONES: (Altura x Ancho x Profundidad)	196.1 x 99.5 x 5 cm

13.2 Subsistema D.

Para el subsistema D, se realiza la implementación de un indicador de batería en la aplicación móvil. Dicho indicador está basado en la potencia y por ende en el voltaje entregado por la batería. Adicionalmente se realiza la adición de una gráfica indicadora de potencia del sistema. A continuación, se presenta la imagen de la interfaz gráfica final del sistema.



Figura 134. Interfaz gráfica final del sistema para dispositivo móvil.

13.3 Subsistema E.

Para el subsistema E, el cliente nos proporciona el un DVR que ya había sido adquirido con anterioridad por él. Las características son idénticas a las del requerido inicialmente.



Figura 135. DVR suministrado por cliente.

Adicionalmente, el cliente nos suministra solo dos cámaras de video, con la aclaración de que las otras dos serán entregadas posteriormente. Lo anterior es debido a que el cliente las tiene en uso en otro sector de la finca y permite que el sistema funcione por ahora con solo dos cámaras. Cabe aclarar que las cámaras suministradas deben de igual manera ser totalmente funcionales y cumplir con los requerimientos establecidos.

13.4 Subsistema F.

Para el subsistema F, el cliente nos proporciona el un motor lineal que ya había sido adquirido con anterioridad por él. Las características de alimentación son iguales a las del motor original, pero con la posibilidad de tener una instalación más sencilla en la estructura del panel.



Figura 136. Motor suministrado por el cliente 1.



Figura 137. Motor suministrado por el cliente 2.

13.5 Subsistema G.

Para el subsistema G, se presentó un inconveniente con los voltajes de operación de las luminarias, sin embargo, fueron solucionadas mediante la implementación de un sistema de elevación de voltaje. Como valor agregado, la implementación de dicho elevador permite el cliente poder graduar la intensidad final de las luminarias en el momento de implementación.

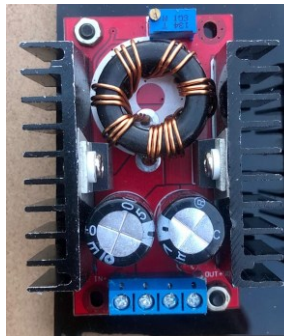


Figura 138. Etapa de elevación de voltaje implementada.

13.6 Ajustes diseño industrial.

El diseño de la estructura que soporta el panel también sufrió un ajuste considerable teniendo en cuenta los costos que traía consigo el diseño original y la versatilidad que se presentan en este tipo de bases. A continuación, se presentan los planos finales que fueron implementados para la base del panel solar.

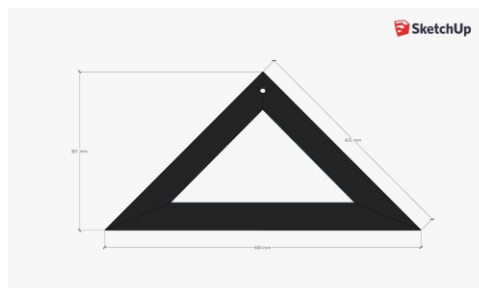


Figura 139. Ajustes de diseño industrial 1.

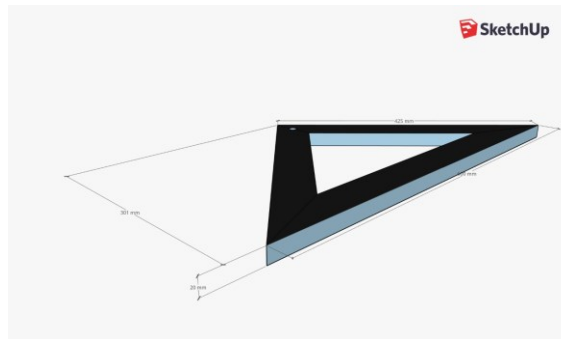


Figura 140. Ajustes de diseño industrial 2.

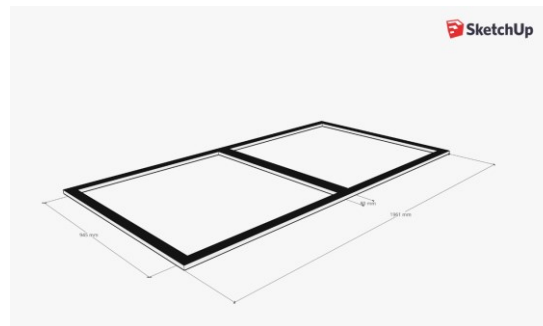


Figura 141. Ajustes de diseño industrial 3.

