



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA

**SISTEMA EMBEBIDO PARA MEDIR LA PRODUCCIÓN
DE ENERGÍA CON CELDAS DE COMBUSTIBLE
MICROBIANAS**

PROPUESTA TECNOLÓGICA

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA

AUTORES
PINCAY BAQUERIZO PRISCILA SARAI
RODRÍGUEZ BAJAÑA JOHNNY JOSÉ

TUTOR
Lsi. FREIRE AVILES VERÓNICA, Msig.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, LSI. FREIRE AVILES VERÓNICA ADRIANA, MSIG, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: "SISTEMA EMBEBIDO PARA MEDIR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS", realizado por los estudiante PINCAY BAQUERIZO PRISCILA SARAI con cédula de identidad N°0958845114 y RODRÍGUEZ BAJAÑA JOHNNY JOSÉ, con cédula de identidad N°0930552823 de la carrera INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

LSI. Freire Avilés Verónica, MSIG.

Guayaquil, 3 de septiembre del 2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“SISTEMA EMBEBIDO PARA MEDIR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS”**, realizado por los estudiantes PINCAY BAQUERIZO PRISCILA SARAI y RODRÍGUEZ BAJAÑA JOHNNY JOSÉ, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Karina Real Avilés
PRESIDENTE

Ing. Maritza Aguirre Munizaga
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Darwin Pow Chon Long Vásquez
EXAMINADOR PRINCIPAL

Lsi. Verónica Freire Avilés
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 25 de octubre del 2021

Dedicatoria

En primer lugar, damos gracias a Dios, a nuestros padres por apoyarnos incondicionalmente, por enseñarnos a que si caemos debemos levantarnos y seguir adelante, por guiarnos y ser ese pilar fundamental para llegar hasta donde estamos, también a nuestros hermanos que de una u otra forma nos ayudan a salir adelante y ser un ejemplo para ellos.

Agradecimiento

Le agradecemos Lsi. Verónica Freire por ayudarnos con sus recomendaciones para seguir encaminados en el desarrollo de nuestra tesis y poder alcanzar con éxito nuestra meta, a la Ing. Maritza Aguirre por habernos brindado la oportunidad de llevar a cabo este tema, por compartir con nosotros su conocimiento y por la paciencia para guiarnos durante el desarrollo de la tesis.

Nuestros agradecimientos también van dirigidos al Ing. Carlos Banchón por brindarnos su tiempo y conocimiento para llevar a cabo las prácticas y obtener mejores resultados.

Para finalizar queremos darle las gracias a cada uno de los docentes que durante toda nuestra carrera universitaria nos guiaron y brindaron sus conocimientos para formarnos como buenos profesionales.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, PINCAY BAQUERIZO PRISCILA SARAI y RODRÍGUEZ BAJAÑA JOHNNY JOSÉ, en calidad de autores del proyecto realizado, sobre "SISTEMA EMBEBIDO PARA MEDIR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS", para optar el título de INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autores nos correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 3 de septiembre del 2021


Pincay Baquerizo Priscila
C.I. 095804511-4


Rodríguez Bajaña Johnny
C.I. 093055282-3

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	12
Índice de figuras	14
Resumen.....	20
Abstract	21
1. Introducción	22
1.1 Antecedentes del problema.....	22
1.2 Planteamiento y formulación del problema	23
1.2.1 Planteamiento del problema	23
1.2.2 Formulación del problema	25
1.3 Justificación de la investigación.....	25
1.3.1 Hardware	26
1.3.1.1. Tarjetas de mediciones.....	26
1.3.1.2. Celdas de Combustible Microbianas	26
1.3.2 Software.....	27
1.4 Delimitación de la investigación	28
1.5 Objetivo general	28
1.6 Objetivos específicos	29

2. Marco teórico	30
2.1 Estado del arte	30
2.2 Bases teóricas	33
2.2.1 Hardware	34
2.2.1.1. Sistema embebido	34
2.2.1.2. Arduino	35
2.2.1.3. Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado)	36
2.2.1.4. Monitor serie	36
2.2.1.5. Protoboard	37
2.2.1.6. Componentes electrónicos	37
2.2.1.7. Sensor	38
2.2.1.8. Sensor de Voltaje Fz0430	38
2.2.1.9. Sensor de Temperatura y Humedad AM2302 o DTH22	39
2.2.1.10. Módulo NodeMCU Lúa Wifi Esp8266	39
2.2.1.11. Tarjeta SD	40
2.2.1.12. Módulo DS3231 RTC (Reloj de tiempo real)	40
2.2.1.13. Componentes electrónicos diodo	41
2.2.1.14. Batería recargable	41
2.2.2 Software	42
2.2.2.1. Tecnologías libres	42
2.2.2.2. Software Libre	43
2.2.2.3. Lenguaje de programación	44
2.2.2.4. Lenguaje PHP HyperText Preprocessor	44
2.2.2.5. Gestor de Base de datos	45
2.2.2.6. Gestor de base de datos MySQL (Structured Query Language) ...	45

2.2.2.7. <i>Monitoreo en tiempo real</i>	46
2.2.3 Celdas de Combustible Microbianas (CCM).....	46
2.2.3.1. <i>Elementos de las celdas</i>	47
2.2.3.2. <i>Microorganismos</i>	47
2.2.3.3. <i>Geobacter</i>	48
2.2.3.4. <i>Geobacter Sulfurreducens</i>	48
2.2.3.5. <i>Biotecnología</i>	49
2.2.3.6. <i>Biotecnología industrial</i>	49
2.2.3.7. <i>Bioelectricidad</i>	50
2.2.3.8. <i>Gestión de residuos sólidos</i>	50
2.2.3.9. <i>Desechos sólidos</i>	51
2.2.3.10. <i>Aguas residuales</i>	51
2.2.3.11. <i>Carbón activado</i>	52
2.3 Marco legal	53
2.3.1 Código Orgánico de Economía Social del Conocimiento e Innovación	53
2.3.2 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida.....	53
2.3.3 Derechos de Propiedad Intelectual.....	54
2.3.4 Reglamento General del Instituto de Investigación de la Universidad Agraria del Ecuador	55
3. Materiales y métodos.....	56
3.1 Enfoque de la investigación	56
3.1.1 Tipo de investigación	56
3.1.1.1. <i>Investigación aplicada a objetivos tecnológicos</i>	56
3.1.1.2. <i>Investigación documental</i>	57

3.1.2 Diseño de investigación	57
3.2 Metodología.....	58
3.2.1 Modelo de prototipos evolutivos	58
3.2.1.1. Fase de investigación preliminar	59
3.2.1.2. Fase de diseño técnico.....	61
3.2.1.3. Fase de desarrollo y pruebas.....	67
3.2.1.4. Fase de operación y mantenimiento.....	74
3.2.2 Recolección de datos	74
3.2.2.2 Recursos	74
3.2.2.3 Métodos.....	75
3.2.2.4 Técnicas	76
3.2.3 Análisis estadístico	79
4. Resultados.....	83
4.1 Fabricación de celdas de combustible microbianas instrumentadas para el almacenamiento de aguas residuales	83
4.2 Construcción del hardware implementado en las celdas de combustible microbianas.....	84
4.3 Desarrollo del software para monitoreo de voltaje generado en las celdas de combustible microbianas	85
5. Discusión.....	87
6. Conclusiones	89
7. Recomendaciones	91
8. Bibliografía	93
9. Anexos.....	105
9.1 Anexo 1. Tablas.....	105

9.2 Anexo 2. Análisis de la entrevista.....	107
9.3 Anexo 3. Fichas de observación.....	111
9.4 Anexo 4. Análisis de la Encuesta.....	113
9.5 Anexo 5. Análisis de Usabilidad – Tesistas con docentes.....	120
9.6 Anexo 6. Análisis de Usabilidad – Tesistas con usuarios.....	131
9.7 Anexo 7. Diagramas para el desarrollo del software.....	141
9.8 Anexo 8. Imágenes de la construcción de las Celdas.....	172
9.9 Anexo 9. Imágenes de la construcción del Hardware y Software.....	176
9.10 Anexo 10. Codificación del Hardware.....	179
9.11 Anexo 11. Manual de Usuario.....	189
9.12 Anexo 12. Presentación del proyecto.....	217

Índice de tablas

Tabla 1. Recursos Humanos.....	105
Tabla 2. Recursos de Hardware.....	105
Tabla 3. Recursos de Software	106
Tabla 4. Varios.....	106
Tabla 5. Costo total de recursos	106
Tabla 6. Diccionario de Datos – Tabla alumno.....	162
Tabla 7. Diccionario de Datos – Tabla articulo	162
Tabla 8. Diccionario de Datos – Tabla auditoria_usuario	162
Tabla 9. Diccionario de Datos – Tabla carrera_asignatura.....	163
Tabla 10. Diccionario de Datos – Tabla asignatura	163
Tabla 11. Diccionario de Datos – Tabla carrera	163
Tabla 12. Diccionario de Datos – Tabla coordinador.....	164
Tabla 13. Diccionario de Datos – Tabla celda	164
Tabla 14. Diccionario de Datos – Tabla semestre.....	164
Tabla 15. Diccionario de Datos – Tabla docente	165
Tabla 16. Diccionario de Datos – Tabla docente_paralelo	165
Tabla 17. Diccionario de Datos – Tabla galería.....	166
Tabla 18. Diccionario de Datos – Tabla empresa.....	166
Tabla 19. Diccionario de Datos – Tabla matricula	167
Tabla 20. Diccionario de Datos – Tabla paralelo	167
Tabla 21. Diccionario de Datos – Tabla pantalla	168
Tabla 22. Diccionario de Datos – Tabla rol	168
Tabla 23. Diccionario de Datos – Tabla pin_cambio_password	168
Tabla 24. Diccionario de Datos – Tabla sede_carrera.....	169

Tabla 25. Diccionario de Datos – Tabla rol_pantalla	169
Tabla 26. Diccionario de Datos – Tabla sede.....	169
Tabla 27. Diccionario de Datos – Tabla asignar.....	170
Tabla 28. Diccionario de Datos – Tabla periodo_lectivo.....	170
Tabla 29. Diccionario de Datos – Tabla usuario.....	171
Tabla 30. Diccionario de Datos – Tabla grado_academico	171

Índice de figuras

Figura 1. Entrevista al encargado del laboratorio de la carrera de Ingeniería Ambiental.....	107
Figura 2. Ficha de observación 1. Aplicada en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Ambiental	111
Figura 3. Ficha de observación 2. Aplicada en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Ambiental	112
Figura 4. Tabulación encuesta, pregunta 1	115
Figura 5. Tabulación encuesta, pregunta 2	115
Figura 6. Tabulación encuesta, pregunta 3	116
Figura 7. Tabulación encuesta, pregunta 4	116
Figura 8. Tabulación encuesta, pregunta 5	117
Figura 9. Tabulación encuesta, pregunta 6	117
Figura 10. Tabulación encuesta, pregunta 7	118
Figura 11. Tabulación encuesta, pregunta 8	118
Figura 12. Tabulación encuesta, pregunta 9	119
Figura 13. Prueba de usabilidad aplicada al Ing. Jean Carlo Andrade	120
Figura 14. Prueba de usabilidad aplicada al Ing. Jean Carlo Andrade	121
Figura 15. Prueba de usabilidad aplicada al Ing. Cristian Lara.....	122
Figura 16. Prueba de usabilidad aplicada al Ing. Cristian Lara.....	123
Figura 17. Tabulación usabilidad con docentes – Visibilidad del estado del sistema	124
Figura 18. Tabulación usabilidad con docentes – Visibilidad del estado del sistema	124

Figura 19. Tabulación usabilidad con docentes – Coincidencia entre el sistema y el mundo real	125
Figura 20. Tabulación usabilidad con docentes – Coincidencia entre el sistema y el mundo real	125
Figura 21. Tabulación usabilidad con docentes – Control y libertad del usuario	126
Figura 22. Tabulación usabilidad con docentes – Consistencia y estándares	126
Figura 23. Tabulación usabilidad con docentes – Prevención de errores.....	127
Figura 24. Tabulación usabilidad con docentes – Reconocimiento en lugar de recordar	127
Figura 25. Tabulación usabilidad con docentes – Flexibilidad y eficiencia de uso	128
Figura 26. Tabulación usabilidad con docentes – Diseño estético y minimalista	128
Figura 27. Tabulación usabilidad con docentes – Diseño estético y minimalista	129
Figura 28. Tabulación usabilidad con docentes – Reconocimiento y recuperación de errores	129
Figura 29. Tabulación usabilidad con docentes – Ayuda y documentación....	130
Figura 30. Prueba de usabilidad, usuario 1	131
Figura 31. Prueba de usabilidad, usuario 2	132
Figura 32. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 1.....	133
Figura 33. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 2.....	133
Figura 34. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 3.....	134
Figura 35. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 4.....	134

Figura 36. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 5.....	134
Figura 37. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 6.....	135
Figura 38. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 7.....	135
Figura 39. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 8.....	135
Figura 40. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 9.....	136
Figura 41. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 10.....	136
Figura 42. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 11.....	136
Figura 43. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 12.....	137
Figura 44. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 13.....	137
Figura 45. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 14.....	137
Figura 46. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 15.....	138
Figura 47. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 16.....	138
Figura 48. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 17.....	138
Figura 49. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 18.....	139
Figura 50. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 19.....	139
Figura 51. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 20.....	139
Figura 52. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 21.....	140
Figura 53. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 22.....	140
Figura 54. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 23.....	140
Figura 55. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 24.....	140
Figura 56. Diagrama de Caso de Uso	141
Figura 57. Diagrama de actividad - Registro de docente.....	143
Figura 58. Diagrama de actividad - Registro de alumno.....	144
Figura 59. Diagrama de actividad - Acceso.....	145
Figura 60. Diagrama de actividad - Monitoreo en tiempo real	146

Figura 61. Diagrama de actividad - Estadística de celda.....	147
Figura 62. Diagrama de actividad - Descarga de datos.....	148
Figura 63. Diagrama de carril - Registro de docente	149
Figura 64. Diagrama de carril - Registro de usuario	149
Figura 65. Diagrama de carril - Acceso	150
Figura 66. Diagrama de carril - Monitoreo en tiempo real	150
Figura 67. Diagrama de carril - Estadística de celda	151
Figura 68. Diagrama de carril - Descarga de datos	151
Figura 69. Diagrama Entidad-Relación	152
Figura 70. Diagrama de BD	153
Figura 71. Diagrama paquete de análisis.....	154
Figura 72. DFD - Nivel 0	155
Figura 73. DFD - Nivel 1	155
Figura 74. DFD - Nivel 1	156
Figura 75. DFD - Nivel 1	156
Figura 76. DFD - Nivel 1	157
Figura 77. DFD - Nivel 1	157
Figura 78. DFD - Nivel 2	158
Figura 79. Diagrama de secuencia - Coordinador.....	159
Figura 80. Diagrama de secuencia – Docente	159
Figura 81. Diagrama de secuencia – Alumno.....	160
Figura 82. Arquitectura del sistema.....	160
Figura 83. Jerarquía de control	161
Figura 84. Modelos de Celdas	172
Figura 85. Búsqueda y elección del contenido óptimo	172

Figura 86. Tabla de resultados obtenidos en la prueba de contenido	172
Figura 87. Pruebas realizadas con los contenidos de las celdas	173
Figura 88. Construcción de las Celdas.....	173
Figura 89. Desechos líquidos: Agua residual y Agua de camaronera	174
Figura 90. Desechos sólidos: Lodo	174
Figura 91. Contenido de las Celdas	175
Figura 92. Conexión de los componentes del Hardware	176
Figura 93. Conexión del Hardware.....	176
Figura 94. Circuito de Conexión del Hardware.....	177
Figura 95. Hardware – Contenedor de las CCM	177
Figura 96. Página web - Monitoreo en tiempo real.....	178
Figura 97. Librerías para conexión del HW	179
Figura 98. Backup de los datos.....	179
Figura 99. Cálculo de Voltajes	180
Figura 100. Envío de información al NodeMCU	180
Figura 101. Librería para conexión a internet del módulo NodeMCU	181
Figura 102. Conexión a Internet.....	181
Figura 103. Envío de datos al servidor.....	181
Figura 104. Comprobación de los datos enviados al servidor	182
Figura 105. Software WEKA - Prueba con 276 datos.....	182
Figura 106. Diagrama de barras	183
Figura 107. Datos para la creación de clústeres	183
Figura 108. Datos de los clústeres creados	184
Figura 109. Centroides por cada dato del clúster.....	184
Figura 110. Concentración de los datos por clúster	185

Figura 111. Software WEKA - Prueba con 725 datos.....	185
Figura 112. Diagrama de barras	186
Figura 113. Datos para la creación de clúster	186
Figura 114. Datos de los clústeres creados	187
Figura 115. Centroide por cada dato del clúster.....	187
Figura 116. Concentración de los datos por clúster	188
Figura 117. Promedios de evaluación de tratamientos de celdas	188
Figura 118. Presentación del sistema de monitoreo a los docentes	217
Figura 119. Creación de usuario para el ingreso al sistema.....	217
Figura 120. Explicación del manejo del sistema a los docentes	218
Figura 121. Explicación de la construcción del hardware y sus componentes	218
Figura 122. Demostración de encendido del led después de cargar las pilas en las celdas.....	219
Figura 123. Encendido del led tras la carga con las celdas.....	219
Figura 124. Finalización de la presentación	220
Figura 125. Introducción sobre el desarrollo del proyecto a los estudiantes de Ambiental.....	220
Figura 126. Explicación del manejo del sistema a los estudiantes	221
Figura 127. Demostración y explicación de las funcionalidades del sistema..	221
Figura 128. Explicación de la construcción del hardware y sus componentes	222
Figura 129. Explicación de las pruebas realizadas	222
Figura 130. Explicación de la construcción de celdas	223
Figura 131. Explicación del circuito del hardware	223
Figura 132. Revisión y explicación del hardware a los estudiantes	224
Figura 133. Demostración del encendido del led	224

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue desarrollar un sistema embebido a pequeña escala que ayude en la medición de voltaje emitido por la producción de energía mediante el uso de aguas residuales con la ayuda de bioceldas que permitan la transmisión en tiempo real de los datos captados, el mismo que consta de dos partes, hardware y software. Se fabricaron cuatro celdas de una cámara las cuales fueron construidas utilizando envases plásticos con un volumen de 1000ml, como electrodo se escogió trabajar con una malla de acero inoxidable recubierta de carbón activado granular previamente triturado, el cultivo bacteriano fue en cantidades iguales tanto de lodo como de agua residual en cada una de las celdas con el propósito de mejorar la generación de energía. Como resultado de la producción de bioelectricidad se alcanzaron niveles de voltajes máximos de entre 850 hasta 900 Milivoltios en cada una de las celdas. A nivel de software la página consta con módulos de acceso, descarga de datos, estadístico y monitoreo en tiempo real. En conclusión, este prototipo servirá para que los estudiantes y docentes realicen sus experimentos con este tipo de celdas y puedan llegar a conclusiones más rápidas además de compartir sus resultados con otros investigadores.

Palabras clave: agua residual, bioelectricidad, carbón activado granular, celdas de combustible microbianas, microorganismos, monitoreo en tiempo real.

Abstract

To develop a small-scale embedded system that helps in the measurement of voltage emitted by the production of energy through the use of wastewater helped of biocells that allow real-time transmission was the main objective in this research. These reactors are composed by two parts hardware and software. Four single-chamber cells were built using plastic containers with a volume of 1000ml, electrode was chosen to work with a stainless-steel mesh covered with granular activated carbon previously crushed, same amount of bacterial microorganism, sludge and wastewater were applied in order to improve energy generation. As a result of the bioelectricity production, maximum voltages ranging from 850 to 900 millivolts were reached in each of the cells. At the software level, the page consists of modules for access, data download, statistics and real-time monitoring. In summary, this prototype will be useful for students and teachers to perform their experiments with this type of cells and they will be able to reach faster conclusions and to share their results with other researchers.

Keywords: wastewater, bioelectricity, granular activated carbon, microbial fuel cells, microorganisms, real-time monitoring.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El término autómeta surgió hace mucho tiempo atrás, cuando una máquina funcionaba con una fuente de energía que accionaba un mecanismo ingeniosamente estructurado, el cual permitía la imitación de movimientos.

La automatización surge con el objetivo de remplazar el esfuerzo de los seres humanos por máquinas que trabajen a base de energía renovable, fuentes artificiales, es decir les quita a los seres humanos el control sobre diversos componentes, además de reducir la vigilancia permitiendo la centralización de la información y mejorando la toma de decisiones sin afectar la importancia de la misma; de manera que las máquinas tienen la capacidad de realizar las tareas previamente programadas.

Hoy en día muchas empresas, ciudades y zonas urbanas son grandes generadores de diferentes tipos de desechos, el total de estos residuos al día recolectados representan una gran cantidad de energía que puede ser utilizada mediante la implementación de diferentes procesos.

Investigadores de la Universidad Nacional de Colombia en alianza con empresas públicas de Medellín han desarrollado un macroproyecto que busca reducir costos en el tratamiento de aguas residuales empleando celdas de combustibles para generar energía.

En el Ecuador en el año 2017 se generaron alrededor de 11.341 toneladas diarias de residuos, es decir, un aproximado de 4'139.512 Tm/año, de los cuales 61,4% son orgánicos, papel + cartón 9.4%, plástico 11%, vidrio 2.6%, chatarra 2.2%, y otros 13.3% (Sanmartín, Zhigue, & Alaña, 2017, pág. 37).

Esta propuesta tecnológica busca implementar un sistema embebido que a pequeña escala ayude a medir la cantidad de energía recolectada por medio de

celdas de combustible microbianas para que la misma sea almacenada para su posterior uso.

En el futuro se espera que los sistemas energéticos sean una combinación perfecta entre generación renovable y almacenamiento, pero la tecnología que triunfe será aquella que tenga los costes más bajos para que pueda competir con el resto de energía de respaldo (Ojea, 2019).

Mediante la implementación del proyecto se espera poder promover el uso de energías renovables disminuyendo la contaminación ambiental de manera que se logre obtener bioelectricidad a través del uso de desechos reduciendo el coste de producción ya que todo lo que se necesita para lograr producir energía son materiales reutilizables y de fácil acceso.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En la actualidad son muchas industrias en las ciudades del país que no tratan sus desechos, el proceso de industrialización y el uso excesivo de combustible fósiles han provocado serios problemas de contaminación, lo cual ha dado lugar a la implementación de nuevas tecnologías que han traído consigo un incremento en el consumo de energía; como consecuencia el calentamiento global y la crisis energética.

Las celdas de combustibles microbianas son dispositivos electroquímicos que ofrecen la posibilidad de convertir eficientemente compuestos orgánicos en electricidad mediante el uso de microorganismos ya que estos son capaces de producir energía renovable sin daño al ambiente.

Investigaciones realizadas han determinado que las bacterias tienen la capacidad de generar electrones que se presentan durante la degradación química y biológica de los desechos, lo cual genera pequeñas corrientes eléctricas que pueden ser convertidas en energía.

En la Universidad Agraria del Ecuador se generó un estudio a través del trabajo de titulación mencionado “Generación de bioelectricidad en celdas de combustible microbianas con depuración simultánea de agua residual industrial alimenticia” realizado por la Ing. Peralta Cisneros Catherine en conjunto con el Ing. Quím. Banchón Bajaña Carlos, MSC, y la Ing. Aguirre Munizaga Maritza, donde se determinó que las celdas pueden producir energía trabajando a base de desechos y se analizó que a mayor escala producirá aún más energía la misma que puede ser reutilizada.

Para el desarrollo de este proyecto se ha generado un diseño estético tanto de las celdas como del lugar donde serán almacenadas las mismas para el efecto se recopiló de forma adecuada las aguas residuales de tal modo que se pueda controlar los niveles de energía producida por las cuatro celdas con las que se trabajará monitoreándolas sin necesidad de un multímetro para que capten los niveles de electricidad producida como se lo hacía tradicionalmente en periodos de tiempo de 2 a 3 horas con intervalos de 15 minutos, con esta propuesta se busca eliminar esos métodos tradicionales e innovar tecnológicamente implementando un sistema web que permitirá realizar las mediciones sin necesidad de acercarse a las celdas de combustibles microbianas y haciendo que todo esté a solo un clic de distancia para que se pueda trabajar desde cualquier dispositivo, además de optimizar tiempo y recursos de los docentes, así como de los estudiantes de las asignaturas de tratamiento de aguas residuales y microbiología de la carrera de Ingeniería Ambiental.

1.2.2 Formulación del problema

¿De qué manera ayudará a los estudiantes el aprender a utilizar los sistemas microbianos como energía ecológica?

1.3 Justificación de la investigación

Del proyecto de investigación y desarrollo denominado “Generación de bioelectricidad en celdas de combustible microbianas con depuración simultánea de agua residual industrial alimenticia” se generó un artículo científico el mismo que fue presentado en la 2da Conferencia Internacional sobre TIC en Agronomía y Medio Ambiente por los autores Banchón, Peralta, Borodulina y Aguirre-Munizaga (2019) en el cual se determina que las celdas de una cámara son mayores productoras de energía a diferencia de las celdas de doble cámara y que a mayor cantidad de desechos mayor es la producción de energía que se obtiene, por lo cual en base a el resultado obtenido el sistema embebido se trabaja con celdas de una cámara.

Hoy en día la tecnología es utilizada en todos los ámbitos y unos de los ejes más importantes con los que se ha relacionado es con la automatización de procesos, la siguiente propuesta trata del desarrollo de un sistema embebido a pequeña escala que ayuda en la medición de voltajes emitidos por la producción de energía mediante el uso de aguas residuales con la ayuda de celdas que permiten la transmisión de los datos captados por cada una de las celdas, los mismos que se muestran a través de una interfaz diseñada en PHP, incluyendo estadísticas descriptivas de la variación de los resultados obtenidos a través de cada uno de los sensores.

La propuesta tecnológica consta de dos partes que son a nivel de hardware y software.

1.3.1 Hardware

Este diseño consta con la construcción de cuatro celdas de combustible microbianas las mismas que permiten generar pequeñas cantidades de energía mediante el uso de aguas residuales; funcionando con un micro controlador de Arduino, tarjeta de comunicación Wireless la cual se encarga de enviar toda la información recolectada de las celdas hacia un sitio web permitiéndole al usuario monitorear las celdas en tiempo real y saber la cantidad de energía obtenida que posteriormente será utilizada para el funcionamiento de un dispositivo. Esta sección se subdivide en:

1.3.1.1. Tarjetas de mediciones

La tarjeta SD se utiliza para que la placa de Arduino Uno almacene todas las mediciones realizadas a través de las celdas.

Para el efecto se utilizan los siguientes sensores:

- Sensor de temperatura y humedad Am2302 – DTH22
- Sensor de voltaje Fz0430
- Módulo NodeMCU lúa wifi Esp8266
- Módulo Micro SD

1.3.1.2. Celdas de Combustible Microbianas

Para la construcción de las celdas donde está depositada la mezcla de lodo, aguas residuales y agua de industria camaronera se utiliza los siguientes materiales:

- Malla de acero inoxidable
- Cable de acero inoxidable
- Frasco de acrílico de 1000ml
- Carbón activado

Una vez que se ha construido las celdas e integrado todos los sensores que forman parte del sistema embebido se puede comparar el nivel de voltaje emitido por las celdas.

1.3.2 Software

Dentro de la propuesta se despliega un sistema web, que se ha desarrollado mediante el lenguaje de programación PHP. JavaScript, CSS para estructurar y darle estilo a la página web; el sistema gestor de base de datos MySQL, permitiendo que la información sea almacenada cada vez que las celdas sufran algún tipo de variación en el voltaje.

El entorno desarrollado se implementa en base a un diseño responsivo para que tanto estudiantes como docentes puedan acceder al sitio desde cualquier dispositivo para la descarga de datos, la que se puede realizar por días o por fechas según como determinen los usuarios, las mismas que pueden ser monitoreadas de manera individual o grupal.