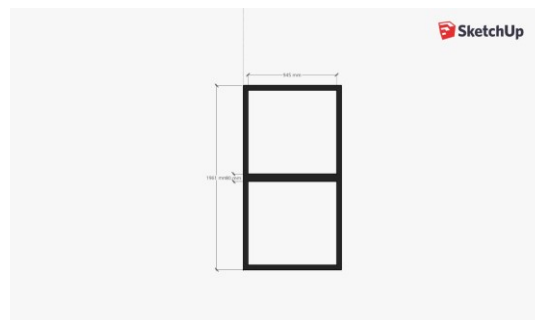


Figura 142. Ajustes de diseño industrial 4.

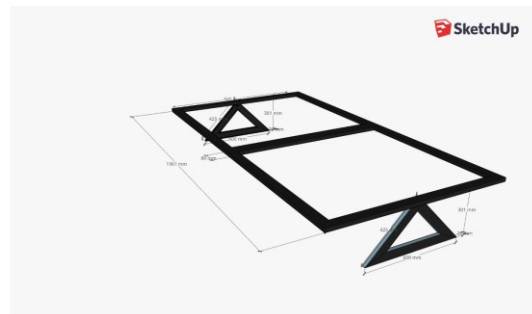


Figura 143. Ajustes de diseño industrial 5.

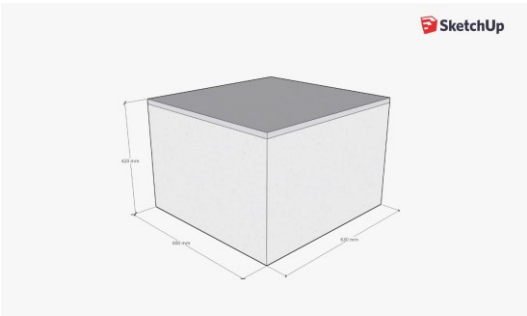


Figura 144. Ajustes de diseño industrial 6.

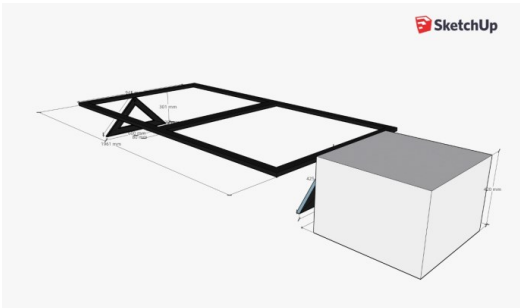


Figura 145. Ajustes de diseño industrial 7.

14 PRUEBAS DEL SISTEMA

La prueba principal del sistema se realizó entre la tarde y la noche de un día, Con el fin de evidenciar los diferentes momentos y usos que se le pueden dar a los componentes implementados.

Para realizar estas pruebas, se presenta un video en el cual se permite evidenciar el correcto funcionamiento de todo el sistema. Se presenta de dicha manera ya que al ser un sistema con tecnologías IoT y con diferentes horarios de funcionamiento según el componente o subsistema que se requiera activar es poco relevante presentar material fotográfico que no aportaría a la visualización del funcionamiento completo.

De igual manera se presentan las pruebas realizadas en plan de pruebas de integración ya que comprenden el funcionamiento completo de sistema.

Tabla 103. Pruebas del sistema.

Fecha: 24 de agosto de 2019	Sistema
Responsable: Bryan Caro, Andrés Castillo	

Objetivo	Variable	Instrumento de medición	Método	Aprobado/ No aprobado	Comentarios
Se debe verificar el correcto funcionamiento de la integración de todos los subsistemas, teniendo en cuenta sus diferentes requerimientos y objetivos planteados.	- Voltaje - Señal digital - Torque - Señal de telefonía móvil a 850MHz - Corriente	Multímetro (BBC M 2006)	9. Se deben conectar el panel solar al regulador de carga. 10. Posteriormente conectar el regulador de carga a la batería. 11. Al regulador de carga se debe conectar una salida de alimentación para todo el subsistema de control. A su vez, se debe conectar dicha alimentación proveniente del regulador a cada uno de los relés, los cuales estarán conectados al DVR, cámaras, luminarias y motor. 12. Al finalizar todas las conexiones de alimentación se debe iniciar el aplicativo de control (Blynk) mediante el cual se manipularán los relés con el fin de activar y desactivar los subsistemas E, F y G. 13. Al activar los diferentes botones digitales de la aplicación se deben encender las cámaras y DVR. Una vez encendido el DVR se deben visualizar las imágenes transmitidas por las cámaras mediante la aplicación destinada para tal fin. 14. El mismo procedimiento debe realizarse en horas de la noche y debe mantenerse todo	Aprobado	Las pruebas del sistema serán presentadas mediante material videográfico en el momento de ser requerido.

			el sistema encendido durante 4 horas continuas. Sin que la batería se descargue en su totalidad. 15. Al día siguiente de la prueba anterior, se debe cargar por completo la batería en el transcurso del día. 16. Todo el procedimiento se debe repetir durante 3 veces a la semana, por un mes.		
--	--	--	---	--	--

15 MANUALES

15.1 Manual de Usuario

Ver Anexo 20.1

15.2 Manual de Mantenimiento

Ver Anexo 20.2

16 RESULTADOS

16.1 Resultados de simulaciones

A continuación, se presentan los resultados de las simulaciones hechas para la verificación de la etapa de diseño detallado y que corresponde al cálculo de un sistema alimentado con paneles solares y al cual se le ingresan las cargas o potencias requeridas por proyecto. Las simulaciones fueron realizadas con la ayuda del sitio web Calculation Solar.

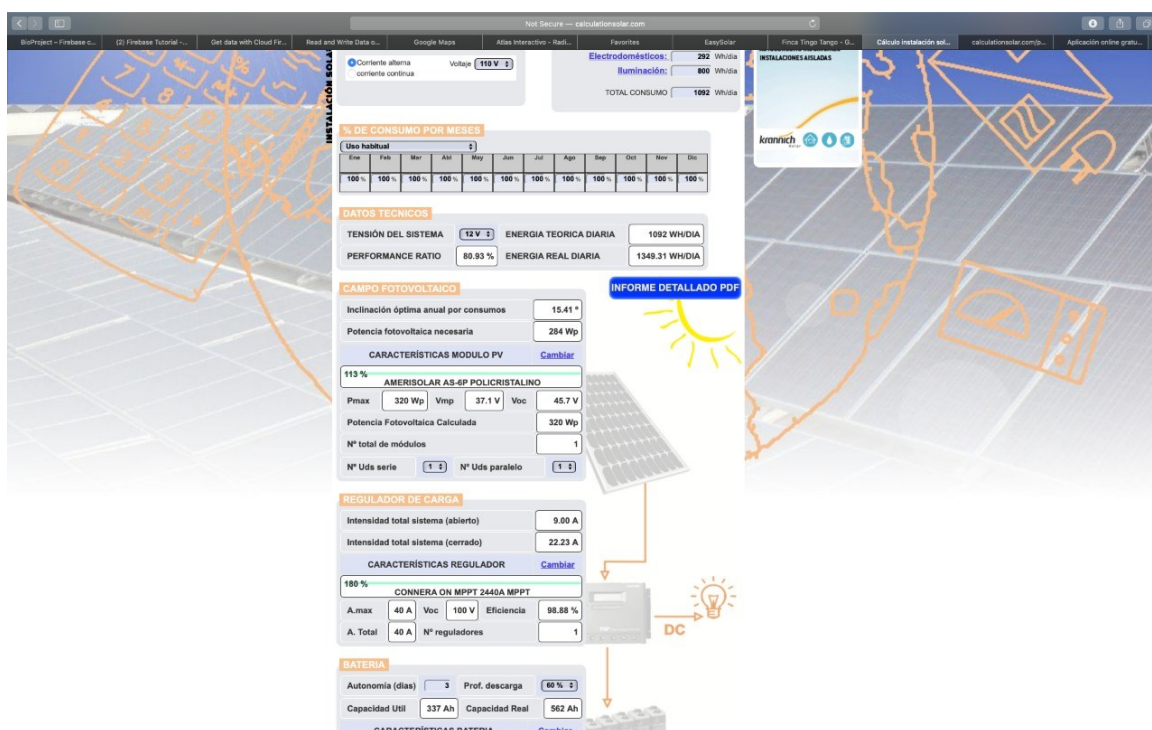


Figura 146. Resultados obtenidos para sistema de energía fotovoltaica 1.



Figura 147. Resultados obtenidos para sistema de energía fotovoltaica 2.

DATOS DE LA INSTALACION

¿Donde va ha estar situada?

[Seleccionar en el mapa](#)

Latitud: 4.884634

longitud: -74.464737

Inclinación7

Desorientación Sur0

TIPO DE ENERGIA

☒ Corriente alterna

☐ corriente continua

Voltaje110 V

CONSUMOS ENERGIA POR DÍA

Electrodomésticos:292 Wh/día

Iluminación:800 Wh/día

TOTAL CONSUMO1092 Wh/día

% DE CONSUMO POR MESES

Uso habitual

Ene	Feb	Mar	Abl	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

DATOS TECNICOS

TENSIÓN DEL SISTEMA12 V

ENERGIA TEORICA DIARIA1092 WH/DIA

PERFORMANCE RATIO80.93 %

ENERGIA REAL DIARIA1349.31 WH/DIA

Figura 148. Resultados obtenidos para sistema de energía fotovoltaica 3.