La página web cuenta con los módulos de:

Módulo de acceso: Permite el acceso tanto a los docentes como estudiantes, los mismos que deben registrarse para poder acceder al sitio permitiendo llevar al docente un registro de las actividades e ingreso de los estudiantes al sistema.

Módulo de descarga de datos: Permite que los usuarios de las asignaturas de Tratamiento de aguas residuales y Microbiología de la carrera de Ingeniería Ambiental puedan descargar archivos que contiene los resultados del monitoreo, estos archivos están en formato .CSV para que no sean de un tamaño muy elevado y su descarga sea más rápida.

Módulo estadístico: Aquí se muestran mediante gráficos estadísticos los niveles de voltaje producidos por las celdas que se encuentran conectadas en el hardware, el cual se subdivide en:

- Estadística por celdas
- Estadística por día, mes y año

Módulo de monitoreo y visualización: Se utiliza para controlar el voltaje de las celdas a través de cualquier navegador, además de que se mantiene constantemente actualizado.

El sistema embebido sirve para que los estudiantes y docentes que realicen sus experimentos con este tipo de celdas puedan llegar a conclusiones más rápidas y compartir sus resultados con otros investigadores.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** En la carrera de Ingeniería Ambiental en la Facultad de Ciencias Agraria de la Universidad Agraria del Ecuador.
- **Tiempo:** El periodo de tiempo que toma llevar a cabo el proyecto será de nueve meses.
- **Población:** La población son los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental que dictan la cátedra de tratamiento de Aguas Residuales y Microbiología. A su vez los estudiantes según la asignatura del docente tendrán acceso al monitoreo de las celdas.

1.5 Objetivo general

Implementar un sistema mediante materiales ecológicos, sistema Arduino y herramientas de Software libre para construir y medir el nivel de voltaje almacenado por la cantidad de energía producida por las CCM (Celdas de Combustible Microbianas).

1.6 Objetivos específicos

- Fabricar celdas de combustible microbianas instrumentadas para el almacenamiento de aguas residuales.
- Construir el hardware que será implementado en las celdas de combustible microbianas.
- Desarrollar el software para el monitoreo del voltaje generado en las celdas de combustibles microbianas

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

A continuación, se resumen aquellos resultados de las investigaciones científicas realizadas y que se encuentran relacionadas con varios aspectos de la presente propuesta.

- **Monitoreo en línea de bioelectricidad de una pila de combustible microbiana usando aguas residuales de la industria pesquera**

En Ecuador los autores Banchón et al. (2019) realizaron un monitoreo en línea de bioelectricidad: “El sistema de monitoreo en línea funcionó con un microcontrolador Arduino y sensores de voltaje para monitorear cuatro cámaras MFC. Los sensores enviaron información a una tarjeta inalámbrica. Los datos se almacenan en la web” (pág. 3).

Los sensores se conectan a la placa Arduino permitiendo que el prototipo funcione, con la finalidad de capturar datos para ser almacenados en una base de datos; sin embargo, este prototipo no mantiene un diseño estético que se pueda utilizar o mantener a largo plazo, pero almacena la carga de energía monitoreada, asimismo las pruebas se ejecutan de forma manual y se daba que estas mediciones no eran las mismas manteniendo un margen de error.

El trabajo antes mencionado guarda relación con el proyecto que se ha desarrollado ya que lo que se busca es capturar los datos de una forma más precisa por lo cual se ha mejorado el esquema de programación y la transmisión de datos, permitiendo que los usuarios tengan una visualización más precisa de los datos captados por las celdas, lo que también se mejora con este prototipo es su diseño permitiendo que sea más estético, amigable en cuanto a mostrar la información recolectada por las celdas a través del sistema web y que a su vez funcione sin la

necesidad de estarlo monitoreando a determinadas horas sino que a través del sistema llevar un control para poder almacenar esa información y poderla descargar a través del módulo de descarga de datos o realizando un respaldo de los mismos mediante la tarjeta SD.

- **Implementación de una celda de combustible microbiana a escala laboratorio para generación de energía eléctrica en Bogotá D.C.**

El proyecto realizado por los autores Bermúdez y Bernal (2018) se asemeja a la propuesta planteada ya que lo que se busca es el desarrollo de un sistema que permita visualizar los datos, por lo cual ellos explican:

El software de datos es una herramienta adicional adaptada a la celda de combustible microbiana donde se almacenan los datos a lo largo de la variable estipulada; con la programación adecuada, se puede establecer control o medición de variable, dependiendo del requerimiento del sistema, al estudiar un Software de datos apropiados se debe tener en cuenta la duración a lo largo del tiempo de cada corrida experimental, la adaptabilidad que tiene el Software a la instrumentación y la accesibilidad del mismo (pág. 63).

El proyecto en mención se implementó a escala en un laboratorio desarrollando energías alternas en base a la disponibilidad de aguas residuales, así mismo como el diseño, construcción y la puesta en marcha de las celdas, los materiales necesarios para su composición e identificando un software como LabView el cual les permitía monitorear variables relevantes dentro de su investigación con el fin de obtener energía.

Dentro de la propuesta se ha realizado a nivel de hardware un diseño estético y seguro para el almacenamiento de las celdas contenedoras de desechos además de un software en el que se visualice en un entorno agradable, intuitivo, fácil de manejar por el usuario, que sea accesible y compatible para poder llevar a cabo las mediciones de las celdas, el control y análisis de los datos obtenidos en base a los requerimientos del usuario.

- **Diseño y construcción de una celda de combustión microbiana (CCMs) en Chimborazo**

Buñay y Sanunga (2019) en su tesis dentro del diseño y construcción de las Celdas de Combustible Microbianas explican que los resultados obtenidos mediante el testeo:

Representa el monitoreo de las siete CCMS durante once horas en el cual se observa la tendencia en crecimiento eléctrico en milivoltios (mV). Las celdas C1, C2 y C3 siguen un patrón lineal con bajo crecimiento, las cámaras C4, C5, C6 y C7 durante las primera cuatro horas el incremento eléctrico fue normal, pero a las 12pm se observa una evolución alta de 1pm a 6pm tiene un crecimiento exponencial (pág. 53).

Con base en este proyecto se pudo determinar que las celdas de una cámara son productoras de mayor energía y al trabajar conjuntamente con el software de monitoreo pudieron apreciar las reacciones que tenían cada celda, proporciona fiabilidad de los datos obtenidos.

Los que se busca en esta propuesta es realizar celdas de una cámara que permiten la mayor obtención de energía posible para poderla almacenar o encender un dispositivo, además de contar con un diseño estético tanto para las celdas como para el contenedor del sistema y que se encuentre totalmente protegido para evitar accidentes de cualquier índole e incluso que se dañe debido al ambiente en el que se vaya a encontrar.

- **Modelo bioquímicamente estructurado para la estimación de la eficiencia de una celda de combustible microbiana en México**

Jiménez-Escamilla, Garibay-Orijel y Borja-Salín (2018) realizaron un modelo bioquímico para la estimación de una celda de combustible microbiana en la cual se obtuvo que: “La cámara catódica contenía 450mL del MC. Al cabo de 15 h de operación la concentración de glucosa fue consumida en su totalidad. A las 10 h de operación el microorganismo entró en fase estacionaria” (pág. 335).

La glucosa cumple con la función de proveer energía a las bacterias, si la oxidación de la glucosa dentro de las celdas es elevada podría contribuir a una mayor formación de corriente eléctrica; además de actuar como fuente de carbono de las CCM (Celdas de Combustible Microbianas), para el proyecto es de importancia conocer como ayuda la glucosa a la bacteria proveyéndole energía, la cual es capturada y registrada a través de un sistema web que trabaje en tiempo real permitiendo conocer a los investigadores que efectos surgen con la ingesta de glucosa.

- **Prueba de Shapiro-Wilk**

Esta prueba tambien es conocida como prueba de normalidad, la misma que es empleada para conocer la distribución normal de una variable en estudio, por lo cual Abu Bakar y Rosbi (2017) menciona:

La distribución normal en su forma más general, bajo algunas condiciones (que incluyen varianza finita), estable que los promedios de muestras de observaciones de variables aleatorias extraídas independientemente de distribuciones independientes convergen en distribución a la normal, es decir, se distribuyen normalmente cuando el número de observaciones es suficientemente grande (pág. 83).

Esta prueba se fundamenta estadísticamente en una gráfica de probabilidades en las que se estima una relación entre variables, para conocer si esta proviene de una población con distribución normal, por lo cual se aplica en el proyecto para comprobar la normalidad de los datos debido a que los resultados son datos obtenidos a través de un proceso de medición.

2.2 Bases teóricas

Para realizar el siguiente trabajo se ha determinado varios aspectos importantes que hay que tener en cuenta:

En un sistema embebido interactúan varios componentes como lo es la placa de Arduino la cual cuenta con circuitos integrados que se encargan de recolectar la

información de los sensores que se encuentran conectados a las celdas de combustible microbianas las mismas que contienen diferentes tipos de bacterias para la producción de energía renovable, la información recolectada es almacenada en una base de datos y posteriormente es visualizada por pantalla a través del sistema web que ha sido desarrollado mediante el uso del lenguajes de programación.

2.2.1 Hardware

Dentro de la computación y la informática el hardware es todo aquel elemento material, también definido como la parte tangible que conforma el sistema informático de un ordenador.

“A cualquier dispositivo o equipo físico que interviene en el sistema se los denomina hardware” (Elizondo, 2016, pág. 7).

En el sistema embebido, el hardware está conformado por diversos dispositivos como: tarjeta Arduino, tarjeta NodeMCU, sensores de voltaje, entre otros., los mismos que permiten captar, guardar y enviar los datos a la nube para que estos sean visualizados a través del sistema.

2.2.1.1. Sistema embebido

Los sistemas embebidos son todos aquellos sistemas de cómputo diseñados para cumplir a cabalidad las funciones específicas codificadas por el usuario, el mismo que tiene un conjunto de componentes incrustados en una placa.

Como señala Salas (2017) citado por Pizarro (2017)

“Sistemas embebidos se refiere a todo circuito electrónico digital que es suficiente de realizar operaciones de computación, por lo general en tiempo real, que sirven para cumplir una tarea en especial o específica” (pág. 21).

El sistema embebido desarrollado integra varios recursos de bajos costes y aplicaciones propias del sistema, lo cual lo hacen rentable debido a que muchos componentes se fabrican a escala masiva reduciendo así el coste de fabricación y encontrándolos a precios cómodos en el mercado.

En este trabajo se ha evidenciado el desarrollo de un sistema embebido que tiene como función controlar una serie de pasos que bajo su propio sistema se vuelve beneficioso y útil trabajando en diferentes ambientes; este sistema trabaja en tiempo real y responde a estímulos provenientes del entorno en el que se encuentra y así se rompen fronteras al poder visualizar los datos mediante el uso de cualquier dispositivo electrónico que cuente con internet.

2.2.1.2. Arduino

Es un microcontrolador de hardware libre y de código abierto que consta de circuitos integrados, es programable y fácil de manipular además de que no requiere licencia para su uso.

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en el lenguaje Arduino Programming Language. Este lenguaje, a pesar de estar basado en lenguaje Wiring, es muy similar a C, por lo tanto, no es mucho lo que hay que aprender si se tiene noción de C (Campo, Sastre, Gamas, & Samaniego, 2017, pág. 112).

La placa Arduino Uno es utilizado como el medio de comunicación para todos los componentes que se encuentran interconectados al hardware ya que al ser periféricos de entrada y salida la placa se encarga de procesar los datos que llegan a través de los sensores y estos son enviados a través del módulo NodeMCU a la nube para posteriormente visualizarlos en el sistema.

2.2.1.3. Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado)

Este entorno se encuentra desarrollado e incorporado en la placa Arduino uno, teniendo en cuenta que se trabaja con lenguaje C y C++ utilizando reglas especiales de estructuración de código de tal manera que no afecte el desarrollo.

Como expresa ERGO SUM (2020) citado por Pérez P (2020)

“El software Arduino IDE es un editor de texto y compilador para programar y transferir el contenido de las instrucciones a la placa de Arduino en el lenguaje de programación “JAVA”” (pág. 12).

Dentro del sistema este entorno es útil y necesario ya que aquí se ha ido escribiendo línea por línea las instrucciones del hardware, es decir, que debe ejecutar cada uno de los dispositivos conectados a la placa arduino de tal manera que se generen los datos correspondiente en base a las instrucciones programadas.

2.2.1.4. Monitor serie

El monitor serie es una ventana que se encuentra contenida en el menú del entorno de programación Arduino.

Es una ventana emergente separada que actúa como un terminal independiente y juega un papel vital para enviar y recibir los datos seriales. El monitor serial realmente ayudará a depurar los bocetos escritos donde puede obtener una idea de cómo está funcionando su programa (Fezari & Al Dahoud, 2018, pág. 5).

En el proyecto el monitor serial es la conexión entre el Arduino uno y el ordenador, esta ventana permite observar cómo se van capturando los datos conforme se va ejecutando el código, a su vez poder corregir y depurar en caso de ser necesario; de tal manera que todos los componentes del hardware cumplan sus funciones y muestren los datos captados por los mimos.

2.2.1.5. Protoboard

El protoboard es un tablero que permite la conexión de diferentes componentes electrónicos para la construcción de circuitos y creación de prototipos.

El protoboard no es más que una placa que utilizaremos para construir circuitos electrónicos. A simple vista, se trata de un panel lleno de agujeros, en el que podremos conectar los cables y componentes electrónicos, por ejemplo, condensadores y diodos emisores de luz (Peña, 2020, pág. 39).

Es uno de los elementos principales dentro del desarrollo del sistema embebido ya que es la placa donde se ubican las conexiones entre los elementos de los cuales está compuesto el circuito del hardware, aquí se encuentran los sensores y componentes que lo conforman de tal manera que trabajen como uno sólo permitiendo el paso de información que será lo que alimente la base de datos del sistema.

2.2.1.6. Componentes electrónicos

Los componentes electrónicos forman parte de un circuito, se suele englobar en materiales ya sean estos de cerámica, de metal, o de plástico y que terminan en dos o más terminales “Los componentes eléctricos son aquellos que pueden formar parte de un circuito electrónico; por lo general se encuentran conectados mediante soldadura al circuito impreso” (Peña, 2017, pág. 21).

Los componentes electrónicos han sido diseñados para estar unidos entre ellos permitiendo la conexión entre el Arduino uno con todos los dispositivos requeridos en la elaboración del hardware, sin olvidar la conexión de las celdas que finalmente formaron un circuito donde todos estos componentes se encuentran conectados entre sí, dando como resultado el flujo de información el mismo que puede ser monitoreado a través del sistema web.

2.2.1.7. Sensor

Se puede definir un sensor como un objeto capaz de variar en presencia de magnitudes físicas o químicas; cabe señalar que una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica (sensor de humedad), una tensión eléctrica (termopar), una corriente eléctrica, entre otros.

Según Mendoza (2017) en su informe menciona:

Los sensores recopilan información acerca del mundo físico (temperatura, humedad, iluminación, etc.) y transmiten los datos recolectados a los controladores/actuadores que realizan acciones para cambiar el entorno. De esta manera se facilita la interacción remota y distribuida con el medio físico (pág. 1).

Para el desarrollo del hardware se utilizan diversos sensores como:

Los sensores de voltaje que como su nombre lo indica permite captar la variación del voltaje emitido por las CCM, mismo voltaje que indica cuándo y en qué momento la producción la energía a comenzado a descender dando paso a una revisión para verificar si alguno de los cables se encuentra desconectado o el periodo de vida de las baterías ha llegado a su fin.

El sensor de temperatura y humedad el cual es muy importante ya que las bacterias no sobreviven a altas temperaturas, factor que se debe tener en cuenta para que la producción de energía no se vea afectada y en caso de ser ese el motivo por el cual no se esté generando energía se debe de colocar nuevamente desechos para reactivar la producción de energía.

2.2.1.8. Sensor de Voltaje Fz0430

Este módulo permite medir tensiones de hasta 25V de una manera sencilla, por lo cual es uno de los sensores más importantes para la elaboración del sistema embebido.

Módulo sensor de voltaje DC, basado en el principio resistivo de divisor de tensión, logrando que el voltaje de salida sea hasta 5 veces más pequeño que el

de entrada, con un rango de tensión de entrada de DC 0-25 V, bajo la alimentación de 5V. Este módulo es fácil de utilizar con tarjetas controladoras como la placa Arduino (Taípe, 2018, pág. 22).

En el proyecto es uno de los sensores necesarios debido a que lo que se necesita extraer de las CCM es energía que va a ser cuantificada para conocer cuál es la cantidad que emite cada celda y a su vez conocer el valor global que emiten las cuatro celdas de forma conjunta, de tal forma que se encienda un componente, dispositivo o almacenarla.

2.2.1.9. Sensor de Temperatura y Humedad AM2302 o DTH22

El sensor AM2302 o DTH22 se encuentra ajustado con una precisión a la temperatura ambiente permitiendo monitorear la humedad y la temperatura de una forma precisa a un precio bajo.

Los autores Putri y Putri (2020) dentro de su informe explica:

El sensor DTH22 tiene un amplio rango de medición de temperatura y humedad, DTH22 es capaz de transmitir la señal de salida a través del cable hasta 2 metros por lo que es adecuado para colocarlo en cualquier lugar, pero si el cable mide más de 3 metros, un condensador de búfer de 0,33 μ F debe agregarse entre los pines 1 (VCC) y 4 (GND) (pág. 58).

El sensor de temperatura y humedad se encarga de mostrar los valores de los mismos de tal manera que el usuario tenga conocimiento de a qué temperatura se encuentran las celdas y ver si la producción de energía se ve afectada ya que a mayor temperatura estos microorganismos no sobreviven y de ser ese el caso debe ser reemplazado para que la producción de energía continúe.

2.2.1.10. Módulo NodeMCU Lúa Wifi Esp8266

El módulo Esp8266 es una placa que permite el desarrollo de proyectos tecnológicos la cual es fácil de programar ya que es muy parecido a Arduino.

Según Ouldzira, et al. (2019) en su informe:

NodeMCU también se llama chip Wi-Fi ESP8266. Esta tarjeta puede actuar en modo estación o punto de acceso. En el modo estación, desempeña el papel de

sensor inalámbrico, se conecta a la red Wi-Fi disponible. En el modo de punto de acceso, puede actuar como un punto de acceso para que otros dispositivos puedan conectarse a este módulo (pág. 1155).

Este tipo de tarjetas son similar a Arduino ya que se encuentran orientadas al Internet de las cosas, tiene integrado un procesador de 32bits con conectividad WiFi, su diseño está basado en la necesidad de estar siempre conectados a la red debido a ello su utilidad dentro del proyecto ya que los datos captados por las celdas son enviados a un servidor en la nube el mismo que se encarga de enviar dicha información a la base de datos del sistema donde pueden ser visualizados y monitoreados constantemente.

2.2.1.11. Tarjeta SD

Son memorias extraíbles destinadas al almacenamiento de información digital ya sean estos archivos, programas, entre otros.

“Las tarjetas SD permiten guardar información en dispositivos tecnológicos ya sean celulares, computadoras, Tablet, etc. Se clasifican según su tamaño, velocidad, capacidad de almacenamiento” (Alvarado & Deza, 2019, pág. 62).

La tarjeta o memoria SD es de gran utilidad dentro del sistema debido a su fácil portabilidad y su gran capacidad de almacenamiento por lo que dentro del proyecto se ha implementado una tarjeta de 2GB de memoria debido a que los archivos .csv no pesan mucho por esta razón se puede tener un backup de los datos capturados por las celdas, los mismos que sirven para controlar y generar reportes.

2.2.1.12. Módulo DS3231 RTC (Reloj de tiempo real)

Este módulo trabaja como un reloj en tiempo real, encargado de guardar la fecha y hora desde el momento en que se ajusta y luego de eso trabaja automáticamente.

“El reloj de tiempo real (RTC) es un dispositivo electrónico que permite obtener mediciones de tiempo en las unidades temporales que empleamos de forma

cotidiana. El módulo DS3231 permite llevar un registro detallado del transcurso del tiempo del microcontrolador” (Rayo, 2019, pág. 7).

Los datos se encuentran registrados con fecha y hora dentro del archivo .csv como respaldo del sistema y para futuras investigaciones, así se puede conocer con exactitud la variación del voltaje emitido por cada una de las celdas e incluso poder determinar cuándo han alcanzado valores máximos.

2.2.1.13. Componentes electrónicos diodo

Los diodos son componentes eléctricos que permiten el flujo de energía en un solo sentido.

El autor Martín (2017) explica que un diodo:

Es un semiconductor formado por la unión de material P y material N. A la zona P se la denomina **ánodo (a)** y a la zona N **cátodo (k)**. En el símbolo de diodo el ánodo se representa con una flecha que apunta a una línea vertical que, a su vez, representa el cátodo (pág. 79).

Los diodos en el proyecto se han utilizado para poder demostrar que es posible almacenar la energía que es emitida por las celdas, ya que el diodo permite el paso de la corriente en un solo sentido, es aquí donde el led encenderá.

2.2.1.14. Batería recargable

Las baterías recargables son un medio de almacenamiento de energía eléctrica, la cual como su nombre lo indica pueden ser recargadas, permitiendo una vida útil de mayor duración a diferencia de las pilas normales.

Desde el punto de vista de Linden y B. Reddy (1984) citado por Alcalá-Rodríguez, Gudiño-Lau, Charre-Ibarra, Ruíz-Vanoye y Fuentes-Penna (2018) “Una batería es un dispositivo capaz de acumular energía eléctrica a través de un proceso electroquímico y se pueden clasificar de acuerdo a su campo de aplicación, considerando el proceso de fabricación o las características de carga” (pág. 1).

Hoy en día existen muchas baterías recargables, la cuales permiten ser reutilizadas y evitar el gasto innecesario de comprar pilas, las cuales tienen un tiempo de vida útil; dentro del proyecto la batería es el medio donde se almacenará la energía que producen las celdas, de tal manera que ya no solamente sea necesaria recargar con energía eléctrica sino que pueda ser cargada con energía renovable generada por celdas de combustible microbianas que trabajen a base de desechos ayudando así a reducir el consumo de energía eléctrica.

2.2.2 Software

El software está conformado por un grupo de programas indispensables para su funcionamiento y cuyo objetivo es facilitarle el uso del ordenador a los usuarios.

La conceptualización que existen sobre industria 4.0 es reciente, sin embargo, ha sido definida como una maquinaria física y dispositivos con sensores y software que trabajan en red y permiten predecir, controlar y planear mejor los negocios y los resultados organizacionales (Ynzunza-Cortés, Izar-Landeta, Bocarando-Chacón, Aguilar-Pereyra, & Larios-Osorio, 2017, pág. 34).

La industria 4.0, también llamada industria inteligente surge como la adopción de nuevas tecnologías para dar paso a la automatización, es decir, una empresa deja de llevar de forma manual sus procesos adquiriendo un software que le permita realizar los mismos, pero de una forma más eficiente, aprovechando al máximo los recursos, optimizando los procesos, brindando una mayor seguridad y reduciendo el tiempo de producción para obtener mejores resultados.

2.2.2.1. Tecnologías libres

Se determina tecnologías libres al software o hardware que no requieren de autorización o licencia para su uso. “Tecnologías Libres es un término utilizado usualmente para referirse a las tecnologías como el software libre, el hardware abierto y los contenidos libres. Son tecnologías que se desarrollan bajo el modelo de innovación abierta” (Cuartas, 2017, pág. 30).

Estas tecnologías han sido creadas para aportar conocimiento y posee un valor económico nulo, permitiendo el acceso a cualquier usuario sin restricción alguna, igualmente dentro del desarrollo del proyecto son necesarios varios softwares libres como MySQL, Visual Studio Code, Xampp, entre otros.

Los softwares antes mencionados ayudan en el desarrollo de la página web donde se visualizan los datos generados por las CCM y a su vez generar reportes donde se aprecia las variaciones de voltaje en determinados periodos de tiempo; en cuanto al dispositivo hardware a través de diferentes sensores se ha captado la electricidad producida por las celdas de combustible microbianas.

2.2.2.2. Software Libre

Es todo software que permita estudiar el código fuentes, así también su modificación y el poder usarlo con libertad con cualquier fin. “Se entiende por tecnologías libres al software de código abierto, los estándares abiertos, los contenidos libres y el hardware libre” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2016, pág. 30) Se entiende por software libre o de código abierto aquel cuyo titular avala al usuario el acceso al código fuente permitiéndole su uso bajo cualquier propósito a manera de hacer modificaciones tales como: copiar, distribuir, modificar y mejorar para su conveniencia, redistribuirlo o generar copias de sus modificaciones y enviarlos a terceros.

Se han utilizado varias herramientas de código abierto para la creación del software de monitoreo de tiempo real para que los usuarios puedan registrarse, visualizar los datos en tiempo real, ver en las estadísticas las variaciones de voltaje obtenidas en diferentes tiempos, llevar control de los usuarios en el sistema y generar reportes, lo que ha permitido ampliar este proyecto con fines académicos.

2.2.2.3. Lenguaje de programación

Los lenguajes de programación son un grupo instrucciones mediante las cuales un humano interactúa con el ordenador.

Huilcarema (2019) menciona:

Estándar de referencia de software que enlaza en la elaboración de páginas web en sus distintas versiones, describe una estructura básica y un código (llamado código HTML) para la definición de contenido de una página web, como texto, imágenes, videos, juegos, etc (pág. 17).

Para la creación y desarrollo del sistema web del proyecto se ha trabajado con el lenguaje HTML programando de forma precisa la estructura que tiene el software, los datos que deben estar incluidos y los que son almacenados, las acciones que se pueden ejecutar, las operaciones a efectuar y los datos que se deben visualizar; de esta manera se obtuvo como resultado un sistema consistente.

2.2.2.4. Lenguaje PHP HyperText Preprocessor

Es uno de los lenguajes de programación utilizado para el desarrollo web, agrega dinamismo a la página ya que trabaja de la mano del lenguaje HTML. “PHP es un acrónimo recursivo para “PHP: HyperText Preprocessor”, originalmente Personal Home Page, es un lenguaje intérprete libre, usado originalmente solamente en el lado del servidor, capaces de generar contenido dinámico en la World Wide Web” (Arias, 2017, pág. 13).

El desarrollo del sistema web ayuda a la optimización del código para procesar los datos con el propósito de implementar procedimientos simples, eficientes, ágiles sin arriesgar la calidad y seguridad del mismo, además de un entorno agradable a la vista del usuario permitiendo que sea intuitivo y sin complicaciones al momento de que los usuarios lo manipulen.

2.2.2.5. Gestor de Base de datos

Un gestor de base de datos es una aplicación cuyo propósito es permitirle al usuario crear, definir y brindar soporte a las bases de datos.

Para Santana, Muñoz, O'Farril, Martínez y Martínez (2017) las bases de datos es:

Un conjunto de datos almacenados en memoria externa que están organizados mediante una estructura de datos” a los que se puede acceder de forma rápida y su diseño responde a la necesidad de “satisfacer los requisitos de información de una empresa u otro tipo de organización”, y esta herramienta es precisamente la seleccionada para dar respuesta a la problemática del presente estudio (pág. 91).

La base de datos del sistema web se encuentra desarrollada en MySQL el cual al ser un repositorio digital permite un acceso rápido al sistema y una fácil administración, además de ser una forma simple y ordenada de estructurar los datos que son almacenados en tablas relacionales para posteriormente ser visualizados mediante consultas a la base, llevando un mejor control y poder realizar seguimientos de las actividades que se realizan en el sistema.

2.2.2.6. Gestor de base de datos MySQL (Structured Query Language)

Este sistema gestor de base de datos en sus inicios solo se dedicaba a las aplicaciones de gama baja sean estas personales o profesionales, hoy en día es una de las bases de datos más conocidas y utilizadas por diferentes portales, redes sociales debido a que puede manejar gran densidad de tráfico y que su nivel de rendimiento ha alcanzado un nivel alto a diferencia de otros gestores “MySQL es el sistema de gestión de base de datos Open Source más popular del mundo y es conocido por su rendimiento y fiabilidad” (Combaudon, 2018, pág. 17).