16.2 Resultados de voltaje percibido por el panel

En la siguiente grafica se puede evidenciar el voltaje percibido por el panel durante un mes de pruebas del subsistema.

VOLTAJE PERCIBIDO POR EL PANEL

Día	Voltaje
1	36.5
2	38.2
3	37.0
4	37.0
5	37.8
6	37.5
7	37.0
8	37.2
9	37.0
10	37.0
11	37.0
12	37.2
13	37.2
14	36.2
15	39.5
16	38.2
17	36.2
18	37.5
19	37.8
20	38.8
21	37.8
22	36.5
23	37.8
24	37.0
25	38.0
26	37.0
27	37.8
28	38.0
29	36.8
30	38.5

Ilustración 149. Gráfica de voltaje percibido por el panel durante un mes.

186

16.3 Resultados de potencias percibidas por el sistema

A continuación, se presentan gráficamente las diferentes potencias percibidas por el sistema durante un periodo de tiempo de 12 días, tiempo en el cual se realizaron diferentes pruebas de autonomía. La primera grafica muestra las diferencias de potencia con las baterías totalmente cargadas vs la potencia después de 4 horas de autonomía, a su vez, la segunda grafica evidencia el promedio de potencia percibido por el sistema durante las 4 horas de autonomía.

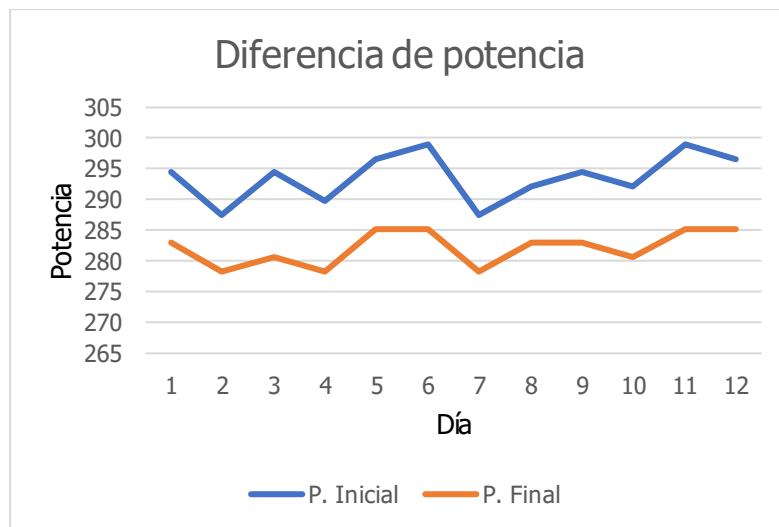


Ilustración 150. Diferencia de potencia del sistema con carga y descarga de baterías.

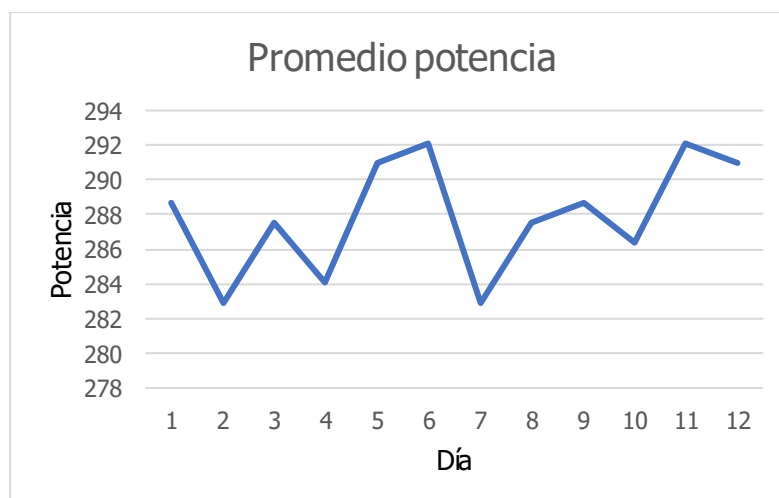


Ilustración 151. Promedio de potencia del sistema en 4 horas de funcionamiento.

16.4 Resultados de voltajes percibidos por el sistema

A continuación, se presentan los resultados de los voltajes entregados por la batería con la carga completa y posteriormente con la carga después de 4 horas de autonomía, lo anterior, con el fin de graficar el voltaje de descarga presentado y verificar el correcto funcionamiento de las baterías y la autonomía capaz de entregar al sistema. Adicionalmente permite calcular el porcentaje de batería restante de todo el sistema.

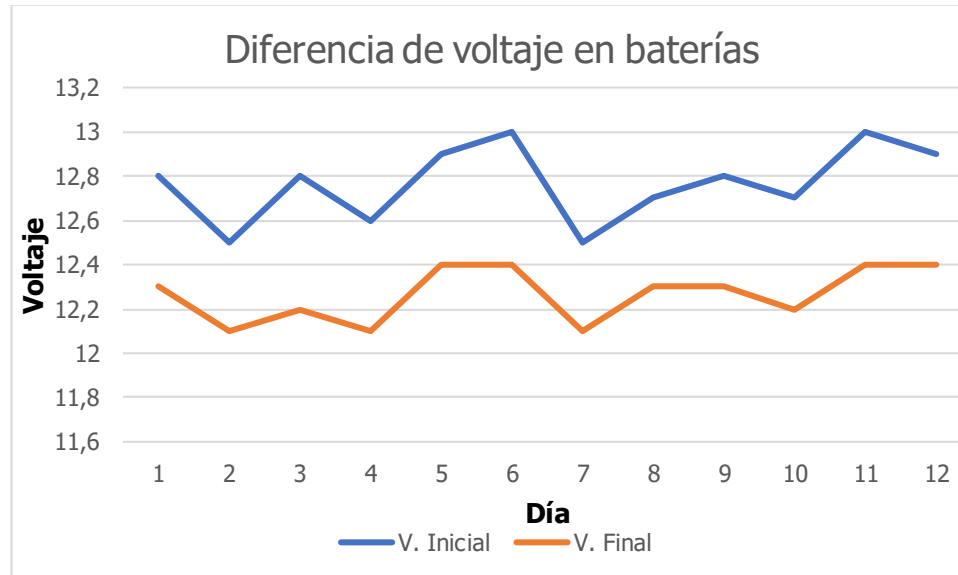


Ilustración 152. Diferencia de voltaje entre batería cargada y descargada en 4 horas de funcionamiento.

17 DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del trabajo de grado, se presentaron diferentes inconvenientes que fueron relevantes para la implementación final.

La primera dificultad estuvo en la adquisición de los materiales específicos para el desarrollo del sistema debido a la gran rotación de tecnologías y proveedores con los que se cuenta. Sin embargo debido a los ajustes realizados por el cliente y el suministro de componentes propios con los que ya se contaban fue posible realizar un rediseño del sistema que no afectó en ninguno de los objetivos de éste y el cual cumple totalmente con los resultados esperados por el cliente.

En segundo lugar, se presentaron problemas técnicos debido a la necesidad de contar con acceso a redes inalámbricas que permitieran transmitir y recibir datos en la nube. En primera instancia el sitio contaba con cobertura por parte de un operador prestador de servicios de telefonía móvil, sin embargo, fue necesario realizar todo el proceso de pruebas en la ciudad de Bogotá D.C. debido a problemas de cobertura presentados en último momento. Gracias al

correcto análisis inicial y el proceso de investigación se pudo deducir que las pruebas realizadas en la ciudad no afectarían el posterior funcionamiento del sistema en el sitio final debido al bajo porcentaje diferencial de radicación. Dicho lo anterior, las pruebas y la implementación provisional del sistema en la ciudad de Bogotá D.C. arrojaron resultados superlativos.

Por último, fue necesario la implementación de etapas adicionales de potencia y elevadores de voltaje. Lo anterior se debe a la poca información que poseen los proveedores del funcionamiento interno de muchos de sus componentes. Específicamente, las luminarias presentan diferentes combinaciones de voltajes y sus respectivos derivadores, las cuales solo pueden ser evidenciadas al momento de manipularlas internamente. Como resultado de lo mencionado se tuvo que adquirir diferentes componentes transformadores de voltaje que permitieran conseguir los valores esperados inicialmente.

Es importante destacar que los diseños de paneles seguidores del movimiento del sol si resultan ser un elemento importante de eficiencia de recolección de energía. Por esta razón, se abre la posibilidad para poder seguir avanzando en el desarrollo de sistemas de seguimiento más eficientes y que permitan aprovechar al máximo todos los instantes de radiación que se presenta en un día.

La gran cantidad de aplicaciones y elementos que requieren de un suministro de energía y los resultados obtenidos durante las pruebas, permiten deducir que este tipo de sistemas y proyectos pueden seguir avanzando sin importar que sean realizados en el interior del país, es decir, se abre la puerta para próximas investigaciones y casos de uso de las energías renovables.

18 CONCLUSIONES

Se diseñó e implemento un sistema de vigilancia e iluminación alimentado totalmente con energía solar fotovoltaica de manera satisfactoria, obteniendo como resultado un sistema con autonomía de cuatro (4) horas y evidenciando como valor agregado una autonomía adicional de una (1) hora. De esta manera se concluye que el diseño teórico fue acertado y puede ser reproducido nuevamente bajo los mismos lineamientos, pero con diferentes componentes finales.