Dentro del proyecto se ha trabajado con MySQL como la base de datos relacional del software, siendo así el repositorio donde se encuentran almacenados todos los datos que capta el hardware, los mismos que se pueden visualizar a través del

sistema mediante gráficas estadísticas y que luego son almacenados para poder realizar descargas o consultas sobre los datos que el usuario requiera.

2.2.2.7. Monitoreo en tiempo real

Un sistema en tiempo real permite a los usuarios que funcione correctamente debido a la reacción de eventos externos que lo produzcan y que devuelva un resultado en el tiempo en el que se produce.

Según el autor Siadén-Paiva (2017) en su estudio menciona:

Los sistemas de monitoreo en tiempo real son elementos esenciales en el funcionamiento no sólo de la mayoría de los procesos industriales, sino además de gran parte de las tareas rutinarias en nuestra sociedad. A pesar de ellos, tanto dichas tareas como estos sistemas, son desconocidos por gran parte de los ciudadanos (pág. 41).

El monitoreo en tiempo real del sistema sirve para llevar un control de las respuestas que genera el hardware del proyecto ya que funciona como una alerta, el cual permite tomar acciones inmediatas cuando las CCM dejen de generar valores, ya sea, porque algún cable ha sido desconectado o porque los microorganismos que se encuentran dentro han muerto y hay que reemplazarlos.

Además, se muestra la temperatura y humedad en la que se encuentran las celdas; todos esos valores obtenidos están almacenados en la base de datos del sistema y se encuentran guardados en la tarjeta SD como respaldo para futuras investigaciones.

2.2.3 Celdas de Combustible Microbianas (CCM)

Las CCM son dispositivos electroquímicos, su funcionamiento consiste en la producción de electricidad mediante el uso de químicos como el hidrógeno y oxígeno donde el hidrógeno actúa como elemento combustible y el oxígeno es obtenido del ambiente “Una celda de combustible microbiana es un dispositivo que tiene como finalidad la obtención de energía eléctrica a través de microorganismos

que convierten la energía química encontrada en un sustrato, en energía eléctrica” (Góngora, Ochoa, Sosa, & Vásquez, 2017, pág. 2).

Las celdas de combustibles son el medio en el cual se han almacenado los desechos que son ricos en microorganismos y que a través de su actividad metabólica y su proliferación dan como resultado energía eléctrica creando un medio alterno para el consumo de esta energía y a su vez aprovechando otros recursos que no han sido explotados.

2.2.3.1. Elementos de las celdas

Se establece que los elementos fundamentales que componen las celdas son los ánodos y cátodos.

Como afirma Das (2018) citador por Peralta (2018):

Una CCM está constituida por componentes básicos como el ánodo, el cátodo, el separador (membrana) y los circuitos externos. De acuerdo a su aplicación, se han desarrollado diferentes configuraciones de las CCMs. Sin embargo, su principio básico se mantiene igual (pág. 35).

En el proyecto las celdas de combustible microbiana fabricadas son de una cámara ya que los estudios han demostrado que genera mayor cantidad de energía, en la cual se han implementado sensores que ayudan en la medición de voltaje, temperatura y humedad con un mayor grado de precisión (Ver Anexo 11).

2.2.3.2. Microorganismos

Los microorganismos cumplen un rol importante y sin ellos muchas cosas no serían posible, debido a su amplia diversidad y distribución en el planeta son objeto de estudio para la producción eficiente de algún compuesto, mecanismo de adaptación e interacción en el medio ambiente.

De acuerdo con Benerjee y Ghoshal (2017) citado por Saavedra (2019): “Los microorganismos son capaces de tolerar varios tóxicos. Compuestos orgánicos por medio de diferentes tipos de mecanismos adaptativos que incluyen cambios en la

grasa y la composición ácida de los lípidos de la membrana” (Saavedra, 2019, pág. 447).

Por lo cual dentro del proyecto estos microorganismos son necesarios para la producción de energía, ya que gracias a su actividad metabólica generan pequeñas corrientes eléctricas que conectadas en paralelo y a mayor escala o fabricación de celdas éstas pueden generar una mayor cantidad de energía, sabiendo de que los microorganismos se encuentran presentes en el lodo y aguas residuales, de esta manera se aprovechan esos recursos, creando energía renovable.

2.2.3.3. *Geobacter*

Las *Geobacter* son conocidas por ser una familia de bacterias que contribuyen a la producción de energía debido a que metaboliza la materia orgánica.

Como lo señala Lovley y Walker (2019) en su estudio:

Las especies de *Geobacter* juegan un papel importante en el ciclo global del carbono porque a menudo son los microorganismos reductores de Fe (III) más abundantes en suelos y sedimentos en los que la reducción de Fe (III) es un importante aceptor de electrones terminales para la oxidación de la materia orgánica (pág. 2).

Dentro de este proyecto se ha obtenido la electricidad que estas generan a través de un método simple como fue la fabricación de celdas de combustible microbianas en las cuales se almacena la electricidad y utilizando una malla de acero inoxidable se capta esa energía eléctrica que permite encender un dispositivo.

2.2.3.4. *Geobacter Sulfurreducens*

Esta bacteria causa mucho interés debido a su gran potencial para producir energía eléctrica a través de la reducción y ser de gran ayuda en la biorremediación.

Heidary, et al. (2020) menciona: “*Geobacter sulfurreducens* es un prototipo electrogénico bacteria cuyas biopelículas exhiben las densidades de corriente más altas en electrodos hasta la fecha con usos en MFC” (pág. 5194).

Dentro del proyecto la *Sulfurreducens* es una de las bacterias que se encuentra contenida dentro de las celdas, la misma que pertenece a la familia *Geobacter* y que no es la única que puede sobrevivir dentro de las celdas de combustible microbianas ya que son capaces de generar energía por lo que se alimenta de ácidos y mediante un proceso de descomposición da como resultado la bioelectricidad de tal manera que se contribuye a la creación de energía renovable mostrándole a las personas un método diferente para la obtención de la misma.

2.2.3.5. Biotecnología

La biotecnología es aquella que utiliza microorganismos vivos y que a través de diferentes procesos crea productos o procesos con funcionalidades específicas “La biotecnología es la utilización tecnológica de sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados, para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos” (Oliart-Ros, Manresa-Presas, & Sanchez-Otero, 2016, pág. 81).

Este proyecto ha planteado como base la creación de un prototipo de celdas de combustible microbianas que trabajen a base de organismos vivos para generar pequeñas corrientes eléctricas obteniendo como resultado energía renovable, cuya finalidad es mostrar los datos captados por los sensores a través del sistema web, donde se puede apreciar las variaciones de voltajes conforme se van generando.

2.2.3.6. Biotecnología industrial

También conocida como biotecnología blanca es aplicada para sustituir todas aquellas tecnologías que producen contaminación por tecnologías limpias. “La biotecnología industrial (biotecnología blanca), es la producción sustentable de químicos, materiales y combustibles a partir de fuentes renovables, usando células vivas o sus enzimas como catalizadores industriales” (Oliart-Ros, Manresa-Presas, & Sanchez-Otero, 2016, pág. 81).

Este proyecto cuenta con la creación de un hardware que al ser ejecutado a mayor escala puede producir el voltaje de energía necesario para poder cargar una batería, convirtiendo así los desechos en una fuente de energía inagotable además de reducir la contaminación ambiental y mostrando a las personas que existen otros medios de donde extraer energía.

2.2.3.7. Bioelectricidad

La bioelectricidad son aquellos flujos eléctricos que emiten los cuerpos de los seres vivos en diferentes cantidades y contribuyan a la producción de energía.

Para el autor Coppo (2019).“En Términos físicos, la electricidad es una forma interconvertible de energía cuya conducción se concibe como un flujo de electrones viajando de átomo en átomo a favor de gradiente, desde zonas “negativas” (exceso de electrones) hacia zonas “positivas” (déficit de electrones)” (pág. 43).

Hoy en día uno de los desafíos más grandes que tiene el ser humano es buscar nuevas fuentes de energía renovable, es por ello que este proyecto ha planteado la creación de CCM que a partir de ellas y gracias a los microorganismos obtenidos a través de la mezcla de lodo y aguas residuales se genere una alternativa diferente para la producción y obtención de energía eléctrica, creando así una ventaja y a la vez realizar tratamiento de aguas residuales.

2.2.3.8. Gestión de residuos sólidos

Los desechos sólidos son aquellos producidos por las acciones humanas debido a su producción y consumo, los mismos que siendo tratados de la forma correcta contribuyen en la producción de energía.

Según datos proporcionados por el Proyecto Regional para la Evaluación de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe se estimó que la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios (RSD) en América Latina y el Caribe (ALC) alcanza 0,63 kg/hab/día, mientras que la de residuos sólidos urbanos (RSU) asciende a 0,93 kg/hab/día. Los indicadores per cápita obtenidos para la región implican una generación urbana diaria

aproximadamente de 295.000 ton de RSD y 436.000 de RSU (Sanmartín, Zhigue, & Alaña, 2017, pág. 37).

Se puede determinar que en América Latina existe un gran índice de contaminación en el cual se pueden aprovechar los recursos (sólidos, líquidos, entre otros.) dentro del proyecto se ha trabajado a base de desechos, los cuales son arrojados diariamente y de tal manera estos sirvieron para generar energía limpia que pueda ser incorporada de manera directa a un ciclo de producción y consumo.

2.2.3.9. Desechos sólidos

Estos desechos son los residuos que producen los seres humanos en su diario vivir los mismos que se encuentran en estado sólido difíciles de biodegradarse. “Cualquier materia sólida que es descargada, depositada, enterrada, diluida o vertida al medio ambiente, en cantidades tales que puede producir alteraciones a la calidad ambiental y a la salud humana, se le llama comúnmente basura” (Eguizábal, 2017, pág. 1).

Los desechos son descomposiciones orgánicas e inorgánicas producidas por las actividades humanas las mismas que poseen un grado de contaminación al ambiente, el sistema embebido trabaja a base de desechos como lodo y agua residual de una industria camaronera (agua sin ser tratada) las cuales han sido mezcladas y colocadas dentro de las celdas para que las bacterias puedan cumplir su proceso metabólico y así obtener la energía generada por ellas.

2.2.3.10. Aguas residuales

Son todas aquellas aguas sean estas domésticas, de alcantarillado, lluvias, entre otras, que cuando se juntan afectan negativamente e influyen en la contaminación del ecosistema al no ser tratadas.

Astonitas (2018) dentro de su investigación menciona: “Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos

transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales junto con los residuos de las industrias y actividades agrícolas” (pág. 16).

Dentro del proyecto las aguas residuales cumplieron un papel fundamental a causa de que contienen microorganismos que a través de su actividad metabólica generan pequeñas corrientes eléctricas, las mismas que son captadas y extraídas por medio de sensores de voltaje convirtiéndose así en energía renovable la cual será reutilizada posteriormente.

2.2.3.11. Carbón activado

El carbón activado hoy se encuentra presente en muchas áreas de la vida cotidiana y gracias a su porosidad lo hace un material adecuado para la proliferación de bacterias.

Vidal, Rodríguez, Martínez, Ocampo y Barrios (2018) dentro de su informe explica: “El carbón activado (AC) es un material carbonoso que se caracteriza por que tiene un área de superficie interna, porosidad altamente desarrollada, estabilidad química y varios grupos funcionales que contienen oxígeno en su estructura” (pág. 411).

El carbón activado es muy versátil por su tamaño, poder de absorción y distribución de sus poros debido a su estructura carbonosa por ello dentro del proyecto el carbón activado granulado se encuentra adherido a la malla de acero inoxidable, permitiendo que las bacterias aniden y proliferen dentro de los poros del carbón para que así la malla funcione como un medio conductor de la energía que estas producen.

2.3 Marco legal

El marco legal que sustenta este trabajo está relacionado con el desarrollo de sistemas para la producción de energía renovable; a continuación, se detallan las bases legales que respaldan el proyecto.

2.3.1 Código Orgánico de Economía Social del Conocimiento e Innovación

Existen grandes cantidades de desechos que no han sido tratadas y que buscando la forma correcta de hacerlo pueden ayudar en la producción de energía para que personas que no tienen acceso a ella encuentren una forma alterna de producirla a través de materiales que no tienen costos tan elevados, demostrándoles que esa área no ha sido del todo explotada y espera por ellos.

Título II: De La Innovación Social

Capítulo I: Definición, Componentes Y Características

Artículo 74.- Innovación Social. - Es el proceso creativo y colaborativo mediante el cual se introduce un nuevo o significativamente mejorado bien, servicio o proceso con valor agregado, que modifica e incorpora nuevos comportamientos sociales para la resolución de problemas, la aceleración de las capacidades individuales o colectivas, satisfacción de necesidades de la sociedad y el efectivo ejercicio de derechos. Está orientada a generar impactos sociales, económicos, culturales y tecnológicos que fomenten el buen vivir (Asamblea Nacional del Ecuador, 2016, pág. 20).

Se cita en esta sección el artículo 74 del Código Orgánico de Economía Social del conocimiento e Innovación para relacionarlo con el valor agregado en los procesos de innovación social orientados al beneficio positivo de los resultados de investigaciones, ideas creativas o técnicas, con el fin de instaurar y desplegar emprendimientos innovadores.

2.3.2 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida

La sociedad debe estar dispuesta al desarrollo de nuevos proyectos en favor de ellos mismos, buscando la forma de crear nuevos productos que transformen a la sociedad, trabajando con fuentes que no han sido explotadas para así ayudar a

reducir el impacto ambiental y crear conciencia de responsabilidad frente a los recursos no renovables.

La importancia del enfoque territorial en el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo

Las posibilidades de transformación estructural, con miras a incrementar la productividad y la generación de valor agregado nacional, requieren de una distribución justa de los medios de producción (tierra, agua, capital, conocimiento), un mejoramiento de los servicios de apoyo a la producción y el fomento a sistemas de innovación (ciudades inteligentes, clústeres productivos, zonas especiales de desarrollo económico) que generen condiciones favorables para la inversión pública y privada, y la economía popular y solidaria. Este tipo de iniciativas debe considerar las características territoriales de su implantación, impacto relativo y vinculación social, generando complementariedad y sinergia, vinculando el espacio urbano con el rural (Consejo Nacional de Planificación (CNP), 2017, pág. 38).

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo se cita la sección de la importancia del enfoque territorial en el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo para relacionarse con la fomentación de sistemas innovadores destinado a sectores de desarrollo con un impacto coherente y respectivo a la sociedad.

2.3.3 Derechos de Propiedad Intelectual

Esta normativa protege los derechos del autor sobre sus creaciones ya que se reconoce que su esfuerzo, dedicación, trabajo y destrezas humanas son dignas de un reconocimiento.

Libro I

Título I: De los Derechos de Autor y Derechos Conexos

Capítulo I: Del Derecho de Autor

Sección I: Preceptos Generales

Art. 6. El derecho de autor es independiente, compatible y acumulable con:

- a) La propiedad y otros derechos que tengan por objeto la cosa material a la que esté incorporada la obra;
- b) Los derechos de propiedad industrial que pueden existir sobre la obra; y,
- c) Los otros derechos de propiedad intelectual reconocidos por la ley.

Art. 7. Para los efectos de este Título los términos señalados a continuación tendrán los siguientes significados:

Programa de ordenador (software): Toda secuencia de instrucciones o indicaciones destinadas a ser utilizadas, directa o indirectamente, en un dispositivo de lectura automatizada, ordenador, o aparato electrónico o similar con capacidad de procesar información, para la realización de una función o tarea, u obtención de un resultado determinado, cualquiera que fuere su forma

de expresión o fijación. El programa de ordenador comprende también la documentación preparatoria, planes y diseños, la documentación técnica, y los manuales de uso (Servicio Nacional de Derechos Intelectuales, 2015, pág. 5).

En la sección de los Derechos de Autor y Derechos Conexos corresponde al reconocimiento y garantía de los derechos de los autores y los derechos de los demás titulares sobre sus trabajos, con el objetivo de promover, respaldar, resguardar y preservar los derechos intelectuales siendo reconocidos ante la ley.

2.3.4 Reglamento General del Instituto de Investigación de la Universidad Agraria del Ecuador

Para el desarrollo de proyectos institucionales cada Facultad tiene su propio programa de investigaciones en el cual es asignado un docente que ayude en la ejecución de las investigaciones.

El Estatuto Codificado de la Universidad Agraria del Ecuador en el CAPITULO XI, INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN en el artículo 63, Indica que existirá un Instituto de Investigación que elaborará el plan y programas de investigaciones a llevarse en la Institución, que contribuirá en la formación científica de profesionales y estudiantes; y propenderá al desarrollo de la capacidad productiva y tecnológica. Podrá coordinar las investigaciones con cada Facultad. El campo de acción abarcará el reconocimiento, prefactibilidad, factibilidad, formulación, diseño y ejecución de proyectos; brindará asesoría y asistencia en las áreas de investigación, programas de capacitación; orientará la tarea investigativa a través de la docencia y creará una cultura de investigación en la institución (Universidad Agraria del Ecuador, 2019, pág. 3).

Este artículo permite la creación de proyectos de investigación con base en las líneas establecidas por la institución, la misma que brinda capacitación tanto a los alumnos como a los docentes en las áreas de su especialidad, lo cual permite que el proyecto planteado cumpla con los requerimientos del usuario y se encuentre funcionando en el área designada.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación que se utilizó en esta propuesta tecnológica se encuentra detallada de acuerdo con la siguiente clasificación:

3.1.1 Tipo de investigación

A continuación, se explica cómo los tipos de investigaciones han sido aplicadas en la búsqueda de información para cumplir con los objetivos de esta propuesta tecnológica.

3.1.1.1. Investigación aplicada a objetivos tecnológicos

La investigación aplicada a objetos se basa en la recopilación de todo tipo de información relevante para el desarrollo del proyecto. Quintanilla (2017) sostiene que “La investigación aplicada se considera, por definición, orientada a objetivos específicos, pero esto puede ser objetivos de interés estrictamente científicos y objetivos de interés tecnológico” (pág. 129).

Esta investigación se vale del conocimiento obtenido durante la búsqueda de información, para luego aplicarla en el desarrollo de nuevas experiencias prácticas como la fabricación de nuevos materiales, productos, dispositivos o de mejorar aquellos bienes ya elaborados.

De acuerdo con Quintanilla (2017) “El objetivo de la investigación aplicada es utilizar el método científico para incrementar el conocimiento de las propiedades y el comportamiento de sistemas concretos de posible interés práctico” (pág. 129).

Por lo cual se implementó esta investigación basándola en la búsqueda de información que desarrolla nuevos conocimientos, se buscaron temas relacionados a esta propuesta en artículos científicos, tesis, trabajos de investigación, donde se muestren con que sistemas han trabajado, compararlos, ver sus fallas, mostrar sus

debilidades y aplicarlos dentro de la propuesta de tal manera que ayuda al cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto dando como resultado un nuevo producto en el cual se note las mejoras sustanciales.

3.1.1.2. Investigación documental

La investigación documental se basa en el estudio de información sobre un determinado tema y análisis del mismo a partir de recursos como libros, trabajos de investigación, documentales, entre otros.

Como menciona el autor corporativo El pensante (2016) citado por Romero y Quinde (2021) la investigación documental es:

Conjunto de operaciones y procedimientos en donde un profesional entra en contacto con el contenido intelectual de un documento, a fin de analizarlo y producir un segundo documento, en el cual de forma precisa sea expuesto el contenido del original. De esta forma, todo investigador que se acerque a consultar el material contenido en una biblioteca o archivo podrá consultar de forma rápida, con los materiales generados por el Análisis Documental (pág. 57).

Mediante el uso de esta técnica se recopilaron datos e información la cual no solo se obtuvo de textos, artículos científicos, sino información de los laboratorios de la carrera de ambiental proporcionados a través del Ing. Carlos Banchón, estos datos permitieron en la fase inicial descubrir hechos, problemas sobre un tema determinado con la finalidad de obtener información que pueda ser base para el desarrollo de esta propuesta.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es un diseño no experimental. Según Fraticelli, González, Uribe, Moreno y Orengo (2018) en su revista menciona: “El diseño no experimental se realiza sin manipulación deliberada de las variables. Ello se logra a través de la observación de los fenómenos, tal y como ocurren en su contexto natural para que después sean analizados” (pág. 101).

El diseño no experimental se basa en sucesos, variables, comunidades, conceptos o contextos que facilitan al investigador el poder tener una intervención directa, aquí se aplicó una ficha de observación donde se van anotando todas aquellas situaciones existentes y que han sido provocadas, permitiendo así corregirlas y no cometer los mismos errores dentro de la propuesta e incluso mejorar estas situaciones dadas, generando un software funcional.

3.2 Metodología

3.2.1 Modelo de prototipos evolutivos

El modelo de prototipo es una técnica y herramienta como objetos, artefactos y dibujos con el objetivo de ofrecerle al cliente la oportunidad de invertir y construir prototipos descomponiendo problemas grandes de tal forma que se puedan evaluar y atender de mejor manera ayudando a acercarse a la solución, para lo cual no debe ser necesario un objeto, sino que también puede ser cualquier cosa con la que los usuarios puedan interactuar.

Como lo menciona el autor corporativo EcuRed (2017) citado por Calderón (2017)

Los prototipos son un método de validación ampliamente utilizado en muchas disciplinas, y en todos los casos, los principios son los mismos: el prototipado consiste en la creación de un maqueta o versión del producto final, los objetivos de los prototipos varían en función de la disciplina. En el caso de as actividad de requisitos, los prototipos se utilizan, fundamentalmente, para comprobar la corrección y completitud de la especificación de requisitos (págs. 27-28).

Dentro de la propuesta que se implementa se utiliza como metodología de desarrollo de software, por lo general la creación de prototipos se realiza para poder comunicar al cliente que es lo que se está realizando debido a que las personas se interesan más cuando se concentran en un objeto, con la creación de prototipos también se evita cometer errores demasiados costosos además de evaluar diferentes alternativas y así evitar comprometerse en una sola idea.

Las fases que comprende el método prototipo evolutivo son:

3.2.1.1. Fase de investigación preliminar

En esta fase fue necesario determinar el ámbito del problema, cuál era la importancia, cuáles son sus efectos sobre determinada empresa, así como también identificar cual es la solución general que permitiera determinar la viabilidad de la solución planteada.

Se seleccionaron diversos artículos y tesis que guardaban relación directa con el tema del proyecto, en los cuales se encontró información relevante sobre el uso de celdas de combustible microbianas y herramientas web, con las que se han desarrollado sistemas de monitoreo, lo cual permitió tener una visión más amplia y ordenada para desarrollar el proyecto.

Para determinar la importancia y demostrar la viabilidad del proyecto planteado, se tomó como referencia la tesis denominada “Generación de bioelectricidad en celdas de combustible microbianas con depuración simultánea de agua residual industrial alimenticia” en donde se llevó a cabo la construcción de celdas de combustible microbianas de una cámara y dos cámaras, en la cual se determinó que las celdas de una cámara generan mayor cantidad de energía ya que las celdas de dos cámaras en forma de H utilizan una pequeña membrana que separa ambas cámaras lo cual presenta una alta resistencia por la distancia entre los dos electrodos dando como resultado baja energía.

Durante la búsqueda de información se entrevistó al Ing. Banchón con quien se habló sobre el uso de las celdas de combustible microbiana y la importancia de usar desechos líquidos y sólidos como un método alternativo para la producción de energía renovable, cabe mencionar que el Ing. Banchón estuvo al frente de la investigación ya antes mencionada.

Con base en la investigación realizada se llevó a cabo la construcción del modelo de celda para lo cual se usaron envases de 250ml para comprobar y evidenciar la energía que producían; se realizaron varias pruebas con lodos de diferentes lugares como por ejemplo de la Cdla. Miraflores, Av. Barcelona y Cdla. Kennedy para escoger el óptimo, agua residual y agua de industria camaronera, durante un periodo de tiempo se determinó que la mezcla que contenía el lodo de la Cdla. Miraflores presentaban voltajes más elevados a diferencia de los otros lugares, ver Anexo 8.

Por otro lado, se aplicaron fichas de observación donde se pudo observar que para conocer el voltaje que emitían las celdas este era realizado de forma manual con un multímetro y evidenciado en una libreta dónde se llevaba el control de las celdas.

También se aplicó una encuesta a los estudiantes de la carrera de Ingeniería ambiental, con lo cual se pudo determinar que requerían de un sistema web que le permitiera conocer los voltajes que emitían las celdas incluso cuando no se encontraran en la universidad, para poder llevar registros organizados.

Se escogió la metodología de prototipos evolutivos con la que se está trabajando porque permite mostrarle a cliente como se va desarrollando el proyecto además de hacer pruebas e irlo mejorando hasta obtener un producto funcional y con oportunidad de ser ampliado en el futuro.

Para dar una completa solución a esta investigación se planteó la creación de un sistema web que permitiera monitorear el voltaje emitido por las celdas, es decir dejar de llevar registros manuales para comenzar a monitorearlos por la web y que a su vez esos datos captados se almacenen en una tarjeta SD como backup para futuras investigaciones.

En esta fase se generó una validación de diversas variables que permitieron comprobar el funcionamiento de las celdas en una primera etapa, como variable independiente se usó las Celdas de combustible Microbianas y Tipo de desecho: Lodo de la cdla. Miraflores, Aguas residuales y Agua de industria camaronera.

Como variable dependiente se tomó en cuenta la variación del Voltaje conjuntamente con los datos almacenados en el sistema.

Con estos datos se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para la comprobación de la normalidad de los datos.

En dicha prueba se implementa la siguiente formula:

$$w = \frac{D^2}{nS^2}$$

W: es el tamaño de la muestra

D: es la suma de las diferencias corregidas

S²: es la varianza muestral

3.2.1.2. Fase de diseño técnico

La fase de diseño técnico comprende dos etapas: la primera que corresponde a la documentación del diseño, descripción de la estructura que posee el software y las interfaces del usuario con sus funcionalidades; la segunda parte corresponde a la documentación de todo lo que el usuario ha requerido para la realización de algún futuro mantenimiento en el software.

Hardware

Para la construcción de las celdas fue necesario cuatro envases de 1000ml, malla y cable de acero inoxidable, goma líquida, carbón activado, cable bicolor; la malla de acero fue recubierta con carbón activado que gracias a su porosidad las bacterias se anidan y proliferan; también se empleó una prensa cuya función era compactar la malla recubierta para luego colocarlos dentro de los envases y por

último se agregó la mezcla de lodo con agua residual y agua de industria camaronera misma que anteriormente se ha mencionada debido a los resultados obtenidos, ver Anexo 8.

Para la elaboración del circuito se empleó una Placa Arduino Uno, dos protoboard, jumpers (hembra-macho y macho-macho), cable bicolor, sensores de voltaje Fz0430, sensor de temperatura y humedad AM2302 – DHT22, tarjeta NodeMCU Esp8266, modulo SD y tarjeta SD de 2GB en la cual se guardan todos los datos captados por los sensores, todos estos elementos son de gran utilidad al momento de captar los datos, mismos que son enviados a un servidor y reflejados en el sistema web, ver Anexo 9.

Cabe mencionar que los cables están adheridos a la malla para que la energía sea extraída por ese medio y para ello fue necesario sensores de voltaje Fz0430 que capten la energía emitida por las celdas, además de ello un sensor de temperatura y humedad AM2302 para controlar el ambiente debido a que las bacterias utilizadas sobreviven a temperaturas de entre 22-30°C, pero si la temperatura está por debajo de los 10°C o pasa los 36°C estas no sobreviven.

Para elaborar la caja la cual contiene todos los elementos del circuito incluyendo las celdas se emplearon elementos como: láminas de acrílico, goma acrílica, un bosquejo con el diseño y medidas exactas para la construcción de la misma. El uso de esta caja es importante porque evita la manipulación errónea de las celdas, ya que al encontrarse dentro de la caja ayudará a evitar el movimiento brusco y que se derrame el contenido de esta, misma que puede observarse en el Anexo 9.