Se diseño e implemento una correcta integración de regulador de carga y baterías, permitiendo de esta manera una adecuada carga y descarga del sistema.

Se logró diseñar un sistema de control automático mediante la implementación de IoT totalmente funcional, que permite al usuario realizar un monitoreo continuo de todo el prototipo, así como activar y desactivar los diferentes componentes del sistema. Se logra concluir que la implementación de tecnologías IoT es la mas apropiada para este tipo de prototipos debido a su alto grado de funcionalidad para regiones alejadas del país.

Se diseño e implemento correctamente el circuito cerrado de vigilancia. Se pudo evidenciar la perfecta integración con los demás subsistemas, logrando incluso rangos de visión más amplios de los esperados en la etapa de diseño.

Se diseño e implemento correctamente el subsistema de iluminación, el cual obtuvo como valor agregado una regulación de la intensidad de lúmenes mediante la implementación de un subsistema de elevación de voltaje. Esto nos permite concluir que el subsistema de iluminación es el mas susceptible a cambios, sin embargo, es el de más fácil adaptabilidad e integración con otros subsistemas.

Con el desarrollo del sistema se logró alcanzar el objetivo principal y cada uno de los objetivos secundarios al diseñar un sistema óptimo que permitirá no solo adaptarse a las tecnologías actuales, sino que también permitiera ajustarse a cualquier cambio requerido por el cliente.

Se puede concluir que los sistemas de energía solar son ideales para regiones en las que las condiciones geográficas y climáticas permiten un alto nivel de radiación. Incluso ciudades en las cuales los niveles disminuyen considerablemente, este tipo de sistemas pueden contribuir a un ahorro sustancial en energía y por ende un beneficio económico relevante.

19 REFERENCIAS DOCUMENTALES

- [1] V. Antolinez, «RCN Radio,» 29 diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.rcnradio.com/politica/duque-sanciona-ley-que-aumenta-penas-por-robo-de-ganado>.
- [2] C. ganadero, «CONtexto ganadero,» 12 junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.contextoganadero.com/regiones/abigeato-de-ganado-simmental-supera-los-100-millones-en-2018>. [Último acceso: 2018].
- [3] C. ganadero, «CONtexto ganadero,» 08 enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.contextoganadero.com/regiones/disminuye-abigeato-en-lo-corrido-del-gobierno-duque>.
- [4] Twenergy, «Twenergy,» [En línea]. Available: <https://twenergy.com/energia/energia-electrica>. [Último acceso: febrero 2019].
- [5] IDEAM, «IDEAM,» [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>. [Último acceso: febrero 2018].
- [6] blascoyago@gmail.com, «CALCULATIONSOLAR BLOG,» 11 abril 2013. [En línea]. Available: <http://calculationsolar.com/blog/?cat=2>. [Último acceso: febrero 2019].

- [7] La guía solar, «La guía solar,» 12 mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.laguiasolar.com/radiacion-solar-en-colombia/>. [Último acceso: febrero 2018].
- [8] IDEAM, «Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia,» [En línea]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionSolar13.pdf>. [Último acceso: febrero 2018].
- [9] IDEAM, «IDEAM,» [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21129/.../2a207e33-fe43-4aa3-930d-70ba60b10d57>. [Último acceso: febrero 2018].
- [10] Energie, «Energie, repowering the future,» [En línea]. Available: <https://www.energie.ws/datos-radiacion-solar-colombia-atla>. [Último acceso: marzo 2019].
- [11] Alcaldía Municipal de Guayabal de Siquima en Cundinamarca, «Nuestro Municipio,» [En línea]. Available: <http://www.guayabaldesiquima-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>. [Último acceso: abril 2019].
- [12] Google, «Guayabal de Siquima, Cundinamarca,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Guayabal+de+S%C3%ADquima,+Cundinamarca/@4.8788679,-74.4737966,2222m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e409d89b652e721:0xf9bfba57a189f104!8m2!3d4.878323!4d-74.467283>. [Último acceso: abril 2019].
- [13] energia solar, «Energia solar,» [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/definiciones/panel-solar.html>. [Último acceso: abril 2019].
- [14] D. A. M. Rubio, «ía solar fotovoltaica integrada en la edificación: modelizado y análisis del efecto del sombreado en la captación de irradiación,» La Rioja, 2016.
- [15] Fuentes de energías renovables, «Fuentes de energías renovables,» [En línea]. Available: <https://www.fuentesdeenergiarenovables.com/energia-solar/celdas-solares/>. [Último acceso: abril 2019].
- [16] M. A. M. Escobar, «Repositorio Universidad de Chile,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/141781/Diseno-de-sistema-de-generacion-fotovoltaica-para-viviendas-conectadas-a-la-red-de-distribucion-en-el-contexto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: abril 2019].
- [17] J. A. A. Lorenzo, «SunFields,» [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/calcular-paneles-solares-necesarios/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [18] Saclima Sola Fotovoltaico, «Saclima Sola Fotovoltaico,» [En línea]. Available: <http://www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/tipos-de-baterias-monoblock-agm-gel-estacionarias-de-electrolito-gelificado-o-de-litio/>. [Último acceso: abril 2019].