Software

En esta fase de la metodología se diseñaron diversos diagramas que permiten validar la interacción del usuario con los módulos del sistema embebido, los mismos que se detallan a continuación y pueden ser visualizados en el Anexo 7

- **Diagrama de caso de uso:**

Este diagrama permite observar los procesos del sistema a desarrollarse, los cuales son: Registro de docente, registro de usuario, monitoreo en tiempo real, estadística de las celdas y descarga de datos; permitiendo al programador 3tener un orden para la creación del sistema web, además de permitirle al usuario o a cualquiera persona entender cuáles son los procesos importantes y los privilegios que posee cada usuario (Coordinador, Docente, Alumno) dentro del proyecto (Ver figura 56).

- **Diagrama de caso de uso de texto:**

Aquí se describe el diagrama de caso de uso de manera que los usuarios sepan las actividades que deben realizar cada uno de ellos y los pasos a seguir para ingresar correctamente o incluso registrar otros usuarios al sistema.

- **Diagramas de actividades:**

Este diagrama ayudó a representar gráficamente y de manera simple cada una de las actividades a realizarse internamente dentro del sistema y como se comunican entre sí cada módulo del mismo, desde el momento en que se inicia sesión, como se muestran los gráficos estadísticos, que datos permite visualizar, hasta la descarga de datos del sistema, de manera tal que el resultado de esas actividades es el cumplimiento y correcto funcionamiento del proceso (Ver figura 57-62).

- **Diagrama de carril:**

Como su nombre lo indica posee carriles o filas donde se ubican cada uno de los involucrados, en este caso los usuarios que manejan el sistema (Coordinador, docentes y alumnos), tomando como referencia el diagrama de actividad para ir situando cada paso en la fila que le corresponda al usuario, de esta forma se especifica claramente cuáles son los deberes y responsabilidades de los usuarios, delimitando quién hace qué dentro de un proceso (Ver figura 63-68).

- **Diagrama entidad-relación:**

Es la estructura del sistema, este diagrama se ha usado para representar las tablas con sus campos respectivos, las claves primarias, las claves foráneas y como se relacionan entre sí de manera interna en el sistema.

Este diagrama ha permitido diseñar la estructura de la base de datos, además de depurarla, eliminar redundancias, dejando así solo las tablas necesarias que posteriormente son desarrolladas en MySQL (Ver figura 69-70).

- **Diagrama paquete de análisis:**

Aquí los procesos se han descompuesto en pequeños paquetes para tener una visión mucho más clara del sistema, organizándolos por categorías como diseño, construcción, elementos del sistema e ir viendo la relación y dependencia que tienen entre ellos, esto ha ayudado a tener un orden de prioridades en cuanto al desarrollo del sistema e ir resolviendo cada problema de manera independiente (Ver figura 71).

- **Diagrama de flujo de datos:**

Con este tipo de diagrama se representaron de forma clara y precisa los procesos de Registro de docente, registro de usuario, monitoreo en tiempo real, estadística de las celdas y descarga de datos, observando el paso de la

información, lo que debe realizarse y las funciones que debe ejecutar el sistema (Ver figura 72-78).

Esto sirvió para conocer cómo el hardware capta los datos, los envía al sistema, procesa la información y luego los muestra mediante gráficas estadísticas y reportes.

- **Diagrama de secuencia:**

Este diagrama gracias a su estructura muestra la interacción de cómo y en qué orden los usuarios u objetos funcionan entre sí de manera conjunta, aquí se explica la interacción que existe entre ellos y cómo funciona el intercambio de mensajes para poder ejecutar una actividad o un proceso de manera cronológica hasta que se dé la culminación de los mismos (Ver figura 79-81).

- **Jerarquía de control:**

Este diagrama ayuda en la construcción de los módulos del programa, es decir a la representación gráfica de la organización de cada módulo existente en el programa, aquí hablamos del diseño de las interfaces, donde van a estar ubicados los módulos, si tendrán menú desplegable, cuál será el ancho que tiene cada menú, cuáles son los módulos que podrá controlar cada usuario, como estarán conectados entre sí y que tipo de información muestra cada uno (Ver figura 83).

Para el desarrollo del software fue necesario realizar este mapa de jerarquía poder definir cuáles son los módulos necesarios para el sistema entre ellos tenemos el Módulo de acceso, módulo de monitoreo, módulo estadístico, módulo de descarga de datos, módulo de registro y módulo de mantenimiento.

- **Diccionario de datos:**

Permite conocer las tablas del sistema y saber el significado de los campos que se han creado, el nombre de la tabla, la fecha de creación, el nombre y tamaño de

los campos, además del tipo de datos que usan y una descripción sobre la utilidad del campo (Ver tabla 6-30).

- **Arquitectura del sistema:**

Aquí se ha representado la arquitectura cliente-servidor de 3 capas con la que trabaja el sistema ya que el hardware y software creados guardan una relación directa, teniendo como complementos el sistema web, la base de datos y el servidor, lo cual permite al usuario ver los datos captados por las celdas de combustible microbianas, además de su temperatura y humedad en tiempo real.

- **Capa 1 – Presentación:** La funcionalidad de esta capa es enviar las acciones que realiza el cliente a la capa 3 para que este procese la información solicitada, aquí es donde el usuario va a interactuar directamente con el sistema y donde podrá ver la información que requiera.
- **Capa 2 – Middleware:** Es la capa de acceso de datos quien es el medio conductor entre los datos, la aplicación y los usuarios, es donde se encuentra la base de datos encargada de almacenar los datos captados por los sensores que están conectados a las celdas y devolverlos a la capa 3 para ser procesados y presentados por la capa 1.
- **Capa 3 – Hardware:** Al ser la capa de negocio esta se encarga de recibir todas las peticiones realizadas por el usuario, procesarlas y responder conforme se reciba cada petición. Esta capa permite la comunicación entre la capa 1 y 2, la capa 1 es la encargada de recibir todas las solicitudes y mostrar los resultados de las mismas, mientras que la capa 2 se encarga de gestionar los datos que almacena, se puede apreciar el modelo de la arquitectura (Ver figura 82).

3.2.1.3. Fase de desarrollo y pruebas

- **Fase de desarrollo**

En esta fase se realizó la codificación tanto del hardware como del software en las diferentes plataformas planteadas, logrando cumplir con la meta que era la comunicación y envío de los datos al servidor para que puedan ser visualizados a través del sistema web.

Hardware

Una vez seleccionado el modelo celda y la mezcla de desecho óptima se pudo demostrar que las celdas producían entre 100 y 150 milivoltios, de ahí se llevó a mayor escala el modelo en envases de 1000ml produciendo así entre 850 y 900 milivoltios por celda, siendo este el diseño con el cual se ha construido el proyecto, ver Anexo 9.

Para el desarrollo del circuito fueron necesarios:

- **Sensor de voltaje FZ0430:** Este sensor de voltaje se encuentra conectado a las celdas para captar la energía que producen.
- **Sensor de temperatura y humedad AM2301 – DTH22:** Se encuentra ubicado internamente en la caja contenedora, este permite saber la temperatura y humedad en el que se encuentran las celdas, de tal manera que mediante el sistema se pueda determinar si las bacterias producen más energía cuando se entran a bajas o a altas temperatura.
- **Módulo NodeMCU Lúa Wifi Esp8266:** Es el encargado de enviar los datos captados por las celdas al servidor web de tal manera que la información recolectada sea cuantificada y mostrada en tiempo real.
- **Tarjeta SD socket:** Este módulo permite el ingreso de memorias SD y

tarjetas micro SD para el almacenamiento de la información recolectada por el hardware.

- **Tarjeta SD – 2GB:** La función de esta tarjeta es ser un backup de los datos que son captados diariamente, teniendo en cuenta que los mimos deben ser extraídos cada que se realicen pruebas con diferentes desechos.

Para la programación del hardware se puede apreciar en el Anexo 10 que se usaron diferentes librerías y gracias a ellas se logró el paso de información del módulo NodeMCU al servidor web, las librerías que se utilizaron son:

- **#include <Wire.h>:** Permite la comunicación I2C entre la placa Arduino uno y el componente DS3231 RTC ya que es un protocolo de comunicación serial y conexiones físicas entre dispositivos.
- **#include <RTCLib.h>:** Librería necesaria para el módulo RTC ya que sin ella no funcionaría y por consiguiente la fecha y hora no se almacena en la tarjeta SD.
- **#include <DHT.h>:** Esta librería permite la comunicación y uso del sensor AM2302 DHT22.
- **#define DHTPIN 5:** Se define el pin por cual se comunica el sensor con la placa para recibir instrucciones y enviar de datos.
- **#define DHTTYPE DHT22:** Aquí se define el tipo de sensor que se está utilizando ya que existen diferentes modelos y las propiedades que poseen son diferentes.
- **#include <SD.h>:** Librería para el uso del módulo SD card que es un socket o adaptador de tarjeta de memorias.
- **#include <SPI.h>:** Significa Interfaz de Periféricos Seriales, es de las

librerías más importantes dentro del proyecto ya que se encarga de establecer comunicación rápidamente entre uno o todos los dispositivos que se están utilizando.

- **#include <SoftwareSerial.h>:** La placa Arduino tiene un soporte de comunicación en serie entre los pines 0 y 1, al momento de activar esta librería lo que se hizo fue replicar ese soporte de software a los demás pines digitales permitiendo así que todos trabajen a una misma velocidad y que se siga comunicando aun cuando se encuentre procesando otras tareas.
- **#include <WiFiClient.h>:** Aquí se crea un cliente wifi que permite la conexión a una dirección IP de internet, además de tener un puerto específico por donde se podrá conectar con el navegador web.
- **#include <ESP8266WiFi.h>:** Con esta librería se utilizaron todas las funciones relacionadas con conexiones WiFi.

Software

Para el desarrollo del sistema web se ha utilizado diferentes tipos de lenguajes de programación, entre los que tenemos:

- **JavaScript - jQuery.js:** Esta librería trabaja de la mano con jQuery ya que permite simplificar la forma en la que desarrolla la aplicación web.
- **Morris.js:** se ha utilizado para creación de los gráficos estadísticos, se ha aplicado para mostrar los datos en las celdas permitiendo elegir qué tipo de dato se desea observar.
- **Highcharts.js:** Framework utilizado para la creación de gráficos como las imágenes del menú principal, la galería del menú información y la gráfica estadística del menú celdas.

- **CSS:** Esta herramienta se aplicó para darle estilo a la página web, crear el diseño e incluso poder mejorarlo con el tiempo si de cambios se trata, además que gracias a este tipo de estilo se puede estructurar y organizar la información para que se vea ordenado.
- **DTHML (HTML):** Permite una mejor interacción entre la página web y el usuario, que el diseño sea responsivo para este pueda adaptarse a cualquier dispositivo electrónico.
- **MySQL:** Es el gestor de base de datos que contiene la estructura de la página web, aquí la información se encuentra contenida en tablas, de tal manera que todo esté estructurado.

Para el desarrollo del sistema se empezó con el diseño de las interfaces, de forma que se tenga en cuenta los datos que debe mostrar el sistema y cuáles serán las solicitudes que el usuario va a realizar para que el sistema devuelva las respuestas. Luego se desarrolló cada uno de los módulos del sistema, los cuales son:

- **Módulo Home:** Este módulo da la bienvenida al usuario, contiene información de lo que son las celdas de combustible microbiana y un grupo de fotos para su referencia.
- **Módulo Información:** Aquí se muestra el objetivo general del proyecto, cómo está construido el sistema y cómo funciona de manera conjunta el hardware y el software, incluyendo una galería de fotos de la construcción del proyecto.
- **Módulo Celdas:** Este módulo muestra en tiempo real el voltaje captado por las celdas, mismo que tiene 3 minutos de espera para mostrar los datos que envía el hardware.

Para obtener los datos del sistema estos se pueden descargar por día, mes o año, se selecciona la fecha que se desea y automáticamente se muestra la gráfica estadística con las mediciones captadas durante ese periodo de tiempo, para descargar la gráfica que se muestra debe ir a la esquina superior derecha y encontrará diferentes formatos de imagen en los que puede descargarla y en la parte inferior se selecciona la fecha y se descarga un archivo .csv con todos los datos registrados por el sistema.

- **Módulo cerrar sesión:** Este módulo es para salir del programa cuando el usuario así lo desee.
- **Sección - Celdas 1, 2, 3 y 4:** Estos módulos muestran en tiempo real la variación de energía por cada una de las celdas, así también su temperatura y humedad además de poder descargar la gráfica y los datos para llevar un registro ordenado de los mismos.
- **Sección - Registro de docente:** Esta sección corresponde al Coordinador, es aquí donde se encuentra registrados los docentes de las asignaturas de Microbiología y Aguas residuales, ya que el sistema es desarrollado tanto para ellos como para los estudiantes que puedan realizar pruebas con desechos de todo tipo y comprobar si generan energía.
- **Sección - Registro de alumno:** Esta sección corresponde al Docente, aquí existen dos métodos para que un docente pueda registrar un alumno a su materia.
 1. Registro Individual de alumno, en caso de que un alumno se inscriba a la materia días después el podrá registrarlo a través de esta sección.
 2. Registrar lista de alumnos, aquí el docente podrá subir el listado de

alumnos y automáticamente se cargarán al sistema y a la asignatura que el da, además de generarles un usuario y contraseña para que puedan ingresar al sistema, pero antes deberán cambiar la contraseña obligatoriamente ya que la contraseña asignada es general para todos los estudiantes.

- **Configuración:** Esta sección corresponde al Coordinador, aquí se encuentran todas las configuraciones del sistema como: el tema del sistema, actualizar títulos y contenidos de los módulos del Home e Información, registrara materias, actualizar créditos, cambiar las fotos de las galerías, entre otros.

- **Fase de pruebas**

Para conseguir el modelo actual de las celdas se realizaron pruebas con diferentes modelos de celdas en envases de 250ml y 500ml, a su vez también se realizaron varias mezclas con lodo de diferentes lugares, agua residual y agua de la industria camaronera, con la finalidad de evidenciar que celda producía mayor voltaje con base en su contenido, ver Anexo 8.

Una vez determinado el modelo de celda y su contenido se conectaron a los sensores para verificar si estos emitían energía y para ello se realizaban toma de muestras con multímetro y llevando un registro manual para ver como variaba la energía que se obtenía.

Más tarde cuando ya se diseñó y estaba construido el circuito de las celdas se comenzaron a enviar los datos al sistema para poder monitorearlos, en esta parte ya funcionaba los modulo Celda y Celdas 1, 2, 3 y 4, aquí se podía observar que la información se esté subiendo y que en ocasiones los datos no eran los correctos ni se mostraban en las variables asignadas, para ello se tuvo que revisar la programación del sistema y corregir esos errores que presentaba.

Cuando ya el sistema estuvo más estable y los datos que enviaba el hardware se presentaban de manera correcta se colocó todo el circuito y las celdas en la caja contendora para monitorearlas, esta fase de prueba ayudó a corregir errores mínimos en cuanto a la presentación de los datos, registro de estudiantes en el sistema y corroborar que los datos mostrados estaban siendo almacenados y respaldados correctamente.

Mediante la aplicación del software WEKA se realizó el análisis estadístico para medir la normalidad de los datos, en el cual se evaluaron 276 datos inicialmente estos pertenecían a los cuatros celdas, en los cuales se notó que generaban valores incoherentes debido a que los datos eran valores reales y no reales en las muestras que tomaba el sistema y por la tanto la información no era consistente, estos pueden verse en el Anexo 10.

Para resolver esto al cabo de dos semanas se realizó un nuevo análisis con 725 nuevos datos de pruebas donde se observó un resultado más estable y exacto de los datos ya que estos valores fueron monitoreados durante las dos semanas para poder realizar el análisis con valores reales que alcanza el sistema.

Todos los datos obtenidos se pueden visualizar mediante graficas de barra donde se pudo observar las variaciones de voltaje que se presentaban en las celdas, también se aplicó el algoritmo SimpleKMean donde se escogió trabajar con 3 clústeres para determinar la normalidad de los datos, los mismos que fueron separados y una vez ejecutado el algoritmo se presentaron valores aleatorios los cuales serán utilizados para calcular el centroide de cada clúster y donde se muestra la media de cada uno de sus atributos, ver Anexo 10.

3.2.1.4. Fase de operación y mantenimiento

Una vez realizada la revisión con el usuario final y obtener los resultados de las pruebas de usabilidad se procedió a llevar a cabo la instalación del hardware y software en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental, de tal manera que la comunidad estudiantil pueda comenzar a trabajar y realizar pruebas con el prototipo.

3.2.2 Recolección de datos

3.2.2.2 Recursos

Se especifica recursos humanos y otros recursos, a nivel de hardware y software.

- **Recursos Humanos:** Los recursos necesarios para llevar a cabo esta propuesta son: estudiantes y tutor los mismos que se encargan de cumplir con los lineamientos y objetivos establecidos para lograr el resultado esperado en el tiempo fijado que se encuentra detallado en Anexo 1.
- **Recursos de Hardware:** Para realizar la propuesta fue necesario usar varios componentes de hardware que ayudaron al funcionamiento del sistema cumpliendo con los objetivos establecidos, además se utilizaron otros recursos para fabricar las celdas que contienen el material orgánico para obtener el resultado esperado que se encuentra detallado en Anexo 1.
- **Recursos de Software:** Se utilizaron herramientas de software libre que pueden ejecutarse desde cualquier dispositivo, los mismos que se encuentran en Anexo 1.
- **Recursos Varios:** Dentro del proyecto se utilizaron otros recursos varios que se necesitaron durante el desarrollo de la tesis los mismos que se encuentran detallados en Anexo 1.

- **Costos totales de los recursos:** Aquí se muestra el costo total del proyecto en base a los recursos con los que se ha trabajado y han sido detallados anteriormente, Anexo 1.

3.2.2.3 *Métodos*

Los métodos planteados para este proyecto son:

- **Método deductivo**

El método se basa en la extracción de información sustentada cuya veracidad dependerá de cuan validas son las bases a las que se hace referencia.

Urrutia, et al. (2019) menciona:

Es un proceso analítico sistemático que presenta conceptos, definiciones, leyes o normas generales, de las cuales se extraen conclusiones o se examina casos particulares sobre la base de afirmación generales ya presentadas. En otras palabras, es aquel que va de lo general a lo particular (pág. 4).

A partir de un análisis del tratamiento de las aguas residuales se realizó el diseño de celdas de combustibles microbianas que permitan contener los desechos para luego comprobar el nivel de voltaje que se genera y almacenarlo para su posterior uso.

- **Método descriptivo**

Este método se utiliza para describir los metodos aplicados en la investigación permitiendo analizar los datos recopilados dentro del proyecto.

Piñero y Perozo (2020) explican:

“El análisis con método estadístico descriptivo es un procedimiento sobre la información observable de un determinado aspecto de interés y un procedimiento establecido busca confirmar que los datos generales sean uniformes y comparables de una observación a otra” (pág. 21).

El método descriptivo mediante las CCM (Celdas de combustible Microbianas) como medio de almacenamiento permitieron describir cada uno de los datos

necesarios y conocer qué cantidad de energía se está generando durante un periodo de tiempo determinado y posteriormente almacenarlos en baterías como fuente de energía renovable.

3.2.2.4 Técnicas

Las técnicas que se plantean utilizar en la recolección de datos son:

- **Entrevista**

La entrevista es una conversación entre dos personas con el objetivo de una de ellas consiga información sobre un determinado tema en particular.

La entrevista es un texto periodístico en el que un periodista hace una serie de preguntas a una persona para que se den a conocer sus ideas y pensamientos sobre un determinado tema. Normalmente, la persona entrevistada es de cierta relevancia y posee información de calidad sobre el asunto tratado (Redondo, 2017, pág. 81).

La entrevista se realizó al Ing. Carlos Banchón coordinador de la carrera de Ingeniería Ambiental, la cual consta de 10 preguntas abiertas con el objetivo de obtener información de cómo se llevaban a cabo los procesos actualmente para proponer un sistema que automatice esos procesos, la cual permite contar con información relevante que será utilizada para obtener los resultados esperados (Ver Anexo 2).

Esta entrevista se aplicó en la fase de investigación preliminar y ayudó a validar los requerimientos funcionales del sistema y del hardware construido.

- **Ficha de observación**

La ficha de observación es una herramienta que permite recolectar datos sobre un objeto específico.

“En esta técnica quien observa puede ser el propio analista o alguien más que haya sido entrenada para examinar a los demás, frecuentemente se entregan formularios donde se colocan las actividades y el observador indica la frecuencia con la que se realizan” (Burgos & Toala, 2019, pág. 17).

Estas fichas son utilizadas por profesionales para recolectar información acerca de un tema específico, los datos se obtienen a través de la observación y luego detallando de forma precisa los requerimientos y procesos necesarios (Ver Anexo 3).

- **Encuesta**

Una encuesta es una herramienta que ayuda a recoger información ya sea cualitativa o cuantitativa aplicada a una población determinada.

Como expresa Díaz de Rada (Díaz15) citado por González (2018) menciona que la encuesta es:

Una búsqueda sistemática de información en el que el investigador pregunta a los investigados sobre datos que se desea obtener, posteriormente se reúnen estos datos individuales, para analizarlos de forma agregada, estas preguntas se realizan en orden a las mismas personas (pág. 50).

La encuesta es una técnica de recolección de datos que se realiza mediante un cuestionario dirigido a una muestra representativa de personas sin modificar el entorno donde se recolecta la información, la misma que ayuda a obtener información valiosa para poder analizarla a través de métodos cuantitativos y así obtener resultados que ayuden a la toma de decisiones.

Según Solíz (2019) explica: “Denomina población, universo o colectivo al conjunto infinito o finito de objetos, ideas o acontecimientos, pero muy grande de datos que corresponden a una misma característica o combinación de características” (pág. 42).

Se determina que la población es el conjunto de personas a las cuales va dirigido un proyecto o investigación las mismas que pueden ser finitas o infinitas.

La muestra es una parte o subconjunto de la población la cual fue seleccionada mediante fórmula para con ellos medir el grado de aceptación que tendrá un proyecto o investigación, el tamaño mínimo que se debe tener en cuenta para

seleccionar una muestra es del 30% del valor de la población en caso de ser 100 para tener 30 encuestados que es lo mínimo recomendado.

Para determinar el grado de aceptación y los requerimientos por parte de los estudiantes de las asignaturas de microbiología y tratamiento de aguas residuales se empleó una encuesta utilizando la herramienta escala de medición de Likert, la funcionalidad de esta escala es proporcionar varias opciones de respuesta a una misma pregunta para conocer las necesidades del encuestado, la misma que se puede apreciar (Ver Anexo 4).

Dentro de la carrera de Ingeniería Ambiental se ha tomado como universo a los estudiantes de las asignaturas de microbiología y tratamiento de aguas residuales que están compuestas actualmente de 100 personas divididas en dos paralelos la muestra fue determinada luego de despejar la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot \sigma \cdot N}{(e)^2(N - 1) + Z^2 \cdot \sigma^2}$$

n = N° de unidades a determinarse.

σ^2 = varianza de la población (0.5)

N = universo o población total

Z^2 = valor obtenido mediante niveles de confianza o nivel de significancia con el que se va a realizar el tratamiento de las estimaciones. Es un valor constante que si se lo toma en relación al 95% equivale a 1.96 $N-1$ = Es una corrección que se usa para muestras grandes mayores de 30

e^2 = limite aceptable de error maestro, que generalmente varía entre 0.01 y 0.09.

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,5^2 \cdot 100}{(0,05)^2(100 - 1) + 1,96^2 \cdot 0,5^2} = 80$$

- **Prueba de Usabilidad**

La usabilidad es un atributo en el que los diseñadores de software se basan al momento de aplicar la prueba de usabilidad a un software, sitio web o un producto digital.

“La usabilidad en las páginas web permite que los trabajos a realizar nos brinden diferentes técnicas de apoyo para así realizar tareas de forma sencilla y eficaz en un entorno gráfico relacionado con un sitio web” (Rosero, 2016, pág. 12).

La prueba de usabilidad se aplicó al culminar el proyecto, para conocer si el sistema web era fácil de utilizar por los usuarios que lo han manipulado, este diseño permite que el usuario tenga una mejor experiencia al momento de interactuar con el sistema y la satisfacción que el usuario se lleva sobre el sistema desarrollado (Ver Anexo 5 y 6).

3.2.3 Análisis estadístico

En esta propuesta se utiliza la entrevista, ficha de observación, encuestas y encuesta de observación como técnica de recolección de datos. Estas técnicas de recolección de información y estrategia son utilizadas en procesos de investigación en el cual se realiza una serie de preguntas a una o varias personas para obtener información.

Las técnicas de recolección de datos aplicadas dentro de este proyecto se muestran a continuación:

- **Entrevista**

La entrevista ayudó a obtener información de cómo se estaban llevando los procesos actualmente para proponer un sistema que automatice dichos procesos y ayude a resolver incógnitas de temas específicos de las asignaturas de Tratamiento de agua residual y Microbiología.

El análisis completo de la entrevista, ver Anexo 2.

- **Ficha de observación**

Se aplicaron fichas de observación con el objetivo de obtener información de cómo se están llevando los procesos actualmente para proponer un sistema que automatice esos procesos y entender de qué manera se mide la energía a través de las celdas, cual es el medio de almacenamiento de los desechos, en donde se almacena la energía y como se verá reflejado, entre otros puntos que son de relevancia para el desarrollo del prototipo.

- 1. Ficha de observación aplicada en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Ambiental**

Mediante la ficha de observación se pudo determinar que el diseño de las celdas eran envases plásticos los cuales contenían una malla de acero inoxidable el cual servía como medio conductor de energía producida por las bacterias y carbón activado como medio de proliferación de las bacterias, a su vez ellos realizaban las mediciones con la ayuda de un multímetro en el cual se podía observar la energía que producían las celdas y estas se registraban en una agenda, (Ver Anexo 3).

- 2. Ficha de observación dirigida al encargado de los laboratorios en la carrera de Ingeniería Ambiental**

Con la visita a los laboratorios se pudo determinar que para la producción de energía se usa microorganismos aislados en combinación con agua residual y lodo del estero salado los mismos que deben estar a una temperatura de 22-30°C para que sea posible la producción de energía ya que si se encuentran a una temperatura mayor esto no sería posible porque las bacterias pueden morir, (Ver Anexo 3).

- **Encuesta**

Se aplicó una encuesta la cual consistía es un cuestionario de preguntas, que se le realizó a los estudiantes de las asignaturas de Microbiología y Aguas residuales cuyo proceso lo llevaban de forma manual, con la encuesta se pudo determinar que las celdas requerían ser instrumentadas además de la creación de un sistema que permita monitorear el voltaje de las celdas en tiempo real y el poder ingresar al sistema dentro y fuera de la universidad, esto contribuyó a tener una idea más clara de lo que los usuarios necesitaban ver en el sistema como por ejemplo: visualizar el voltaje en tiempo real de todas las celdas, el voltaje independiente de cada celda, visualizar la temperatura y la humedad en la que se encontraban, llevar un control y descargar los datos de las mismas para realizar informes y a su vez tener un respaldo de los datos.

El análisis completo de la encuesta, ver Anexo 4.

- **Normalidad de datos**

Se aplicó el software WEKA que mediante el algoritmo SimpleKMean se analizaron 725 datos, los mismos que son captados diariamente por el sistema para controlar la variación del voltaje, aquí se pudo observar el comportamiento de los datos que mediante graficas estadísticas de barras se observó la variación que presentaban las celdas, cuál era la tendencia de los datos y su comportamiento frente a la variación.