- [19] Todoproductividad, «Todoproductividad,» [En línea]. Available: <http://todoproductividad.blogspot.com/2011/02/como-calcular-la-capacidad-de-las.html>. [Último acceso: abril 2019].
- [20] AutoSolar, «AutoSolar,» [En línea]. Available: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>. [Último acceso: mayo 2019].
- [21] J. Insa, «MonSolar,» [En línea]. Available: <https://www.monsolar.com/blog/calculo-de-regulador-solar-pwm-necesario/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [22] M. Rouse, «TechTarget,» [En línea]. Available: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-de-las-cosas-IoT>. [Último acceso: mayo 2019].
- [23] serrotho, «TechData,» [En línea]. Available: <http://blog.techdata.com/ts/latam/internet-de-las-cosas-desde-abajo-dispositivos-y-controladores-f%C3%ADsicos>. [Último acceso: mayo 2019].
- [24] ClasesIluminacion, «ClasesIluminacion,» [En línea]. Available: <https://clasesiluminacion.files.wordpress.com/2014/11/clases-iluminacion-luminarias-conceptos-y-clasificacion.pdf>. [Último acceso: mayo 2019].
- [25] Autopromotores, «Autopromotores,» [En línea]. Available: <https://www.autopromotores.com/construccion/lamparas/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [26] J. A. Díez, «Twenergy,» [En línea]. Available: <https://twenergy.com/a/cuales-son-los-beneficios-de-la-tecnologia-led-115>. [Último acceso: mayo 2019].
- [27] Alromar energías de futuro, «Alromar energías de futuro,» [En línea]. Available: <http://www.alromar-energia.es/blog/ventajas-y-desventajas-de-la-tecnologia-led/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [28] C. Veloso, «ETools,» [En línea]. Available: <https://www.electrontools.com/Home/WP/2016/08/26/bombillas-led-vs-bombillas-incandescentes/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [29] EcuRed, «EcuRed,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/L%C3%A1mpara_fluorescente. [Último acceso: mayo 2019].
- [30] Luces-solares, «Luces-solares,» [En línea]. Available: <https://luces-solares.es/lumenes-iluminacion-exterior/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [31] Universidad Politécnica de Catalunya, «Recursos Citcea,» [En línea]. Available: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>. [Último acceso: mayo 2019].

- [32] Ruva Seguridad, «Ruva Seguridad,» [En línea]. Available: <https://www.ruvaseguridad.com/blog/en-que-consiste-un-sistema-de-cctv-o-circuito-cerrado-de-tel/index.html>. [Último acceso: mayo 2019].
- [33] SEAT Seguridad y equipos de alta tecnología, «SEAT Seguridad y equipos de alta tecnología,» [En línea]. Available: <https://seguridadseat.com/cctv.html>. [Último acceso: mayo 2019].
- [34] EcuRed, «EcuRed,» [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/Motor>. [Último acceso: mayo 2019].
- [35] Ingeniería Mecafenix, «Ingeniería Mecafenix,» [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [36] DTX Digital Transmission Xperience, «DTX Digital Transmission Xperience,» [En línea]. Available: <https://www.dtxsecurity.com/html/camaras-tipo-bullet.html>. [Último acceso: mayo 2019].
- [37] DTX Digital Transmission Xperience, «DTX Digital Transmission Xperience,» [En línea]. Available: <https://www.dtxsecurity.com/productos/rdh-41108ae.html>.
- [38] MIT MovilTronics LTDA., «Modulo GSM/GPRS SIM800,» [En línea]. Available: <https://moviltronics.com.co/comunicacion-inalambrica-/545-modulo-gsmgprs-sim800.html>. [Último acceso: mayo 2019].
- [39] Dualtronica, «Modulo SIM800L GSM GPRS,» [En línea]. Available: <https://dualtronica.com/modulos/186-modulo-sim800l-gsm-gprs.html>. [Último acceso: mayo 2019].
- [40] Hetpro-Store, «SIM900 GSM GPRS Shield,» [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sim900-gsm-shieldarduino/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [41] Bigtronica, «Motor Paso a Paso Híbrido Nema 23 9Kg-cm,» [En línea]. Available: <https://www.bigtronica.com/centro/motores/paso-a-paso/453-motor-paso-a-paso-hibrido-nema-23-9kg-cm-5053212004538.html>. [Último acceso: mayo 2019].
- [42] Dynamo electronics, «Motor paso a paso 9Kg 3V 2A,» [En línea]. Available: <https://www.dynamoelectronics.com/motores-de-paso/523-motor-paso-a-paso-9kg-3v-2a.html>. [Último acceso: mayo 2018].
- [43] F. Ucha, «Definición ABC,» 18 04 2010. [En línea]. Available: <https://www.definicionabc.com/general/vigilancia.php>. [Último acceso: 2019].
- [44] DA Descubriendo Arduino, «ThingSpeak, plataforma gratuita para internet de las cosas,» [En línea]. Available: <https://descubrearduino.com/thingspeak/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [45] Vistronica, «Módulo relé de 4 canales 5V,» [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/potencia/modulo-rele-de-4-canales-5v->

- detail.html?gclid=Cj0KCQjww47nBRDIARIsAEJ34bmIIbpZSQFuwwffkmhlpSdrKK-eLAWMiv7q2eYyY3U-9E55mlHbA34AaApLiEALw_wcB. [Último acceso: mayo 2019].
- [46] Bits CIA Ltda., «Angulo de visión de las cámaras de seguridad,» [En línea]. Available: <http://bits.com.ec/bits/angulo-de-vision-de-las-camaras-de-seguridad/>. [Último acceso: mayo 2019].
- [47] Apps, Google Play, «Xmeye,» [En línea]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mobile.myeye&hl=es_CO. [Último acceso: mayo 2019].
- [48] Llumor Pasión por la eficiencia energética. , «Equivalencia de lúmen a vatios,» [En línea]. Available: <http://www.llumor.es/info-led/equivalencia-de-lumen-a-vatios>. [Último acceso: mayo 2019].
- [49] Gelfor, «MNivel de iluminación recomendado por areas,» [En línea]. Available: <https://gelfor.es/niveles-de-iluminacion-areas-actividad>. [Último acceso: mayo 2019].
- [50] Weather Spark, «Weather Spark,» [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/23363/Clima-promedio-en-Guayabal-de-S%C3%ADquima-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>. [Último acceso: octubre 2019].
- [51] Herrajes Andina S.A.S., «Herrajes Andina S.A.S.,» [En línea]. Available: <http://www.herrajesandina.com/poste-metalico-chapa-mch>. [Último acceso: octubre 2019].
- [52] B&S Bases y Soportes LTDA, «Soporte Tipo Poste Con Adaptador Para Camaras De Seguridad,» [En línea]. Available: <http://basesysoposportes.com/soporte-de-poste-para-camaras-de-seguridad.html>. [Último acceso: octubre 2019].
- [53] Grupo Electrosón Galicia, «CONECTOR AMPHENOL AEREO 2 PINES,» [En línea]. Available: <http://www.electrosón.com/producto/conector-amphenol-aereo-2-pines/DS3106A228S>. [Último acceso: octubre 2019].
- [54] Grupo Electrosón Galicia, «CONECTOR MILITAR AEREO 6 PINES,» [En línea]. Available: <http://www.electrosón.com/producto/conector-militar-aereo-6-pines/DS3106A1812P>. [Último acceso: octubre 2019].
- [55] Steren, «CABLE COAXIAL RG58A, 50Ω Y 50% MALLA DE ALUMINIO SIN ESTAÑAR,» [En línea]. Available: <https://www.steren.com.co/cable-coaxial-rg58a-50o-y-50-malla-de-aluminio-sin-esta-ar.html>. [Último acceso: octubre 2019].
- [56] RS, «Conector tipo N, Macho, Recta, Montaje de Cable, 50Ω,» [En línea]. Available: <https://es.rs-online.com/web/p/conectores-n/2956725/>. [Último acceso: octubre 2019].

- [57] Home Center, «Alambre #14 20m Blanco,» [En línea]. Available: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/274216/Alambre-14-20m-Blanco/274216>. [Último acceso: octubre 2019].
- [58] Uginox, «CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ACERO INOXIDABLE,» [En línea]. Available: <http://www.uginox.com/es/node/931>. [Último acceso: octubre 2019].
- [59] QuimiNet, «Descubra las características más importantes de la pintura electrostática,» [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/descubra-las-caracteristicas-mas-importantes-de-la-pintura-electrostatica-3373334.htm>. [Último acceso: octubre 2019].