Para conocer como variaban y se agrupaban los datos se trabajó con 3 clúster, donde los datos se agrupaban en 0 los que eran más altos, en 1 los datos medianos o medio bajos y en 2 los datos más bajos, esto ayudó a visualizar cual es el clúster con el rango que mayor cantidad de datos se captan durante el día, aquí también se pudo visualizar cual es el rango de datos que mayor número de veces se repite

teniendo en cuenta que esos datos son la muestra de los voltajes con mayor frecuencia además se obtuvo que el 46% de los datos corresponden a voltajes mayores o iguales a 128, el 12% a voltajes menores o iguales a 34 y 41% a voltajes no mayores o iguales a 114, que como antes se menciona se puede ver como se agrupan los datos y que voltajes están más presentes.

El análisis del software WEKA se encuentra en el Anexo 10.

- **Prueba de usabilidad**

La prueba de usabilidad es un cuestionario con múltiples preguntas que se aplicó con el objetivo de recibir una retroalimentación del sistema creado, en el mismo se ha podido evaluar el grado de satisfacción y el criterio respecto a las funcionalidades e interfaz del sistema web que se ha desarrollado (Ver Anexo 5 y 6).

4. Resultados

4.1 Fabricación de celdas de combustible microbianas instrumentadas para el almacenamiento de aguas residuales

Para llegar a determinar el modelo de las celdas con las que se iba a trabajar se crearon varios modelos para así poder determinar la más óptima, ver Anexo 8.

Además, se realizaron varios tipos de mezclas con lodo de la Cdla. Miraflores, Av. Barcelona y Cdla. Kennedy, agua residual y agua de industria camaronera, para escoger el óptimo se puso a prueba cada mezcla y se determinó que la mezcla que contenía el lodo de la Cdla. Miraflores presentaban voltajes más elevados a diferencia de los otros lugares, se encuentra evidenciado en el Anexo 8.

Se fabricaron cuatro celdas de una cámara las cuales fueron construidas utilizando envases plásticos con un volumen de 1000ml, como electrodos se escogió trabajar con una malla de acero inoxidable recubierta de carbón activado granular previamente triturado, el cultivo bacteriano es decir la mezcla de desechos fue agregado en cantidades iguales dentro de cada celda (425 gramos de lodo, 300ml de agua de la industria camaronera y 200ml de aguas residual) para luego aplicar a cada envase un tratamiento diferente por cinco días, para ello se ha utilizado NPK y se trabajó con una dosis total de 25 gotas equivalentes a 1.25ml teniendo en cuenta que fue colocado en cantidades diferentes a cada una; el tratamiento Testigo (Celda 1) no contiene ninguna dosis de npk, para el tratamiento 1 (celda 2) se aplicó la dosis completa de npk que es de 25 gts equivalente a 1.25ml en el primer día, el tratamiento 2 (celda 3) comprende la misma dosis de npk dividida en dos partes, la primera que fue aplicada en el primer día con una dosis de 15 gts equivalentes a 0.75ml y al cuarto día 10 gts equivalente a 0.50ml, por último el tratamiento 3 (celda 4) al cual se le aplicó una dosis diaria de 5 gts

equivalente a 0.25ml por los cinco días, este tratamiento se ha aplicado para comparar si las celdas generan un mismo nivel de energía.

A las celdas se les conectaron los sensores de voltaje para poder extraer la energía y llevar un registro de la variación de voltaje que se iba obteniendo diariamente. Como resultado de la producción de bioelectricidad se alcanzaron niveles de voltaje máximo de entre 850 hasta 900 Milivoltios en cada una de las celdas.

4.2 Construcción del hardware implementado en las celdas de combustible microbianas

Para la construcción del circuito del hardware las celdas con los sensores de voltaje se conectaron a la placa Arduino, se conectó un módulo NodeMCU el cual permite la transmisión de los datos recolectados al servidor web y estos son presentados por pantalla a través del sistema web.

También, se agregó una tarjeta SD en el cual se guarda a modo de respaldo toda la información enviada al sistema y esto es un factor importante ya que el sistema está diseñado a modo que los datos deben guardarse en la tarjeta SD primero y luego enviar los datos al servidor, sino se guardan los datos estos no podrán visualizarse en el sistema y para ellos es necesario que el usuario revise la tarjeta SD y verifique si no se encuentra llena o el sistema presente algún inconveniente.

El sensor de temperatura y humedad se encuentra dentro de la caja contendora del circuito el cual permite conocer a que temperatura se encuentran la caja ya que las bacterias contenidas en la mezcla de desechos sobreviven a temperaturas de entre 22-30°C, pero si la temperatura está por debajo de los 10°C o pasa los 36°C estas no sobreviven, ver Anexo 9.

4.3 Desarrollo del software para monitoreo de voltaje generado en las celdas de combustible microbianas

Se realizó la implementación del sistema embebido para la producción de energía, la automatización de sus procesos el monitoreo y control del mismo; aquí se integró el hardware y el software para que trabajen en conjunto, de esta manera los usuarios (Coordinador, Docente y Alumnos) puedan llevar a un control más adecuado de los voltajes que emiten las celdas teniendo todos esos valores como respaldo en el sistema.

El sistema web el cual consta con los módulos de: acceso, descarga de datos, estadístico y monitoreo en tiempo real; los usuarios deben registrarse para poder monitorear el sistema y así llevar un registro de las actividades, dentro de la página web es posible ver mediante gráficas estadísticas el nivel de voltaje producido por las celdas e inclusive poder descargar mediante archivos .CSV datos estadísticos ya sea por días, semanas o por cada una de las celdas, también cuenta con monitoreo en tiempo real mismo que puede ser visto desde cualquier navegador y en el cual se muestran los datos actualizados constantemente gracias a los lenguajes de programación utilizados, ver Anexo 11.

Para un manejo adecuado del sistema o en caso de presentar algún inconveniente en la manipulación del mismo, puede verificar el manual de usuario y seguir las instrucciones para poder realizar el proceso de la forma adecuada, ver Anexo 11.

Para llevar a cabo la aplicación de la prueba de usabilidad se tomó como referencia a la Norma ISO/IEC 9126 para medir la calidad del software y la Heurística de Nielsen, que cuenta con diez principios que permite recopilar información por partes de los usuarios para demostrar la usabilidad del software.

Una vez aplicada la prueba de usabilidad tanto a los docentes y estudiantes, se obtuvieron resultados favorables en cuanto a la evaluación del sistema, demostrando así que la página web y el hardware desarrollado cumplen con los requerimientos del usuario final, tanto en diseño, organización, ejecución de procesos, sincronía entre las gráficas del sistema y la información que brinda, entre otros aspectos, el análisis completo de las pruebas de usabilidad aplicadas se pueden encontrar en el (Anexo 5 y 6).

También se recibió una retroalimentación y recomendaciones por parte de los docentes evaluadores entre las cuales ellos mencionaron que hubiera sido buena profundizar sobre el uso de los desechos que se manejaron para este proyecto, haber realizado un análisis sobre los desechos con los que se trabajaron y que tipo de bacterias se encontraban contenidas, también mencionaron la importancia de vincular a la comunidad académica para que el proyecto tenga una continuidad en su desarrollo e incluso el poder escalar el reactor para poder obtener una mayor producción de energía, las imágenes de la demostración y presentación del sistema pueden apreciarse en el (Anexo 12).

5. Discusión

En la propuesta realizada en la Universidad Agraria del Ecuador por la Ingeniera Catherine Peralta se fabricaron celdas de una y de dos cámaras, las celdas de una cámara incluyen ánodo y cátodo eliminando así la necesidad de una cámara catódica que a diferencia de las celdas de dos cámaras si la requiere; sin embargo, se recomienda que la distancia entre ánodo y cátodo sea corta debido a que mejora el rendimiento ya que aumenta la densidad de la potencia.

Este trabajo tiene relación con la propuesta desarrollada ya que busca captar los datos de una forma más precisa con la finalidad de almacenar la energía en un componente para su posterior uso. A su vez se mejoró el diseño tanto de las celdas como del esquema de programación y transmisión de datos de esta manera permite a los usuarios visualizar los datos de las celdas de manera más estética a través de un sistema web, evitando así el monitoreo constante de las celdas.

En la ciudad de Bogotá se realizó la implantación de un sistema a escala laboratorio por Bermúdez María y Bernal Erika en el cual adaptaron un software que permitió monitorear variables relevantes dentro de la investigación las cuales almacenaron los datos captados por las celdas que mediante una programación adecuada pueden establecer control a las mismas.

Tomando como referencia el párrafo anterior podemos mencionar que en la propuesta planteada se desarrolló un sistema embebido que consta de dos niveles que son hardware y software el mismo que está constituido por cuatro celdas de 1000ml y sensores de voltaje, modulo SD y módulo NodeMCU los cuales permitían captar, almacenar y enviar los datos obtenidos de las celdas al sitio web.

Los autores Jiménez-Escamilla, Garibay-Orijel y Borja-Salin realizaron un modelo bioquímico para la estimación de una celda de combustible microbiana en

la ciudad de México en el cual agregaron glucosa en la cámara en el indican que después de un período de tiempo esta fue consumida en su totalidad por los microorganismos para luego dar como resultados una mayor producción de energía. Dentro del proyecto es importante conocer que hay componentes que ayudan a mejorar la producción de energía, teniendo en cuenta el párrafo anterior y después de realizar otras investigaciones se pudo determinar que el uso de NPK seria optimo en el desarrollo del proyecto ya que funciona como un estabilizador que proporciona nutrientes necesarios para que las bacterias proliferen y así produzcan una mayor cantidad de energía.

6. Conclusiones

Como conclusión se puede resaltar que en la fase de investigación preliminar la investigación aplicada permitió recabar datos específicos sobre los componentes y materiales a usarse en la presente propuesta.

Para implementar el sistema se utilizaron materiales ecológicos; por esta razón la fabricación de las celdas de combustible microbianas se las realizó con envases plásticos de 1000ml, maya y cable de acero inoxidable, carbón activado y goma; cabe mencionar que estas celdas fueron el instrumento para el almacenamiento de lodo y aguas residuales, los cuales tiene gran número de bacterias que producen energía y este factor fue primordial para el desarrollo del proyecto. Para verificar que este parámetro cumpla con las expectativas planteadas se realizaron cuatro tratamientos los cuales fueron planteados por 5 días en el cual se agregaba una dosis de 1.25 ml de NPK de diferentes maneras en cada celda, es importante mencionar que el npk cumple la función de estabilizador y alimento para las bacterias de los tratamientos planteados tres llevan la misma dosis pero su aplicación es diferente y es importante mencionar que tratamiento testigo que solo contiene el agua y lodo.

La ejecución de los tratamientos se la realizó de la siguiente manera al Tratamiento 1 se aplicó la dosis completa de NPK en el primer día; en Tratamiento 2 se agregó la misma dosis, pero en dos partes, el primer día se añadió 0,75ml de NPK y el cuarto día 0.50ml; y en el Tratamiento 3 se aplicó diariamente 0.25ml por los cinco días.

Estos tratamientos fueron planteados para determinar cuál es la manera óptima de agregar el NPK en las celdas para que esta produzca mayor cantidad de energía; como conclusión se pudo determinar que la manera correcta de aplicar el NPK es

la del tratamiento 1 debido a los valores promedio obtenidos durante los 5 días de la aplicación del tratamiento (Ver figura 117).

Del hardware utilizado para la medición del voltaje y temperatura del ambiente donde se encuentran las celdas de combustible microbianas se concluye que lo más importante es la placa de Arduino Uno, el módulo NodeMCU ESP8266, los sensores de voltaje Fz0430, el sensor de temperatura y humedad DTH 22, el Reloj DS3231 RTC y la tarjeta SD, todos los elementos mencionados se instalaron en una caja de acrílico, de tal manera que se encuentran protegidos, ubicados y conectados correctamente sin interferir entre ellos.

Cabe mencionar que el sistema web fue desarrollado con base en un diseño responsivo para facilitar el acceso del usuario desde cualquier dispositivo, concluyendo que para el desarrollo del mismo se aplicaron lenguajes de programación como PHP y JavaScript, CSS para estructurar y darle estilo a la página web, DHTML (HTML) para darle una mejor interacción con el usuario, además de emplear librerías como jQuery.js, Morris.js, Highcharts.js que permiten desarrollar gráficos y otros componentes dentro del sitio web, a su vez el sistema gestor de base de datos MySQL permite que la información sea almacenada cada vez que las celdas sufran algún tipo de variación en el voltaje, el cual está compuesto por los módulos de acceso, descarga de datos, estadístico y monitoreo en tiempo real.

Para finalizar la implementación, desarrollo y ejecución del sistema embebido sirve para que los estudiantes y docentes realicen experimentos con las celdas de combustible microbianas para que puedan llegar a conclusiones más rápidas en cuanto a la medición de voltaje, temperatura y humedad; además que los datos obtenidos pueden ser compartidos con otros investigadores.

7. Recomendaciones

Como recomendación se debe mantener la caja contendora de las celdas en un lugar estable con poca luz debido a que las bacterias se proliferan en este tipo de ambientes para mantener un voltaje estable; al momento de agregar los desechos se debe realizar adecuadamente para ello deben desconectar las celdas, vaciar o llenar con el contenido sin afectar las mallas y una vez cerrados los envases se vuelve a conectar respetando que el positivo se encuentra en la parte superior de la celda y el negativo está ubicado al costado de la misma.

Al momento de manipular el cajón donde se encuentra el circuito debe realizarlo con cuidado debido a que se puede desconectar o incluso arrancar tanto los cables del circuito como de las celdas al no ser correctamente manipulado para lo cual se recomienda no hacerlo, así como también no se recomienda manipular los sensores a menos que sea necesario, en caso de hacerlo verificar el circuito y conectarlos correctamente.

Se sugiere extraer los datos de la tarjeta SD cada vez que se agreguen nuevos desechos en las celdas o después de un mes de uso, cabe mencionar que al momento de retirar la tarjeta SD el sistema no funcionará porque no se están guardando los datos y por ende no serán enviados al sistema web.

Si el sistema presenta alguna inconsistencia verificar si se está realizando de manera incorrecta el procedimiento y de ser así consultar el manual de usuario para realizar la corrección pertinente.

Con base en los resultados obtenidos por las pruebas de usabilidad y las recomendaciones dadas por los docentes que evaluaron el sistema de la carrera de Ingeniería Ambiental, este trabajo marca un inicio para que futuros investigadores puedan realizar diferentes pruebas con variedad de desechos

orgánicos creando otras fuentes de energía renovable y dando paso a una producción de energía mayor que permita no solo encender un led o almacenarla sino el poder encender un foco ahorrador, cargar un celular, entre otros medios que requieren de energía y en lugares donde no tienen la posibilidad ni el acceso a la energía eléctrica, en cuanto al sistema también se podrían añadir otros módulos u otras formas de ver la energía captada, de pronto visualizarla en amperio o watts.

8. Bibliografía

- Abu Bakar, N., & Rosbi, S. (2017). Robust Statistical Normality Transformation method with Outlier consideration in Bitcoin Exchange Rate Analysis. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (IJASRE)*, 80-91. Obtenido de <https://ijasre.net/index.php/ijasre/article/view/671/1114>
- Alcalá-Rodríguez, J., Gudiño-Lau, J., Charre-Ibarra, S., Ruíz-Vanoye, J., & Fuentes-Penna, A. (2018). Sistema de Monitoreo para un cargador de baterías. *XIKUA Boletín Científico De La Escuela Superior De Tlahuelilpan*, 6-11. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xikua/article/download/2773/2796?inline=1>
- Alvarado, D. A., & Deza, J. E. (2019). *Diseño e Implementación de una Tarjeta Electrónica de Expansión Modular Basado en PSoC para el Desarrollo de Aplicaciones de Sistemas Embebidos*. Tacna: Universidad Privada de Tacna. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/832>
- Arias, M. Á. (2017). *Aprende programación web con PHP y MySQL: 2ª Edición*. España: IT Campus Academy. Obtenido de https://books.google.es/books?id=mP00DgAAQBAJ&pg=PA19&dq=lenguaje+de+programaci%C3%B3n&lr=&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q=lenguaje%20de%20programaci%C3%B3n&f=true
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2016). *Código orgánico de la economía social de los conocimientos, creatividad e innovación*. Quito: Asamblea Nacional de la República del Ecuador. Obtenido de

<https://lotaip.ikiam.edu.ec/ikiam2019/abril/anexos/Mat%20A2->

[Base_Legal/codigo_organico_de_la_economia%20social_de_los_conocimientos_creatividad_e_innovacion.pdf](#)

Astonitas, Y. E. (2018). *Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual en la empresa Pevastar S.A.C para disminuir el impacto ambiental*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de http://54.165.197.99/bitstream/20.500.12423/1352/1/TL_AstonitasFernandezYulisa.pdf

Banchón , C., Peralta, C., Borodulina, T., Aguirre-Munizaga, M., & Vera-Lucio, N. (2019). Monitoreo en línea de bioelectricidad desde una celda de combustible microbiana utilizando aguas residuales de la industria pesquera. *CITAMA2019*, 41-48. doi:https://sci-hub.se/10.1007/978-3-030-10728-4_5

Banerjee, A., & Ghoshal, A. (2017). Bioremediation of petroleum wastewater by phenol tolerant *Bacillus cereus*: Preliminary studies with laboratory scale batch process. *Bioengineered*, 446-450. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/21655979.2016.1261224?needAccess=true>

Bermudez, M. A., & Bernal, E. D. (2018). *Implementación de una celda de combustible microbiana a escala laboratorio para generación de energía eléctrica*. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Obtenido de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6695/1/6131003-2018-1-IQ.pdf>

Buñay, P. F., & Sanunga, L. M. (2019). *Diseño y construcción d euna celda de combustible Microbiana (CCMs)*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de

- Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13455/1/96T00565.pdf>
- Burgos, C. F., & Toala, D. E. (2019). *La técnica de observación participante en el análisis ocupacional de una institución de salud*. . Repositorio Universidad de Guayaquil. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39118/1/SIST%20DE%20EXPERIENCIAS%20BURGOS%20y%20TOALA.pdf>
- Calderón, V. (2017). *Desarrollo de un prototipo tecnológico orientado a la web para el almacenamiento de agua en las plantaciones agrícolas de la finca "La Victoria" ubicada en el cantón Mariscal Sucre provincia del Guayas*. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CALDER%C3%93N%20CARABAJA%20VIVIANA%20ELIZABETH.pdf>
- Campo, D., Sastre, M., Gamas, I., & Samaniego, E. (2017). Diseño y construcción de un pototipo robótico de un automóvil para transporte personal y económico con la tecnología Arduino. *Revista de Iniciación Científica*, 110-123. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1705/2442>
- Combaudon, S. (2018). *MySQL 5.7: Administración y Optimización*. . Barcelona: Ediciones ENI. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QpYLonKflesC&oi=fnd&pg=PA17&dq=MySQL&ots=N1jrb7ynQD&sig=PiYpD0bz3Sa2hhR0sDKjb5maL9E#v=onepage&q=MySQL&f=true>
- Consejo Nacional de Planificación (CNP). (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y

- Desarrollo, Senplades. Obtenido de <https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/EcuadorPlanNacionalTodaUnaVida20172021.pdf>
- Coppo, J. A. (2019). *Fisiología comparada del medio interno*. . Salta: Universidad Católica de Salta. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=3bapDwAAQBAJ&pg=PT190&dq=que+es+bioelectricidad&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiigtqUn_DqAhUIm-AKHcydAIUQ6AEwA3oECAYQAg#v=onepage&q=que%20es%20bioelectricidad&f=true
- Cuartas, J. D. (2017). *Programar el mundo en el contexto de las tecnologías libres y las culturas Hacker-Maker: Caso de estudio: Hitec Lab*. Manizales: Universidad de Caldas. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=BL3oDwAAQBAJ&pg=PA28&dq=tecnologias+libre&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiTn4CB4_DqAhXvmuAKHbMIDzwQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=tecnologias%20libre&f=true
- Das, D. (2018). *Microbial Fuel Cell: A Bioelectrochemical System that Converts Waste to Watts*. India: Springer. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-66793-5>
- EcuRed. (2017). *EcuRed*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Prototipo>
- Eguizábal, A. R. (2017). *Caracterización de desechos sólidos domiciliarios en colonia Los Naranjales, zona 4, Municipio de Escuintla*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6078/1/Ana%20Rebeca%20Eguiz%C3%A1bal%20Le%C3%B3n.pdf>

- El pensante. (2016). *El Pensante* . Obtenido de <https://elpensante.com/la-investigacion-aplicada/>
- Elizondo, R. A. (2016). *Informática 1. Serie integral por competencias*. México: Grupo Editorial Patria. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2BQhDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=hardware+informatica&ots=uApbdfs5tF&sig=nhlFGzYeX_RNFVeBPWyFEYjfaU0#v=onepage&q&f=true
- ERGO SUM. (2020). *Programo Ergo Sum*. Obtenido de Arduino : <https://www.programoergosum.com/cursos-online/arduino/253-curso-de-iniciacion-a-arduino/software-arduino-ide>
- Fezari, M., & Al Dahoud, A. (2018). Integrated Development Environment “IDE” For Arduino. *ResearchGate*, 1-12. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/328615543_Integrated_Development_Environment_IDE_For_Arduino
- Fraticelli, F., González, R., Uribe, A., Moreno, I., & Orengo, J. (2018). Investigación: Diseño, construcción y validación de una escala para medir los factores psicosociales y la sintomatología orgánica en el área laboral. . *Informes Psicológicos*, 96-112. Obtenido de <https://revistas.upb.edu.co/index.php/informespsicologicos/article/view/622/454>
- Góngora, A., Ochoa, J., Sosa, M., & Vásquez, E. (2017). Energía: celdas de combustible microbianas. *Ingeniería*, 54-62. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46752305005>
- González, A. A. (2018). *Diseño de un programa de registro y control interno para ordenar los reportes de viaje la compañía de transporte pesado*

- TRANSÁMERICA S.A.* . Repositorio Instituto Superior Tecnológico Bolivariano. Guayaquil : Instituto Superior Tecnológico Bolivariano de Tecnología . Obtenido de <https://repositorio.itb.edu.ec/bitstream/123456789/452/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20DE%20G%c3%93NZALES%20ANGULO.pdf>
- Heidary, N., Kornienko, N., Kalathil, S., Fang, X., Ly, K. H., Greer, H. F., & Reisner, E. (2020). Disparidad de la utilización del citocromo en las vías de transferencia de electrones extracelulares anódicas y catódicas de las biopelículas de *Geobacter sulfurreducens*. *Journal of the American Chemical Society (JACS)*, 5194-5203. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jacs.9b13077>
- Huilcarema, E. R. (2019). *Desarrollo de un sistema de gestión para historias clínicas del Hospital Oriental bajo la plataforma Android*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/12234/1/18T00786.pdf>
- Jiménez-Escamilla, M. G., Garibay-Orijel, C., & Borja-Salín, M. A. (2018). Modelo bioquímicamente estructurado para la estimación de la eficiencia de una celda de combustible microbiana. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 331-345. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v34n2/0188-4999-rica-34-02-331.pdf>
- Linden, D., & B. Reddy, T. (1984). *Handbook of batteries and fuel cells*. New York: McGraw-Hill. Obtenido de http://dl.icdst.org/pdfs/files/b334382400c223631bea924f87b0a1ba.pdf?__cf_chl_captcha_tk__=cee51bb6253792af7ee59c0164ca411e279caac0-1622676586-0-Ab74Scw4YnyDp6bCLu7Qo1UoRaR3Z-

rezX4leRjqSHFCRbcOYhmcH_xj9Zz1dXMeLC2Z-

YZYKf3oWOW7v9CcVH6YoNMZKFWbL_VEVt4SjJPOcee

- Lovley, D., & Walker, D. (2019). Geobacter Protein Nanowires. *Frontiers in Microbiology*, 1-18. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2019.02078/full>
- Martín, J. C. (2017). *El diodo (Electrónica)*. Madrid: Editex. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IVUpDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA77&dq=diodo+&ots=rDewaFbsLO&sig=dy5zr6qixlDWUJjXCHgLLa_JSz8#v=onepage&q=diodo&f=true
- Mendoza, M. (2017). *Propuesta de Red Inalámbrica de Sensores y Actuadores para el Hogar*. Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7923/Manuel%20Mendoza%20Miranda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ojea, L. (2019). *El periódico de la energía*. Obtenido de Las nueve tecnologías del almacenamiento que ya pueden ser rentables para una red 100% renovable.: <https://elperiodicodelaenergia.com/las-nueve-tecnologias-de-almacenamiento-que-ya-pueden-ser-rentables-para-una-red-100-renovable/>
- Oliart-Ros, R., Manresa-Presas, A., & Sanchez-Otero, M. (2016). Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo biotecnológico. *Ciencia UAT*, 79-90. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v11n1/2007-7858-cuat-11-01-00079.pdf>
- Ouldzira, H., Mouhsen, A., Lagraini, H., Chhiba, M., Tabyaoui, A., & Amrane, S. (2019). Remote monitoring of an object using a wireless sensor network

- based on NODEMCU ESP8266. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 1154-1162. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Said_Amrane/publication/337389201_Remote_monitoring_of_an_object_using_a_wireless_sensor_network_based_on_NODEMCU_ESP8266/links/5dd56514a6fdcc37897d68af/Remote-monitoring-of-an-object-using-a-wireless-sensor-network-based-on-NODEMCU-ESP8266/links/5dd56514a6fdcc37897d68af/Remote-monitoring-of-an-object-using-a-wireless-sensor-network-based-on-NODEMCU-ESP8266.pdf
- Peña, C. (2017). *Arduino - De cero a Experto: Proyectos Prácticos - Electrónica, hardware y programación*. Buenos Aires: RedUsers. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=8PiEDwAAQBAJ&lpg=PA1&dq=inauthor%3A%22Claudio%20P.%20Millahual%22&pg=PA2#v=onepage&q&f=false>
- Peña, C. (2020). *Descubriendo Arduino*. Buenos Aires: RedUsers. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=bL7PDwAAQBAJ&pg=PA39&dq=protoboard&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj2_CYka_uAhVjD1kFHZpnBo0Q6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q&f=true
- Peralta, C. (2018). *Generación de bioelectricidad en celdas de combustible microbianas con depuración simultánea de agua residual industrial alimenticia*. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PERALTA%20CISNEROS%20CATHERINE%20LILIAN.pdf>
- Pérez, P. (2020). *Prototipo de un sistema de medición del nivel de agua de mar en el dique inundable del B.A.P. "Pisco"*. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4804/TSP_ING_G_Log_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Piñero, L., & Perozo, L. (2020). Construcción teórica: Sinónimo, Definición operacional y Sistematización de variables educativas. *Revista Científica Electrónica de Ciencias Humanas / Scientific e-journal of Human Sciences*, 16-30. Obtenido de <http://www.revistaorbis.org/pdf/51/art2.pdf>
- Pizarro, I. J. (2017). *Diseño de un sistema embebido, para el monitoreo remoto de las condiciones ambientales en un invernadero*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9244/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-72.pdf>
- Putri, A. R., & Putri, N. R. (2020). Food warmer system based on DTH-22. *Journal on Advance Research in Electrical Engineering (JAREE)*, 56-63. Obtenido de <http://jaree.its.ac.id/index.php/jaree/article/view/118/71>
- Quintanilla, M. (2017). *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. México: Fondo de Cultura Economica. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=OdVSDwAAQBAJ&lpg=PA130&dq=Investigaci%C3%B3n%20aplicada%20a%20objetivos%20tecnol%C3%B3gicos&pg=PA130#v=onepage&q=Investigaci%C3%B3n%20aplicada%20a%20objetivos%20tecnol%C3%B3gicos&f=false>
- Rayo, F. E. (2019). *Sistema automático para el proceso de dosificación de alimentos para aves ponedoras*. Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica. Obtenido de <http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1252/1/PROYECTO%20DIE%20INVESTIGACI%C3%93N%20RAYO%20CUAR%C3%81N%20FELIPE%20EDUARDO.pdf>

- Redondo, A. C. (2017). *Manual. Competencia clave. Comunicación en lengua Castellana. Nivel III (FCOV02). Formación complementaria.* . Madrid: CEP. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=zutCDwAAQBAJ&lpg=PA81&dq=que%20es%20la%20entrevista&pg=PA81#v=onepage&q=que%20es%20la%20entrevista&f=false>
- Romero, J., & Quinde, J. (2021). *Sistema embebido para la automatización del control y monitoreo de la producción en la granja avícola "Romero & Hnos".* Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/QUINDE%20GONZABAY%20JEFFERSON%20ROLANDO.pdf>
- Rosero, L. (2016). *Análisis de las técnicas de la usabilidad y accesibilidad de un sitio web.* Balzar: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ROSERO%20PERALTA%20LEONEL.pdf>
- Saavedra, C. (2019). *Bioprospección de microorganismos en aguas residuales provenientes de las descargas de afluentes de la refinería estatal de Esmeraldas.* Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SAAVEDRA%20CASTILLO%20CRISTINA%20ELIZABETH.pdf>
- Salas, S. (2017). *Todo sobre sistemas embebidos: Arquitectura, programación y diseño de aplicaciones prácticas con el PIC18F.* Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) . Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ZxmNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=%22Todo+sobre+sistemas+embebidos%22&ots=5sONBrNidm&>

sig=XOW44IJ82fKmlmr0y1eG-

RSP_qQ#v=onepage&q=%22Todo%20sobre%20sistemas%20embebidos
%22&f=false

Sanmartín, G. S., Zhigue, R. A., & Alaña, T. P. (2017). El reciclaje: Un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. *Universidad y Sociedad*, 36-40. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus05117.pdf>

Santana, C., Muñoz, M., O'Farril, M., Martínez, D., & Martínez, M. (2017). Sistema informático para la gestión de datos del docente. *Educación Médica Superior*, 89-98. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v31n1/ems09117.pdf>

Servicio Nacional de Derechos Intelectuales. (2015). *Ley de Propiedad Intelectual*. Quito: Servicio Nacional de Derechos Intelectuales. Obtenido de https://www.correosdelecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/LEY_DE_PROPIEDAD_INTELECTUAL.pdf

Siadén-Paiva, D. M. (2017). *Plataforma de un sistema embebido para el control y monitoreo en tiempo real aplicado a biodigestores para la óptima producción de biogás*. Repositorio Institucional. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3057>

Solíz, D. (2019). *Cómo Hacer Un Perfil Proyecto De Investigación Científica*. . Bolivia: Palibrio. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=Q-GCDwAAQBAJ&pg=PT75&lpg=PT75&dq=Denomina+poblaci%C3%B3n,+universo+o+colectivo+al+conjunto+infinito+o+finito+de+objetos,+ideas+o+acontecimientos,+pero+muy+grande+de+datos+que+corresponden+a+una+misma+caracter%C3%ADstica>

- Taípe, D. A. (2018). *Plataforma IoT de control inteligente de un sistema de iluminación led con suministro eléctrico en corriente continua LVDC*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28951/1/Tesis_%20t1505ec.pdf
- Universidad Agraria del Ecuador. (2019). *Instructivo para la presentación de proyectos de investigación*. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <http://www.uagraria.edu.ec/documentos/reglamentos/2019/INSTRUCTIVO-PARA-LA-PRESENTACION-DE-PROYECTOS-DE-INVESTIGACION-2-2019.pdf>
- Urrutia, J., Salas, W., Moreno, M., Cruz, G., Sánchez, E., & Amaga, C. (2019). Estrategias de Marketing MIX para la PYME Nutri Barf. *Dilemas Contemporáneos : Educación, Política y Valores.* , 1-19. Obtenido de <https://search.proquest.com/docview/2245651608?pq-origsite=gscholar>
- Vidal, M., Rodríguez, A., Martínez, K., Ocampo, J., & Barrios, W. (2018). Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión. *Scientia et Technica*, 411-419. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6760221>
- Ynzunza-Cortés, C., Izar-Landeta, J., Bocarando-Chacón, J., Aguilar-Pereyra, F., & Larios-Osorio, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, 33-45. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6405835>

9. Anexos

9.1 Anexo 1. Tablas

Tabla 1. Recursos Humanos

Recursos Humanos	Meses	Total
Tutor	9	0
Pincay Priscila	9	\$3600.00
Rodríguez Johnny	9	\$3600.00
TOTAL		\$7200.00

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 2. Recursos de Hardware

Recursos Hardware	Cantidad	Costo Unit.	Total
Caja contenedora de las celdas y circuito	1	\$50.00	\$50.00
Sensor de temperatura y humedad Am2302 – DTH22	1	\$8.00	\$8.00
Sensor de Voltaje Fz0430	4	\$7.00	\$28.00
Tarjeta SD Socket lector para Arduino	1	\$4.00	\$4.00
Módulo NodeMCU Lúa Wifi Esp8266	1	\$10.00	\$10.00
Arduino Uno	1	\$15	\$15.00
Protoboard	2	\$2.50	\$5.00
Tarjeta SD de 2GD	1	\$7.00	\$7.00
Multímetro	1	\$10.00	\$10.00
Frasco de acrílico de 1000ml	4	\$1,00	\$4.00
Jumpers	40	\$0.06	\$2.50
Malla de acero inoxidable	1m	\$3.00	\$3.00
Carbón activado	1lb	\$10.00	\$10.00
Tubo termoretráctil	2m	\$0.30	\$0.60
NPK	1	\$4	\$4
TOTAL			\$161.10

Pincay y Rodríguez., 2021

Tabla 3. Recursos de Software

Recursos Software	Descripción	Valor	Total
PhpMyAdmin	0	0	0
Xampp	0	0	0
Php y JavaScript	0	0	0
Dominio	1 año	\$12	\$12.00
Hosting	1 año	\$7,50	\$90.00
TOTAL			\$102.00

Pincay y Rodríguez., 2021

Tabla 4. Varios

Materiales	Descripción	Valor	Total
Internet	9 mensual	\$11.00	\$99.00
TOTAL			\$99.00

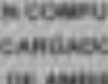
Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 5. Costo total de recursos

Descripción	Total
Total de recursos humanos	\$7200.00
Total de recursos de hardware	\$161.10
Total de recursos de software	\$102.00
Costos de internet	\$99.00
TOTAL DEL PROYECTO	\$7562.10

Pincay y Rodríguez, 2021

9.2 Anexo 2. Análisis de la entrevista



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA EN COMPUTACION EN INFORMATICA
ENTREVISTA DIRIGIDA AL ENCARGADO DEL LABORATORIO DE LA
CARRERA DE AMBIENTAL

Entrevistado: Ing. Quím. Sánchez Saúl Carlos, MSc.
Entrevistadores: Pineda Prieto - Rodríguez Jhonny
Fecha: 7 de octubre de 2019

Objetivo: Obtener información de cómo se está llevando los procesos de recolección de aguas residuales, la manipulación de las celdas, la recepción de energía y el material conductor que se utiliza actualmente para automatizar estos procesos en el prototipo a diseñar.

CUERPO DE PREGUNTAS

- ¿Para el proceso de recolección de agua residual se utiliza alguna clase de dispositivo para determinar qué es la apropiada?
Si, sonda
- ¿Existe algún dispositivo que monitoree y alerte que el agua residual monitoreada ya no es la apropiada y necesita ser removida?
No
- ¿Cómo se lleva actualmente el proceso de medición de la energía a través de las celdas?
Medición
- ¿Considera usted que la automatización de los procesos de medición de temperatura, voltaje serán de gran utilidad para proyectos futuros?
Si
- ¿Con qué frecuencia se monitorea las celdas de combustión microbiana?
Al día
- ¿Qué tipo de conductor monitorea necesario para el transporte de la energía?
Alambre
- ¿En los laboratorios, actualmente se implementa algún tipo de sistema de monitoreo en tiempo real? En caso de existir, ¿muestra el grado de actividad e interacciones que se presenten?
Si, Medidor / Análisis (Sistema)
- ¿Considera usted que es necesario la implementación de un sistema para monitorear las celdas cuando no se cuenta con acceso a los laboratorios?
Si
- ¿Qué tipo de datos le gustaría generar en el sistema?
med / temperatura / humedad
- ¿Qué requerimientos adicionales considera usted serán de utilidad en el sistema?
Temperatura / pH

Figura 1. Entrevista al encargado del laboratorio de la carrera de Ingeniería Ambiental Pincay y Rodríguez, 2021

1. ¿Para el proceso de recolección de agua residual se utiliza alguna clase de dispositivo para determinar que es la apropiada?

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quim. Banchón Bajaña Carlos, MS.c.	No, solo se utiliza una botella	Para el proceso de recolección de agua residual se debería usar un embace en el cual no se filtre el agua, sea resistente y visible para el usuario.

2. ¿Existe algún dispositivo que monitoree y alerte que el agua residual recolectada ya no es la apropiada y necesita ser renovada?

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quim. Banchón Bajaña Carlos, MSC.	No	El cambio de agua se puede realizar cuando todos los desechos se sedimentan dentro del recipiente.

3. ¿Cómo se lleva actualmente el proceso de medición de la energía a través de las celdas?

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quim. Banchón Bajaña Carlos, MSC.	Mediante el uso de un voltímetro	Las mediciones se llevan a cabo a través de un multímetro que sirve para medir la cantidad de energía producida de manera precisa.

4. ¿Considera usted que la automatización de los procesos de mediación de temperatura, voltaje serán de gran utilidad para proyectos futuros?

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quim. Banchón Bajaña Carlos, MSC.	Si	Mediante la automatización se evita que los usuarios deban estar realizando monitoreo de forma manual constantemente.

5. ¿Con qué frecuencia se monitorea las celdas de combustible microbianas?

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quim. Banchón Bajaña Carlos, MSC.	Cada hora	Se debe realizar un monitoreo cada hora ya que es un estimado de tiempo en el que puede ocurrir algún cambio en las bacterias.

6. ¿Qué tipo de conductor considera necesario para el traspaso de la energía?

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quim. Banchón Bajaña Carlos, MSC.	Acero	Se utiliza acero inoxidable debido a que estará en contacto con el agua y además es un buen conductor de energía.

7. ¿En los laboratorios, antiguamente se implementó algún tipo de sistema de monitoreo en tiempo real? En caso de existir mencione el grado de efectividad e inconvenientes que se presentaron.

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quim. Banchón Bajaña Carlos, MSC.	No se ha implementado sistema de monitoreo.	No han implementado un sistema de monitoreo por el cual el sistema nuevo a implementar en los laboratorios.

8. ¿Considera usted que es necesario la implementación de un sistema para monitorear las celdas cuando no se cuente con acceso a los laboratorios?

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quim. Banchón Bajaña Carlos, MSC.	Si	Si porque permitiría monitorear las celdas desde cualquier lugar sin la necesidad de estar presente en los laboratorios.

9. ¿Qué tipo de datos le gustaría visualizar en el sistema?

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quím. Banchón Bajaña Carlos, MSC.	Milivoltios / Temperatura / Humedad	El sistema deberá contar con la visualización de la cantidad de energía y las variables de temperatura y humedad.

10. ¿Qué requerimientos adicionales considera usted serán de utilidad en el sistema?

Entrevistado	Respuesta	Análisis
Ing. Quím. Banchón Bajaña Carlos, MSC.	Medir la temperatura/celda	Es importante medir la temperatura en la que se encuentran las celdas debido que a mayor temperatura las bacterias mueren y al morir no producen energía.

9.3 Anexo 3. Fichas de observación


UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN EN INFORMÁTICA
FICHA DE OBSERVACIÓN APLICADA EN LOS LABORATORIO DE LA
CARRERA DE AMBIENTAL

Objetivo: Obtener información de cómo se mide la energía a través de las celdas, en donde se almacena esa energía y los datos del sistema actualmente para proponer un sistema que automatice esos procesos

Integrantes: Pincay Pincay - Rodríguez Jorrey
Responsable: Ing. Quím. Benigno Ravelo Cordero, MSC.
Fecha: 7 de octubre del 2021

Actividades	Comentarios
Materiales utilizados para la construcción de celdas en laboratorio microondas	En el laboratorio de microondas se encuentran los materiales necesarios
Herramienta utilizada para medir la temperatura	SI
Dispositivos con los que cuentan las celdas para un constante monitoreo	SI
Existe algún sistema de monitoreo en tiempo real	Anda en proceso
Método que se utiliza para guardar los datos registrados	Manualmente en un Excel (Pincay) y en un archivo de texto (Rodríguez)
Donde se lleva registro de los monitoreos	En el laboratorio (Rodríguez)
Método utilizado para medir el voltaje	Con un multímetro
¿Hay personas para hacer mediciones de algún tipo?	SI (Rodríguez)
El personal cuenta con conocimientos en manejo del sistema	SI

Figura 2. Ficha de observación 1. Aplicada en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Ambiental Pincay y Rodríguez, 2021


UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN EN INFORMÁTICA
FICHA DE OBSERVACIÓN DIRIGIDA AL ENCARGADO DEL LABORATORIO
DE LA CARRERA DE AMBIENTAL

Objetivo: Obtener información proporcionada por la encargada de los laboratorios para una correcta construcción de las celdas de cultivos microbianos; determinar el agua residual y el tipo de bacteria apropiada para la producción y obtención de energía

Integrantes: Pincay Pineda - Rodríguez Johnny

Responsable: Ing. Quím. Benito Basilio Cordero, MSc.

Fecha: 7 de octubre del 2019

Actividades	Comentarios
Tipo de bacterias que generen energía	<i>Bacterias anaerobias</i>
Tipo de agua residual donde sobreviven las bacterias	<i>Agua de mquina (piscina)</i>
Desechos con los que la bacteria se alimenta	<i>Alimentos orgánicos</i>
Temperatura a la cual sobreviven las bacterias	<i>> 25 °C</i>
Dónde se pueden encontrar estos tipos de bacterias	<i>Leche de Bacteria</i>
Bajo qué condiciones prosperan las bacterias	<i>Medio orgánico</i>
Tiempo de vida de la bacteria	<i>1 Semana</i>
Cuál es la temperatura mínima para que determinada bacteria sobreviva en ese medio	<i>30 - 35 °C</i>
Cantidad de energía que puede producir determinada bacteria	<i>Hasta 250 mV</i>

Figura 3. Ficha de observación 2. Aplicada en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Ambiental Pincay y Rodríguez, 2021

9.4 Anexo 4. Análisis de la Encuesta



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN EN INFORMÁTICA
ENCUESTA DIRIGIDA A LOS ESTUDIANTES DE LAS CARRERA DE
AMBIENTAL

Objetivo: Obtener información relevante sobre los procesos que realizan los estudiantes dentro del monitoreo de la producción de energía con celdas de combustible microbianas.

Integrantes: Priscila Pincay, Johnny Rodríguez

Fecha: 7 de octubre del 2019

1. ¿Cree usted que es necesario implementar sensores de medición de voltaje en las celdas de combustible microbiana?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

2. ¿Cree usted que es necesario implementar sensores de medición de temperatura dentro de las celdas de combustible microbiana?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

3. ¿Cree usted que es necesario la implementación de un sistema donde se pueda monitorear las mediciones?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

4. ¿Está de acuerdo con la creación de un sitio web donde se pueda monitorear los datos recolectados de las celdas en tiempo real?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

5. ¿Cree usted que la implantación de celdas de combustible microbianas será de gran utilidad para nuevos proyectos?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

6. En una escala del 1 al 5 ¿Qué tan importante considera usted la automatización de este tipo de procesos de automatizaciones?

Muy bajo 1	Bajo 2	Regular 3	Bueno 4	Excelente 5
---------------	-----------	--------------	------------	----------------

7. En una escala del 1 al 5 ¿Qué tan frecuente utiliza usted su móvil o la computadora dentro y fuera del laboratorio?

Muy bajo 1	Bajo 2	Regular 3	Bueno 4	Excelente 5
---------------	-----------	--------------	------------	----------------

8. En una escala del 1 al 5 ¿Qué tan necesario considera usted monitorear en tiempo real las celdas de combustible microbianas cuando no se cuenta con acceso a los laboratorios?

Muy bajo 1	Bajo 2	Regular 3	Bueno 4	Excelente 5
---------------	-----------	--------------	------------	----------------

Análisis de la encuesta

La encuesta se aplicó a 106 estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental donde el 49.1% pertenecen a segundo semestre, ven la asignatura de Microbiología mientras que el 50.9% restantes son de noveno semestre y ven la materia de Tratamiento de agua residual.

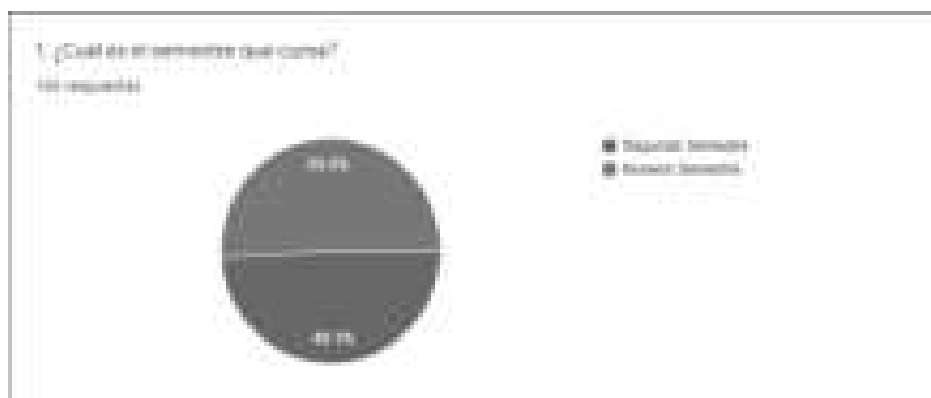


Figura 4. Tabulación encuesta, pregunta 1
Pincay y Rodríguez, 2021

Los encuestados si consideraban necesario implementar sensores de medición de voltaje en las celdas un 49.1% eligió que estaba de acuerdo, un 30.2% estuvo totalmente de acuerdo con la implementación, un 16% no estuvo de acuerdo, pero tampoco en desacuerdo y 4.7% estuvo en desacuerdo. Se considera que esto se debe a que las mediciones se hacían directamente a los cables que salen de las celdas y no sabrían como funcionaria este nuevo método.



Figura 5. Tabulación encuesta, pregunta 2
Pincay y Rodríguez, 2021

En esta segunda pregunta se puede observar que el 61.3% de los estudiantes encuestados estuvo de acuerdo con implementar sensores de temperatura en las celdas, un 18.9% estuvo en total acuerdo de que es necesario el sensor, un 15.1% no estuvo de acuerdo, pero tampoco en desacuerdo y un 3.8% estuvo en total desacuerdo en que se colocara un sensor de temperatura.

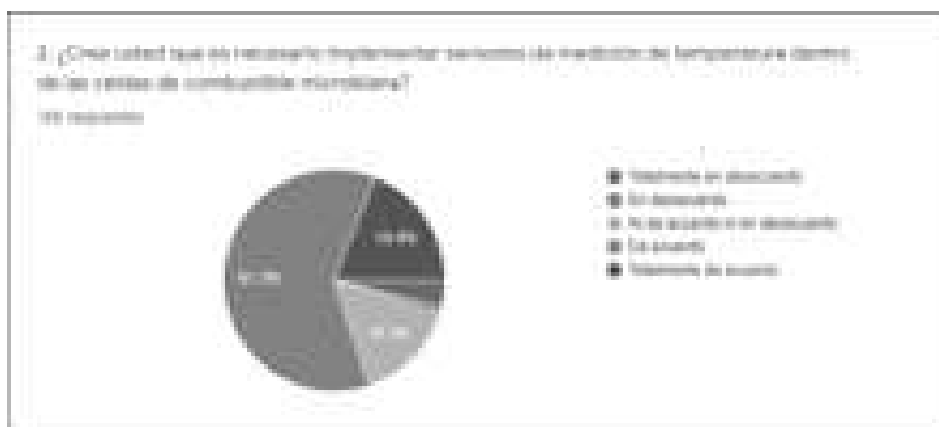


Figura 6. Tabulación encuesta, pregunta 3
Pincay y Rodríguez, 2021

De un total de 106 estudiantes el 58.5% considera totalmente necesario la implementación, un 31.1% considera necesario un sistema embebido para visualizar las mediciones, un 6.6% no está ni a favor ni en contra de que se realice y un 3.8% está en total desacuerdo. En esta pregunta se considera que el motivo para estar en desacuerdo es el manejo del sistema, pero para ello se tendrá un manual de usuario como guía.

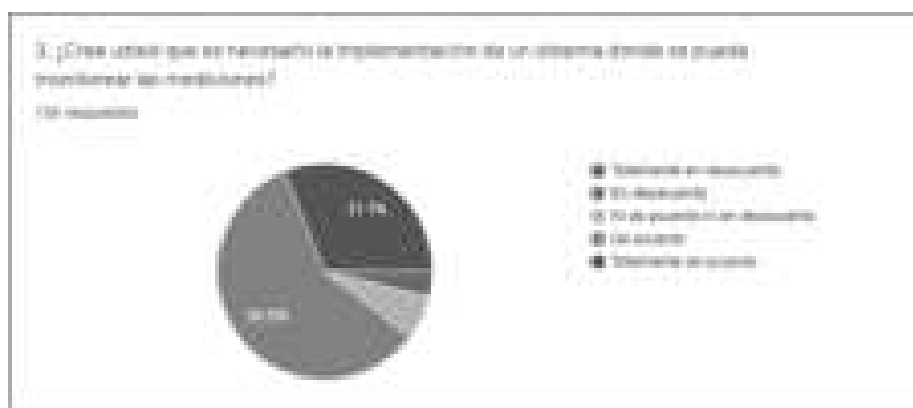


Figura 7. Tabulación encuesta, pregunta 4
Pincay y Rodríguez, 2021

La representación gráfica muestra que alrededor del 50% y un 33% están de acuerdo con la creación de un sitio web que permita monitorear las celdas en tiempo real ya que así se podría monitorear la celda desde cualquier lugar, un 14.2% no está de acuerdo ni en desacuerdo y un 2.8% está el total desacuerdo. Aquí se observa la necesidad de una página web, de un sistema que les permita a los estudiantes poder monitorear las celdas conocer los voltajes, pero sobre todo en tiempo real.

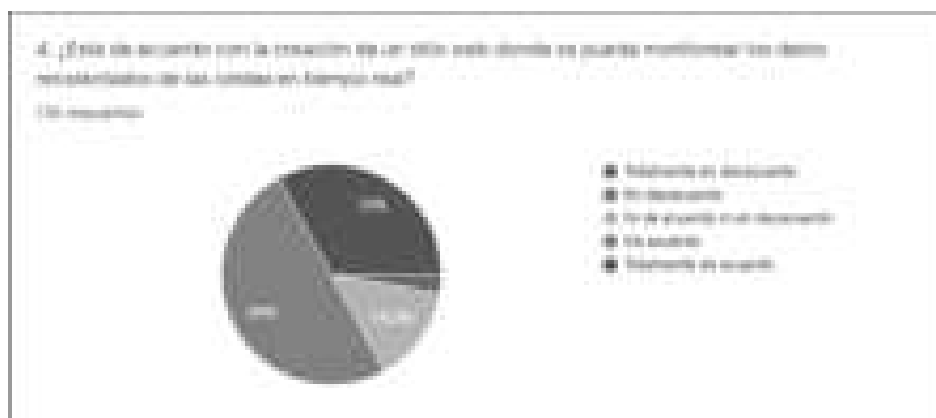


Figura 8. Tabulación encuesta, pregunta 5
Pincay y Rodríguez, 2021

En esta pregunta logramos darnos cuenta que el 53.3% está de acuerdo y el 32.4% están totalmente de acuerdo en la implementación de celdas de combustible microbianas para nuevos proyectos que trabajen a base de desechos, un 12.4% no está ni a favor ni en contra y un 2% no está de acuerdo con este proyecto.

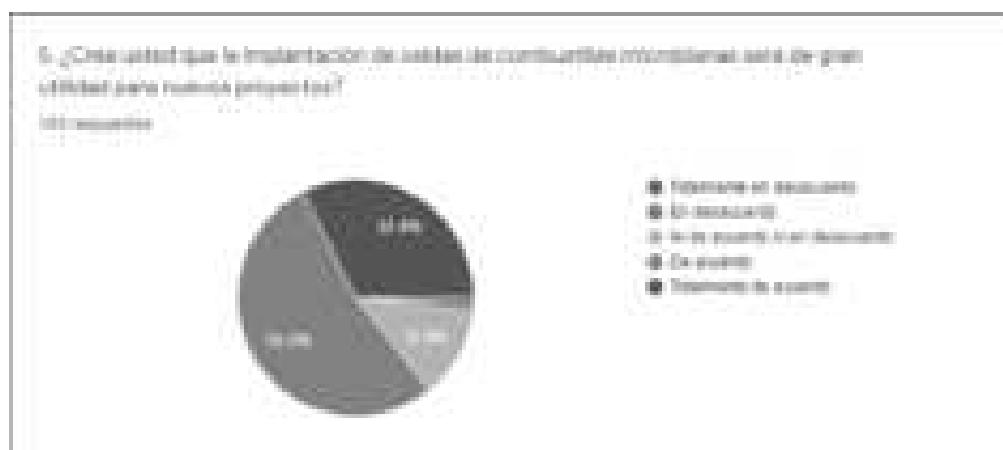


Figura 9. Tabulación encuesta, pregunta 6
Pincay y Rodríguez, 2021

En la siguiente pregunta el 39.6% considera siempre los procesos deben de ser automatizados, un 37.7% casi siempre y un 22.6% considera que a veces debe de ser automatizado determinados procesos. Creemos que esta acogida tan grande se debe a que hoy en día la mayoría de las cosas en la vida cotidiana se basan en tecnología.

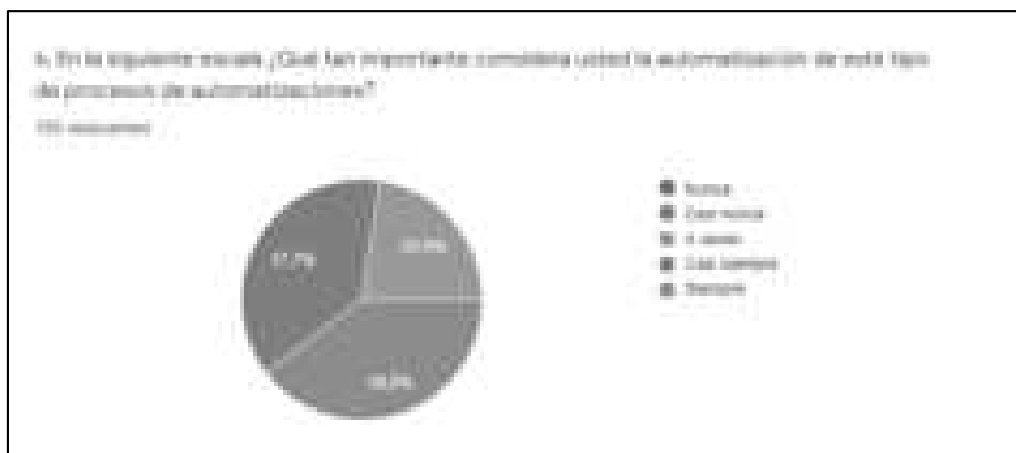


Figura 10. Tabulación encuesta, pregunta 7
Pincay y Rodríguez, 2021

En esta pregunta lo que se quería saber es con qué frecuencia los estudiantes usaban su móvil en los laboratorios y se pudo determinar que un 38.1% casi siempre lo usa, un 25.7% siempre, un 28.6% a veces, un 6.7% casi nunca y un 1% no lo utiliza dentro de los laboratorios.

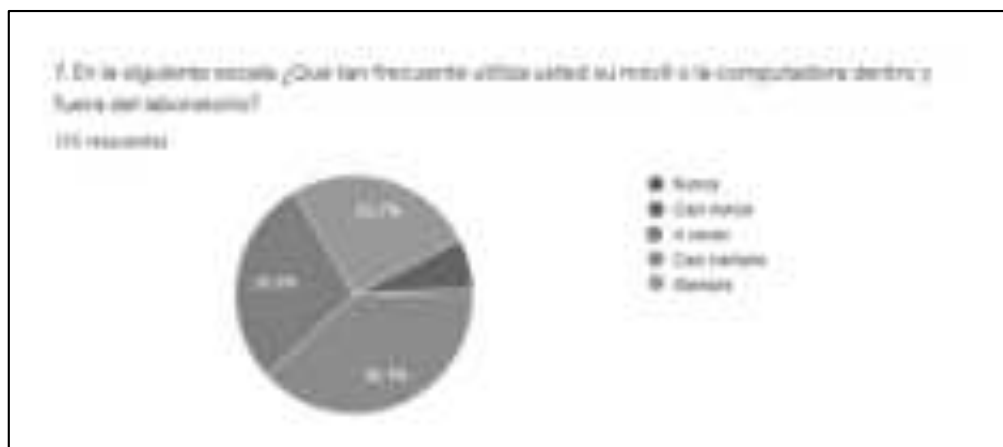


Figura 11. Tabulación encuesta, pregunta 8
Pincay y Rodríguez, 2021

En esta pregunta logramos darnos cuenta que el 49.5% casi siempre monitorea las celdas en tiempo real, un 29.5% lo hace siempre, un 19% a veces lo revisa y un 1.9% de los encuestados casi nunca necesitan monitorear las celdas cuando no se encuentran en los laboratorios de la carrera.

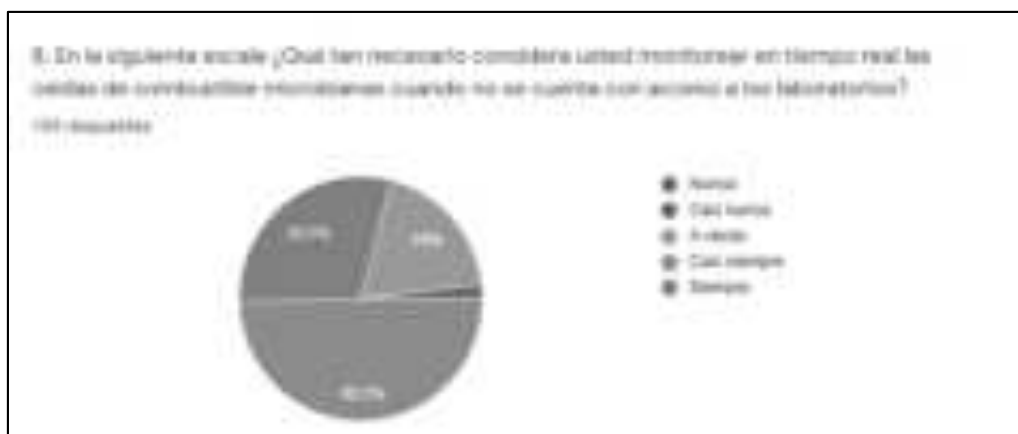


Figura 12. Tabulación encuesta, pregunta 9
Pincay y Rodríguez, 2021

9.5 Anexo 5. Análisis de Usabilidad – Tesistas con docentes


UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA EN COMPUTACIÓN EN INFORMÁTICA
PRUEBA DE USABILIDAD

Nombre del Docente:	Fecha de Aplicación:
Jean Carlo Andrade	13/07/2021

Objetivo: Crear el sitio web respecto a la funcionalidad e interfaz del sistema web desarrollado para mostrar la producción de energía con células de combustible.

Restricciones: Ingresar al sitio web antes de realizar el test de usabilidad utilizando el navegador **Chrome**.

URL: <http://tutoriales.com/temas/programacion/programacion.php> en Google

Navegador: Chrome

ÍTEM	DESCRIPCION	EVALUACION
		1 2 3 4 5
1	Visibilidad del sitio del sistema ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web?	5 5 5 5 5 5 5 5 5
2	Accesibilidad entre el sistema y el mundo real ¿La URL de la página tiene relación con el contenido del sitio? ¿El lenguaje es claro? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web? ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web?	5 5 5 5 5 5 5 5 5
3	Experiencia y Usabilidad del usuario ¿El sitio cumple con la estructura que define que una herramienta es un sitio web?	5

Figura 13. Prueba de usabilidad aplicada al Ing. Jean Carlo Andrade Pincay y Rodríguez, 2021

	¿Se han usado o se usará alguna prueba de usabilidad (antes o después de la implementación)?	
	¿Se han usado o se usará alguna prueba de usabilidad (antes o después de la implementación)?	
1	Conocimiento y experiencia	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
2	Percepciones de la prueba	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
3	Percepciones de la prueba de usabilidad	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
4	Percepciones y percepciones de la prueba	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
5	Percepciones y percepciones de la prueba de usabilidad	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
6	Percepciones y percepciones de la prueba de usabilidad	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
7	Percepciones y percepciones de la prueba de usabilidad	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
8	Percepciones y percepciones de la prueba de usabilidad	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	
	¿Cómo se relaciona el nivel de conocimiento de los usuarios con el nivel de experiencia?	

El usuario deberá puntuar de acuerdo a la siguiente escala

VALORACIÓN	ESCALA DE LIKERT
5	Completamente de acuerdo
4	De acuerdo
3	Neutral
2	En desacuerdo
1	Totalmente en desacuerdo

[Firma]

Figura 14. Prueba de usabilidad aplicada al Ing. Jean Carlo Andrade Pincay y Rodríguez, 2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA EN COMPUTACIÓN EN INFORMÁTICA
PRUEBA DE USABILIDAD

Nombre del Docente	Fecha de Aplicación
Cristian Lara	11/04/2021

Objetivo: Conocer al sistema respecto la funcionalidad e interfaz del sistema web desarrollada para mostrar la producción de energía con redes de combustibles

Instrucciones: Ingresar al sitio web antes de realizar el test de usabilidad utilizando el link <http://sistemasweb.comunicacion.usabiprueval.comunicacion.org> en Google Chrome

Resumen	Observación	Evaluación
		1 2 3 4 5
1. Introducción del sistema de usuario	¿Existen signos de usuarios que indican que está utilizando el sistema? ¿Proporciona mensajes que los usuarios que se parecen al de usuarios reconocidos? ¿Existen mensajes entre los gráficos interactivos y el sistema? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan?	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
2. Interacción entre el sistema y el usuario	¿La URL de la página tiene sentido con el contenido de ella? ¿El lenguaje es claro? ¿Se utiliza lenguaje sencillo y no técnico en el sistema de usuario? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan? ¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan?	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
3. Resumen y detalles del sistema	¿Existen mensajes de bienvenida a los usuarios que se utilizan?	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Figura 15. Prueba de usabilidad aplicada al Ing. Cristian Lara Pincay y Rodríguez, 2021

Análisis de la Prueba de Usabilidad – Tesistas con docentes

La prueba de usabilidad aplicada cuenta con varios aspectos a evaluar misma que ha sido realizada por tres docentes y a continuación se muestran los resultados obtenidos:

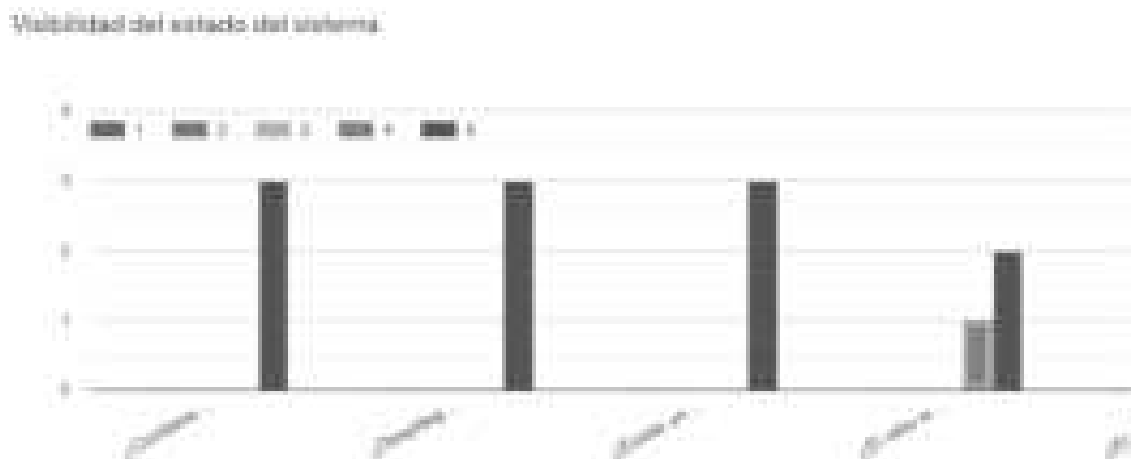


Figura 17. Tabulación usabilidad con docentes – Visibilidad del estado del sistema Pincay y Rodríguez, 2021

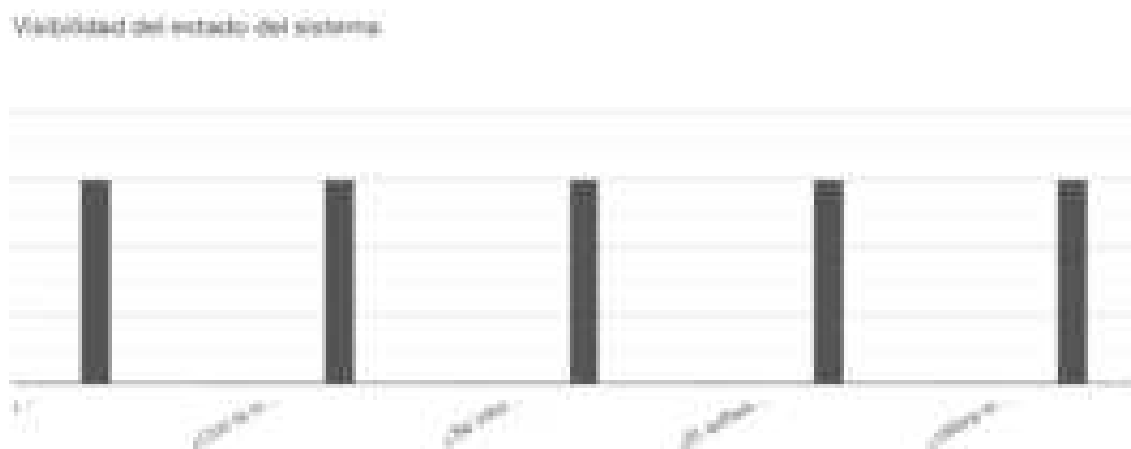


Figura 18. Tabulación usabilidad con docentes – Visibilidad del estado del sistema Pincay y Rodríguez, 2021

El primer aspecto a evaluar es la visibilidad del estado del sistema, donde todos los participantes estuvieron 100% de acuerdo con que el sistema cuenta con una barra de proceso, despliega mensajes que confirman un proceso, existe sincronía entre las gráficas estadísticas y el sistema, contiene colores adecuados, con la información en pantalla permite saber a qué institución pertenece, permite al

usuario saber en qué área del sistema esta, se adapta a diferentes dispositivos, y muestra mensajes emergentes ya sea por algún proceso a ejecutar.

Para la pregunta donde se menciona que si el sitio web responde inmediatamente a las acciones que se ejecutan un participante se encuentra de acuerdo, mientras que los demás están totalmente de acuerdo con la pregunta en cuestión.

Coincidencia entre el sistema y el mundo real

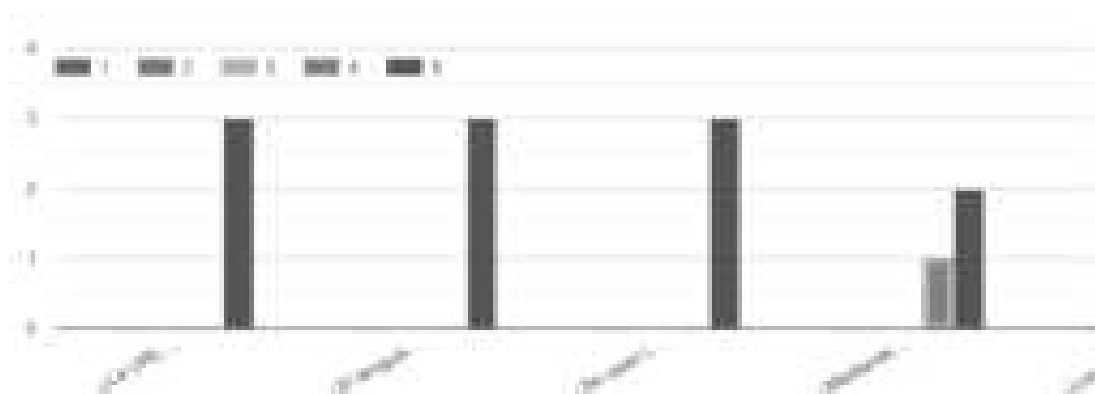


Figura 19. Tabulación usabilidad con docentes – Coincidencia entre el sistema y el mundo real Pincay y Rodríguez, 2021

Coincidencia entre el sistema y el mundo real



Figura 20. Tabulación usabilidad con docentes – Coincidencia entre el sistema y el mundo real Pincay y Rodríguez, 2021

El segundo aspecto menciona la coincidencia entre el sistema y el mundo real entre los cuales se menciona que la url del sistema guarda relación con el contenido del sistema, el lenguaje es claro, se usan imágenes acordes a la información que se muestra, los conceptos utilizados son entendibles, las palabras son conocidas, existe un orden lógico en la información que contiene el sistema y el diseño de las

interfaces le permite identificar cada uno de los pasos necesarios para realizar un proceso determinado a lo cual los participantes estuvieron al 100% totalmente de acuerdo, mientras que para la pregunta acerca de si mediante el uso de imágenes es posible realizar una acción por parte del usuario, un participante equivalente al 0.33% a diferencia del 0.67% estuvieron totalmente de acuerdo con que se puede lograr.

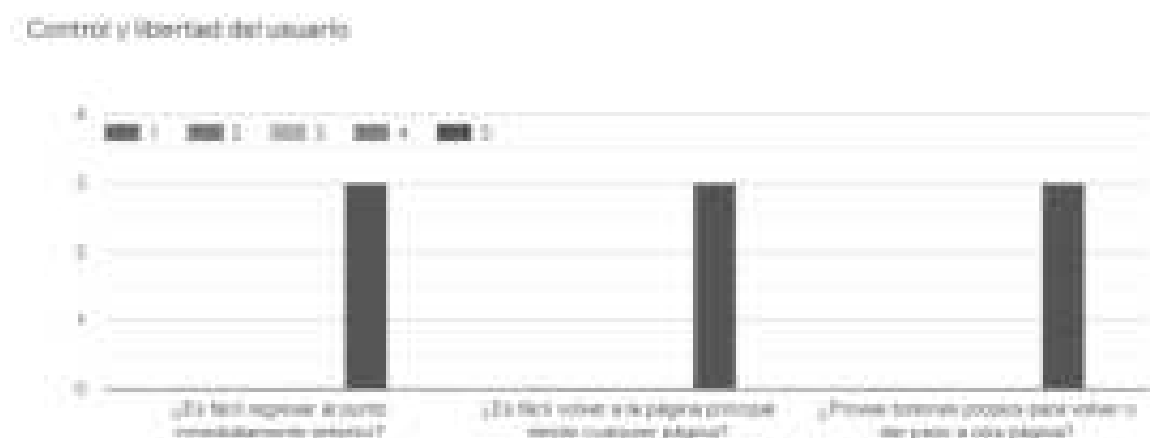


Figura 21. Tabulación usabilidad con docentes – Control y libertad del usuario Pincay y Rodríguez, 2021

El tercer aspecto evaluado es el control y libertad del usuario, el 100% de los participantes estuvieron totalmente de acuerdo con que es fácil regresar a otra pestaña e incluso volver a la página principal si el usuario lo desea, además de proveer de botones que permiten esas acciones.

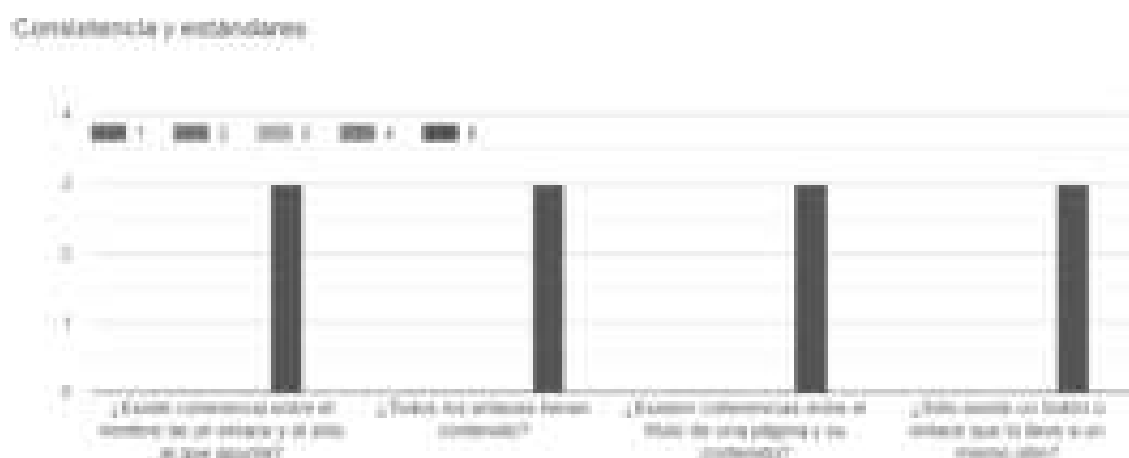


Figura 22. Tabulación usabilidad con docentes – Consistencia y estándares Pincay y Rodríguez, 2021

El cuarto aspecto comprende la consistencia y estándares donde se menciona que existe coherencia entre el nombre de un enlace y el sitio a donde lo dirige, así como también coherencia entre el título de una página y su contenido, existencia de contenido en todos los enlaces del sistema y que solo exista un botón que lleve al usuario a un mismo sitio, para lo cual los participantes estuvieron totalmente de acuerdo obteniendo así un 100% en los resultados.

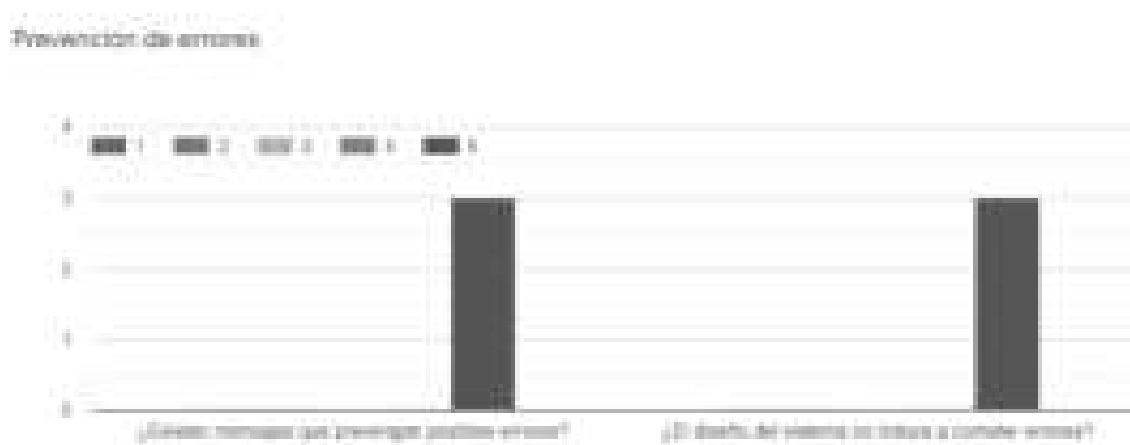


Figura 23. Tabulación usabilidad con docentes – Prevención de errores
Pincay y Rodríguez, 2021

El quinto aspecto menciona la prevención de errores en el cual los participantes estuvieron de acuerdo con que el sistema cumple con la existencia de mensajes que prevengan posibles errores y la forma en la que está diseñado el sistema no induce a que el usuario final cometa errores, teniendo como resultados el 100%.

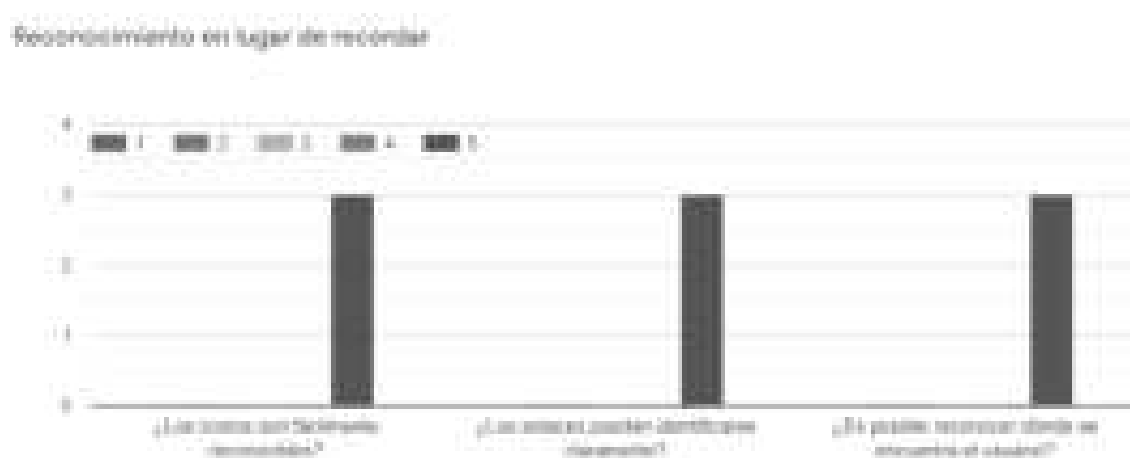


Figura 24. Tabulación usabilidad con docentes – Reconocimiento en lugar de recordar
Pincay y Rodríguez, 2021

El sexto aspecto se basa en el reconocimiento en lugar de recordar, el cual todos los participantes se encuentran de acuerdo con que el sistema cuenta con iconos fáciles de reconocer, los enlaces pueden identificarse claramente y el usuario puede reconocer donde se encuentra dentro del sistema.

Flexibilidad y eficiencia de uso

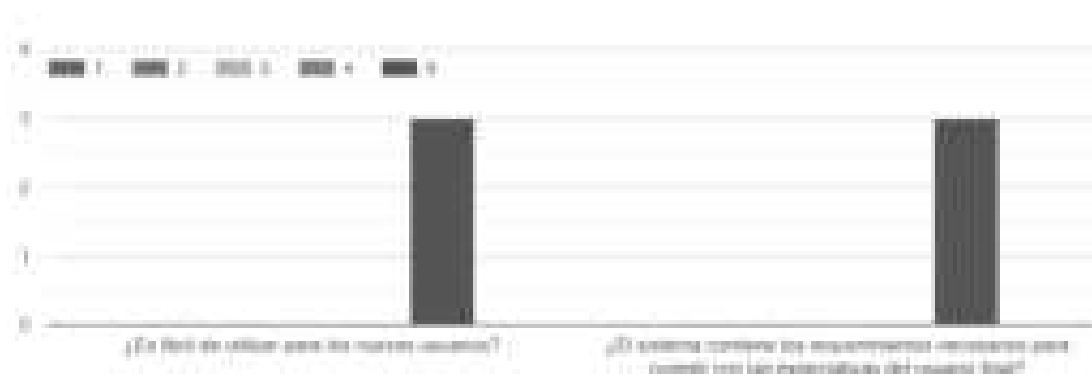


Figura 25. Tabulación usabilidad con docentes – Flexibilidad y eficiencia de uso
Pincay y Rodríguez, 2021

El séptimo aspecto trata sobre la flexibilidad y eficiencia de uso, en el cual se ha obtenido como resultados que todos los participantes se encuentren de acuerdo ya que el sistema es fácil de usar para los nuevos usuarios y contiene los requerimientos necesarios para cumplir con las expectativas del usuario final.

Diseño estético y minimalista

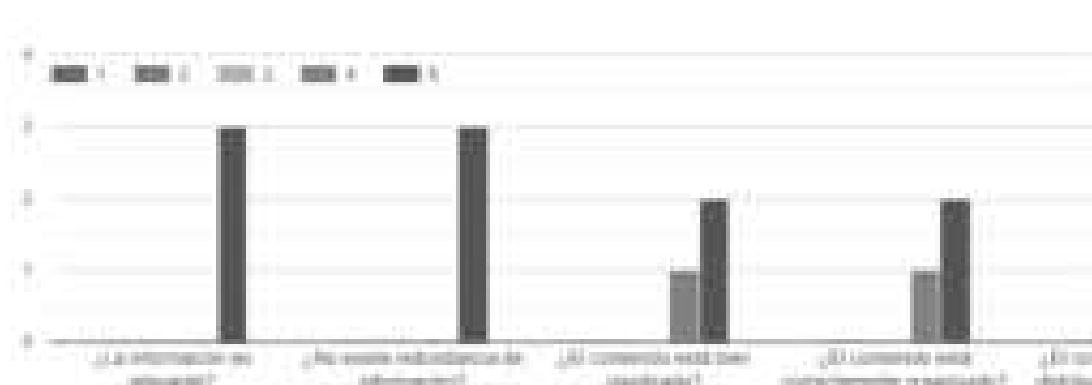


Figura 26. Tabulación usabilidad con docentes – Diseño estético y minimalista
Pincay y Rodríguez, 2021

Diseño estético y minimalista

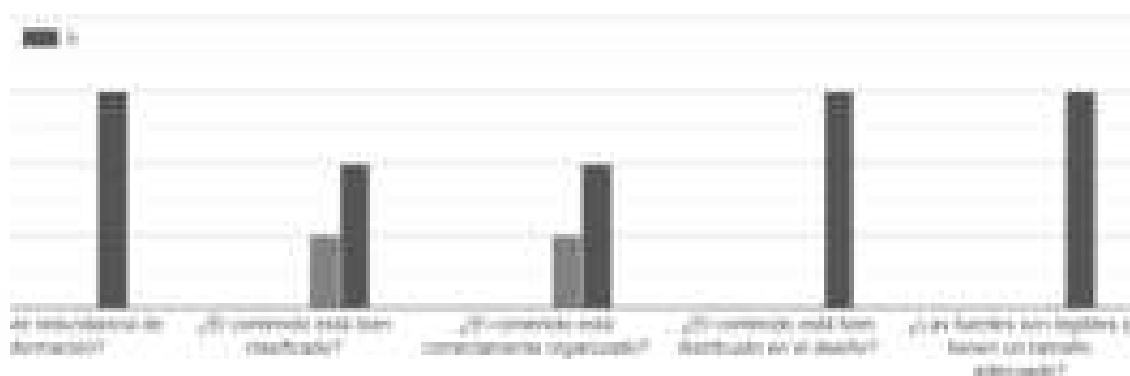


Figura 27. Tabulación usabilidad con docentes – Diseño estético y minimalista Pincay y Rodríguez, 2021

El octavo aspecto trata sobre el diseño estético y minimalista dentro del cual el 100% de los participantes estuvieron de acuerdo con que el sistema contiene información relevante y no existe redundancia, el contenido se encuentra bien distribuido en el sistema, y sobre todo que el tamaño y la fuente utilizadas son las adecuadas, el 0.33% de ellos no se encuentra del todo de acuerdo con la clasificación del contenido y la forma en la que está organizado mientras que el 0.67% está totalmente de acuerdo con lo planteado.

Reconocimiento y recuperación de errores

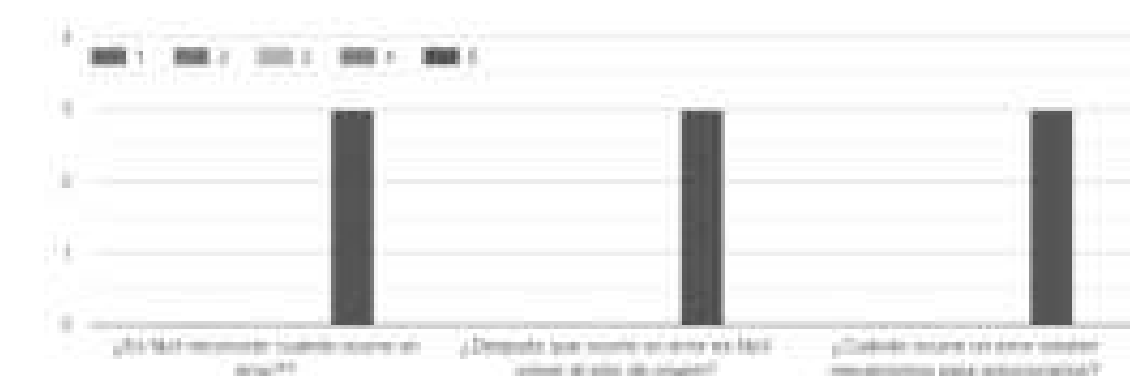


Figura 28. Tabulación usabilidad con docentes – Reconocimiento y recuperación de errores Pincay y Rodríguez, 2021

El noveno aspecto comprende el reconocimiento y recuperación de errores, dentro del cual se menciona el fácil reconocimiento cuando existe un error dentro del sistema y que tras ese error ocurrido se puede volver al sitio de origen, además

de la existencia de mecanismos para solucionarlos, mismas con las que los participantes estuvieron totalmente de acuerdo.

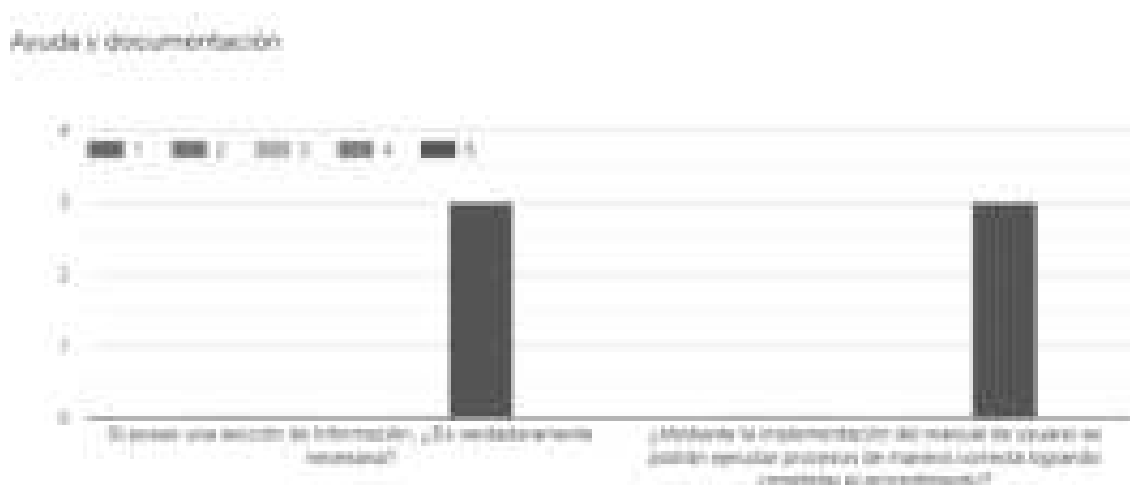


Figura 29. Tabulación usabilidad con docentes – Ayuda y documentación
Pincay y Rodríguez, 2021

El décimo aspecto que se evaluó fue la ayuda y documentación, donde los participantes estuvieron totalmente de acuerdo con que el sistema tiene una sección de información que es realmente necesaria y que mediante el manual de usuario se puedan ejecutar procesos logrando así completar un procedimiento específico.

[illegible]

Figura 31. Prueba de usabilidad, usuario 2
Pincay y Rodríguez, 2021

Análisis de la Prueba de Usabilidad – Tesistas con usuarios

La prueba de usabilidad se aplicó a 15 estudiantes el día 21 de julio del 2021 mediante los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

El 73.37% están totalmente de acuerdo con que el sistema despliega mensajes que confirman la ejecución de un proceso, mientras que el 26.63% solamente está de acuerdo con lo indicado.

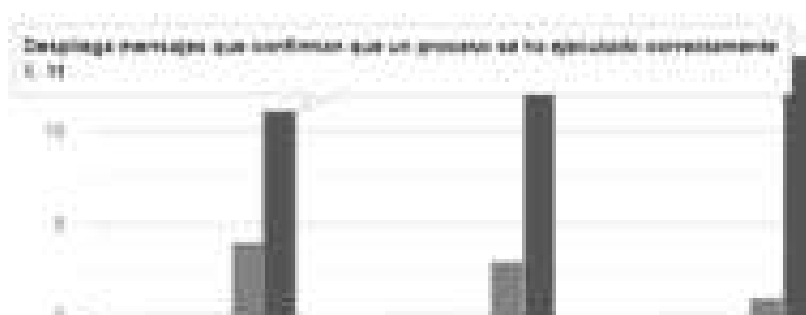


Figura 32. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 1
Pincay y Rodríguez, 2021

El 80.04% equivalente a doce de los encuestados se encuentran totalmente de acuerdo a diferencia del 19.96% con que la pagina provee de objetos visibles e intuitivos en la página del sistema web.



Figura 33. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 2
Pincay y Rodríguez, 2021

El 93.38% de los encuestados se encuentran totalmente de acuerdo con que existe una sincronía entre las gráficas estadísticas y el sistema mientras que el 6.62% equivalente a una persona no está de acuerdo con la existencia de la sincronía.



Figura 34. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 3
Pincay y Rodríguez, 2021

Durante la pregunta de si el sitio web responde inmediato a las acciones que se ejecutan el 73.37% concuerda con la pregunta en ejecución mientras que el 26.63% no se encuentran de acuerdo.



Figura 35. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 4
Pincay y Rodríguez, 2021

Trece de los encuestados equivalentes a un 86.71% concuerdan con que el sitio web posee colores que disminuyen la contaminación visual, mientras que el 13.29% no se encuentran de acuerdo con los colores que posee el sistema.

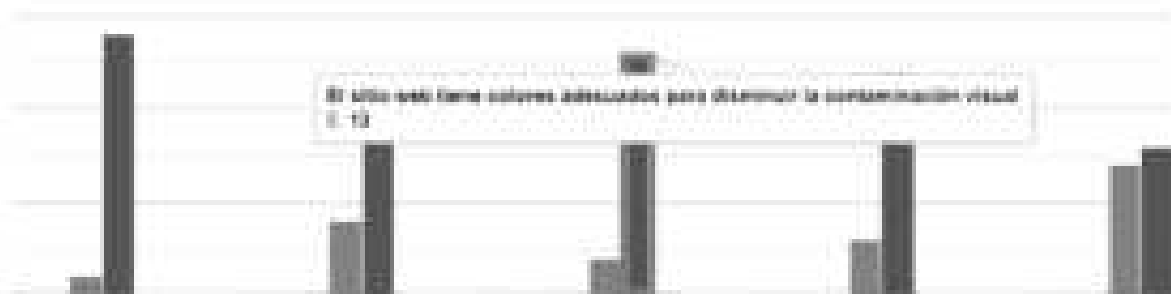


Figura 36. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 5
Pincay y Rodríguez, 2021

Referente a la pregunta sobre si el software se adapta a los diferentes dispositivos sean estos tabletas, laptop y celulares el 80.04% están de acuerdo con lo mencionado a diferencia del 19.96% equivalente a tres personas.



Figura 37. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 6
Pincay y Rodríguez, 2021

El 53.36% están de acuerdo con que el sistema utiliza mensajes emergentes para mostrar un proceso o mensaje del sitio web y el 46.64% no se encuentra de acuerdo con esta pregunta.

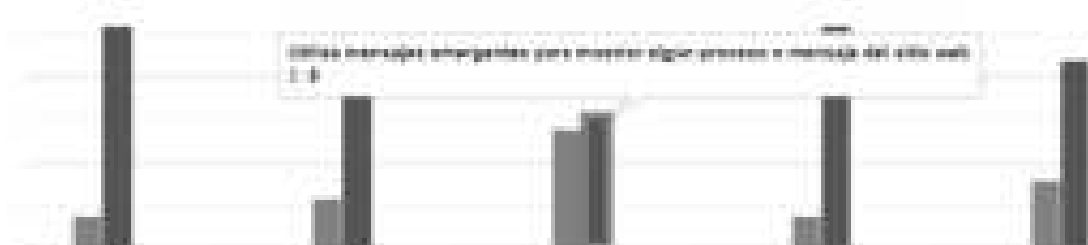


Figura 38. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 7
Pincay y Rodríguez, 2021

Para la pregunta sobre si el sistema usa imágenes acordes a la información que quiere transmitir la página el 86.71% está de acuerdo con la existencia de la misma, mientras que el 13.29% no lo ve así.

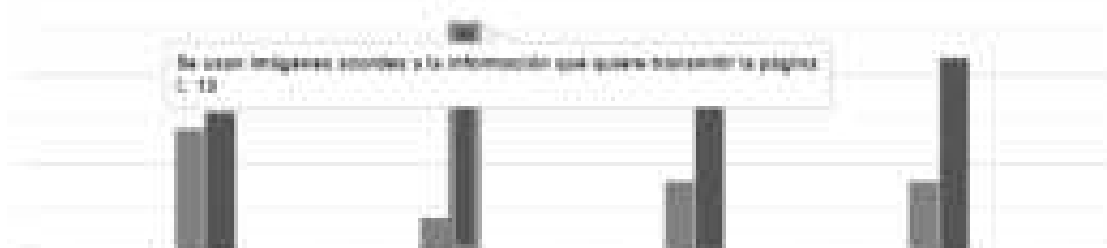


Figura 39. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 8
Pincay y Rodríguez, 2021

Sobre la pregunta de si la página web utiliza conceptos entendibles el 73.37% están totalmente de acuerdo y el 26.63% no se encuentra de acuerdo.



Figura 40. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 9
Pincay y Rodríguez, 2021

El 73.37% considera que existe un orden lógico en la información que se muestra en la página web, mientras que el 26.63% no está de acuerdo.

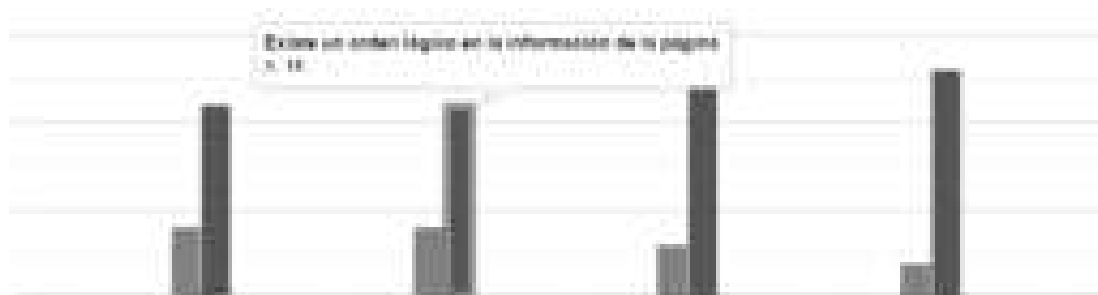


Figura 41. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 10
Pincay y Rodríguez, 2021

El 80.04% está totalmente de acuerdo con que es fácil volver a la página principal desde cualquier lugar del sistema, mientras que el 19.96% no se encuentran en total acuerdo con los demás participantes.



Figura 42. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 11
Pincay y Rodríguez, 2021

El 86.71% está totalmente de acuerdo con la coherencia entre el título de la página y el contenido que muestra a diferencia del 13.29% solo se encuentra de acuerdo con esta pregunta.

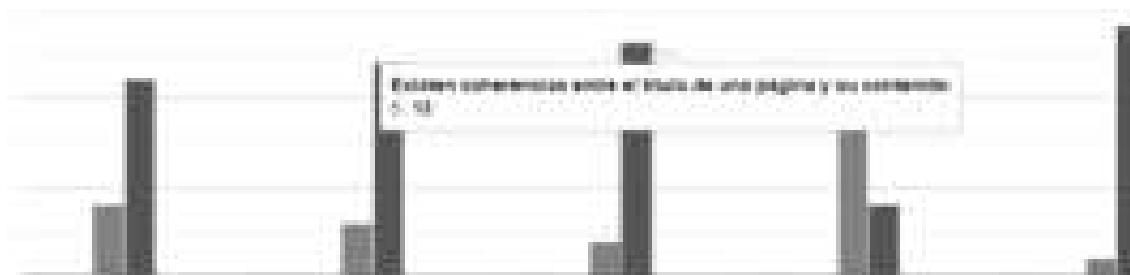


Figura 43. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 12
Pincay y Rodríguez, 2021

El 73.37% no está totalmente de acuerdo sobre que existan mensajes que prevengan posibles errores, mientras que el 26.63% considera que si existen y están de acuerdo.



Figura 44. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 13
Pincay y Rodríguez, 2021

A la pregunta de si es posible que el usuario reconozca donde se encuentra dentro del sistema el 93.38% se encuentra totalmente de acuerdo, mientras que el 6.62% equivalente a una persona no considera estar de acuerdo.



Figura 45. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 14
Pincay y Rodríguez, 2021

El 86.71% está totalmente de acuerdo y el 13.29% no considera que el sistema sea fácil de utilizar para los nuevos usuarios.

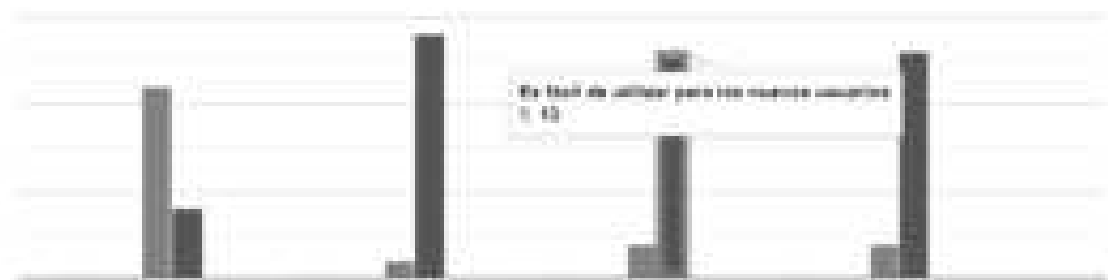


Figura 46. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 15
Pincay y Rodríguez, 2021

El 13.29% solo se encuentra de acuerdo con que el sistema cumple con los requerimientos necesarios para las expectativas del usuario, mientras que el 86.71% está totalmente de acuerdo con la pregunta en cuestión.

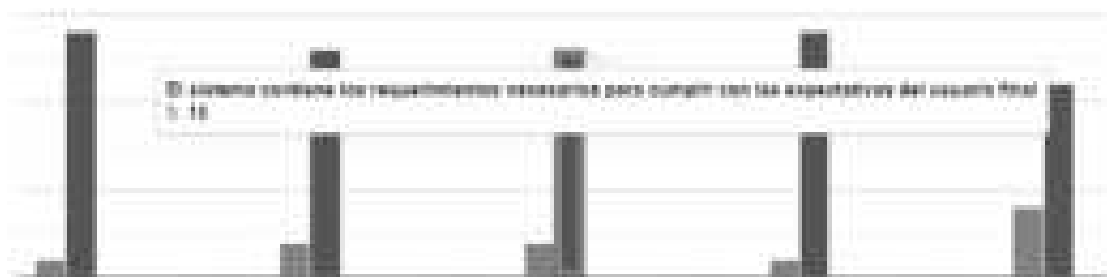


Figura 47. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 16
Pincay y Rodríguez, 2021

El sistema incluye información relevante, necesaria y sencilla con lo cual el 93.38% se encontró totalmente de acuerdo y el 6.62% no concuerda con los demás participantes.

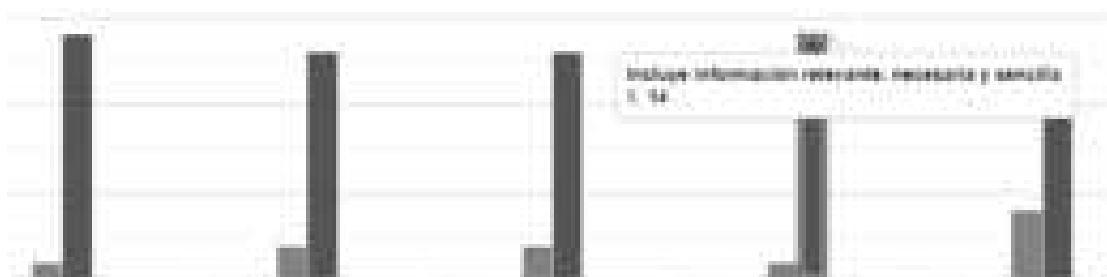


Figura 48. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 17
Pincay y Rodríguez, 2021

El 73.37% de los participantes está totalmente de acuerdo con que no existen redundancia de información mientras que el 26.63% solo está de acuerdo con la pregunta en cuestión.



Figura 49. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 18
Pincay y Rodríguez, 2021

A diferencia del 6.62% el 93.38% de los estudiantes se encuentran totalmente de acuerdo con la organización del contenido de la página web.



Figura 50. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 19
Pincay y Rodríguez, 2021

El 86.71% de los estudiantes están totalmente de acuerdo con el tipo y tamaño de la fuente utilizada en el sistema, mientras que el 13.29% solo concuerda con la pregunta.



Figura 51. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 20
Pincay y Rodríguez, 2021

El 39.97% no está totalmente de acuerdo con el 60.03% que en caso de ocurrir un error podrán reconocerlo fácilmente.

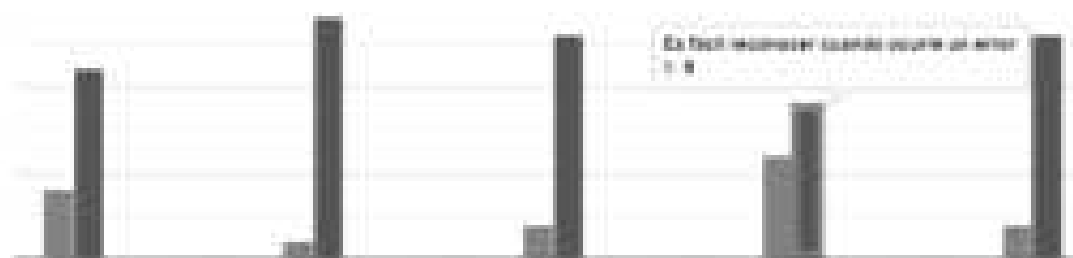


Figura 52. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 21
Pincay y Rodríguez, 2021

El 86.71% de los estudiantes en comparación con el 13.29% está totalmente de acuerdo con que después de ocurrir un error es fácil volver al sitio de origen.



Figura 53. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 22
Pincay y Rodríguez, 2021

El 13.29% de los estudiantes no se encuentra del todo de acuerdo con el 86.71% sobre la fácil utilización del sistema.

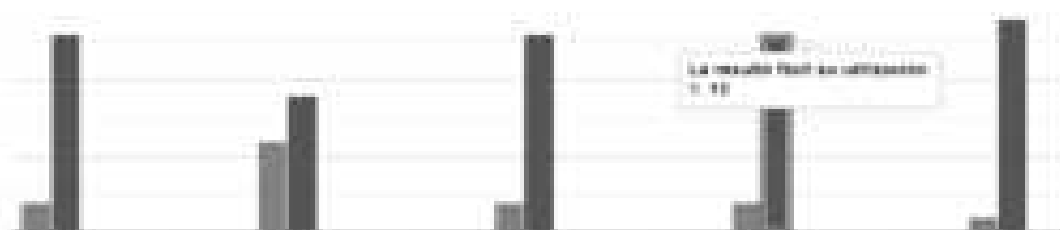


Figura 54. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 23
Pincay y Rodríguez, 2021

El 93.38% a diferencia del 6.62% equivalente a un estudiante se encuentran totalmente de acuerdo que mediante el manual de usuario se podrán ejecutar de manera correcta diferentes procesos dentro del sistema.

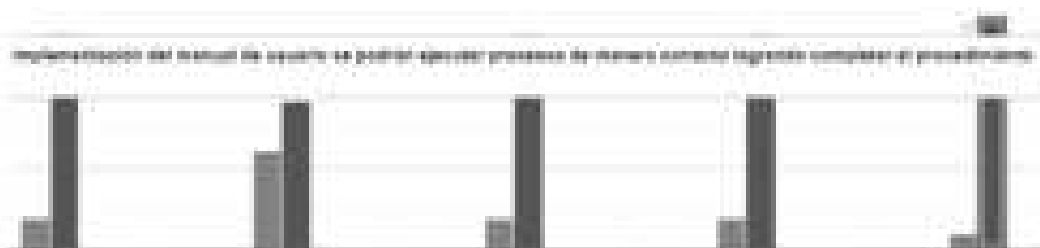


Figura 55. Tabulación usabilidad con usuarios, pregunta 24
Pincay y Rodríguez, 2021

9.7 Anexo 7. Diagramas para el desarrollo del software

DIAGRAMA DE CASO DE USO

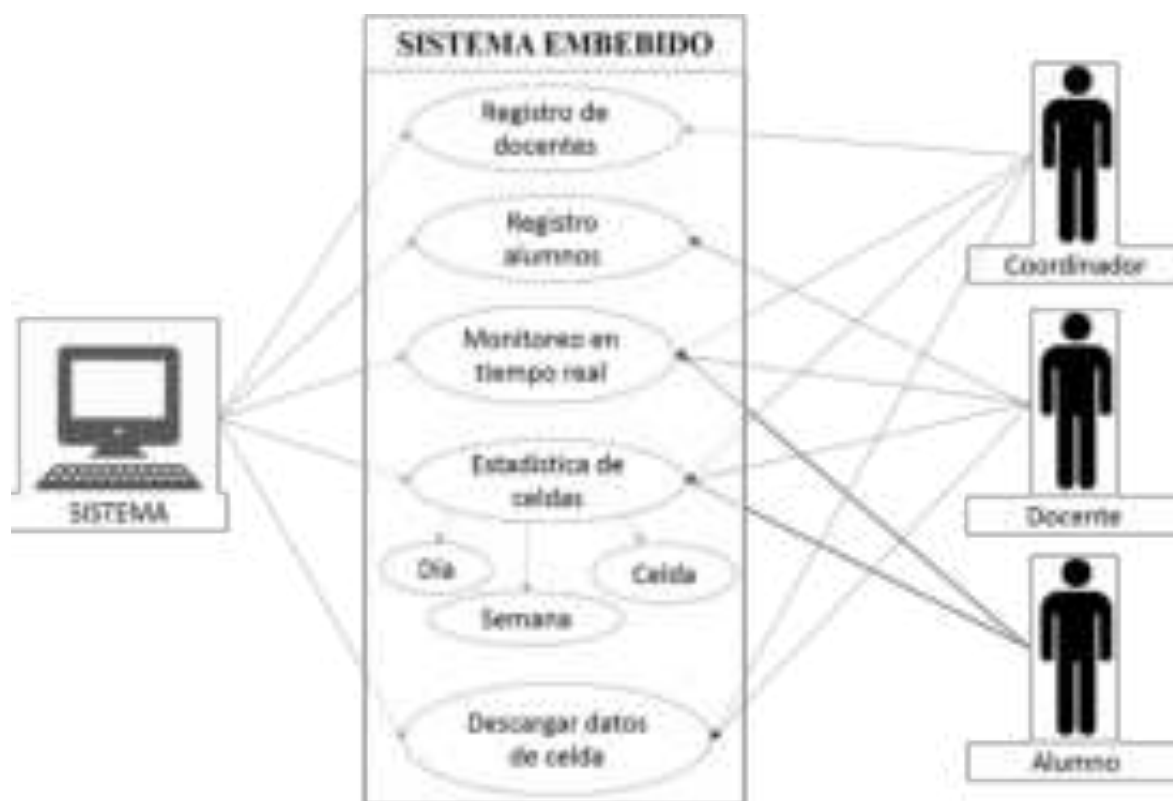


Figura 56. Diagrama de Caso de Uso
Pincay y Rodríguez, 2021

DIAGRAMA DE CASO DE USO DE TEXTO

Sistema embebido para medir la producción de energía con celdas de combustible microbianas

La siguiente propuesta trata del desarrollo de un sistema embebido a pequeña escala que ayudará en la medición de voltajes emitidos por la producción de energía mediante el uso de aguas residuales con la ayuda de celdas que permiten la transmisión de los datos captados por cada una de las celdas en la cual nos vamos a enfocar en el proceso de producción con su respectivo reporte, el cual podrá ser manipulado por estudiantes y docentes de la Universidad Agraria del Ecuador.

ACTIVIDADES

1. El súper usuario en este caso sería el coordinador de la carrera de Ingeniería Ambiental el cual será el encargado de asignar los docentes que dictarán las asignaturas de Microbiología y Aguas Residuales.
2. Una vez ya registrados los docentes se les asignará privilegios para poder administrar el sistema y a su vez ingresar a los estudiantes a sus respectivas asignaturas.
3. El docente asignado con ayuda de los alumnos debe depositar desechos y aguas residuales en cada una de las celdas para que posteriormente las puedan monitorear.
4. Una vez ya registrados podrán monitorear las diferentes celdas, la cual podrá ser en tiempo real, por día o por semanas. Esto será posible gracias a cuadros estadísticos.
5. Los docentes ya que cuenten con privilegios podrán descargar los datos recolectados de cada una de las celdas.

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES

El coordinador (súper usuario) debe ingresar al sistema para registrar a los docentes encargados de las asignaturas de Microbiología y Agua residual, a su vez asignar los privilegios, generarles un usuario y contraseña para el acceso al sistema y administración de sus respectivas asignaturas.

REGISTRO DE DOCENTE

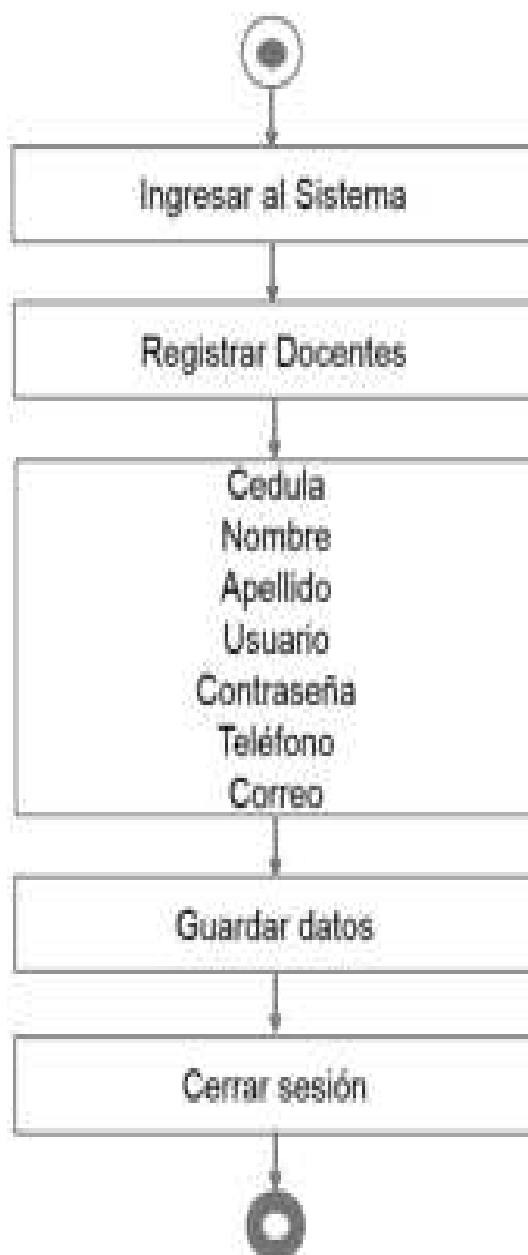


Figura 57. Diagrama de actividad - Registro de docente
Pincay y Rodríguez, 2021

Una vez registrado el docente este debe ingresar al sistema y registrar a los alumnos esto lo puede hacer de manera individual o grupal mediante un archivo.csv

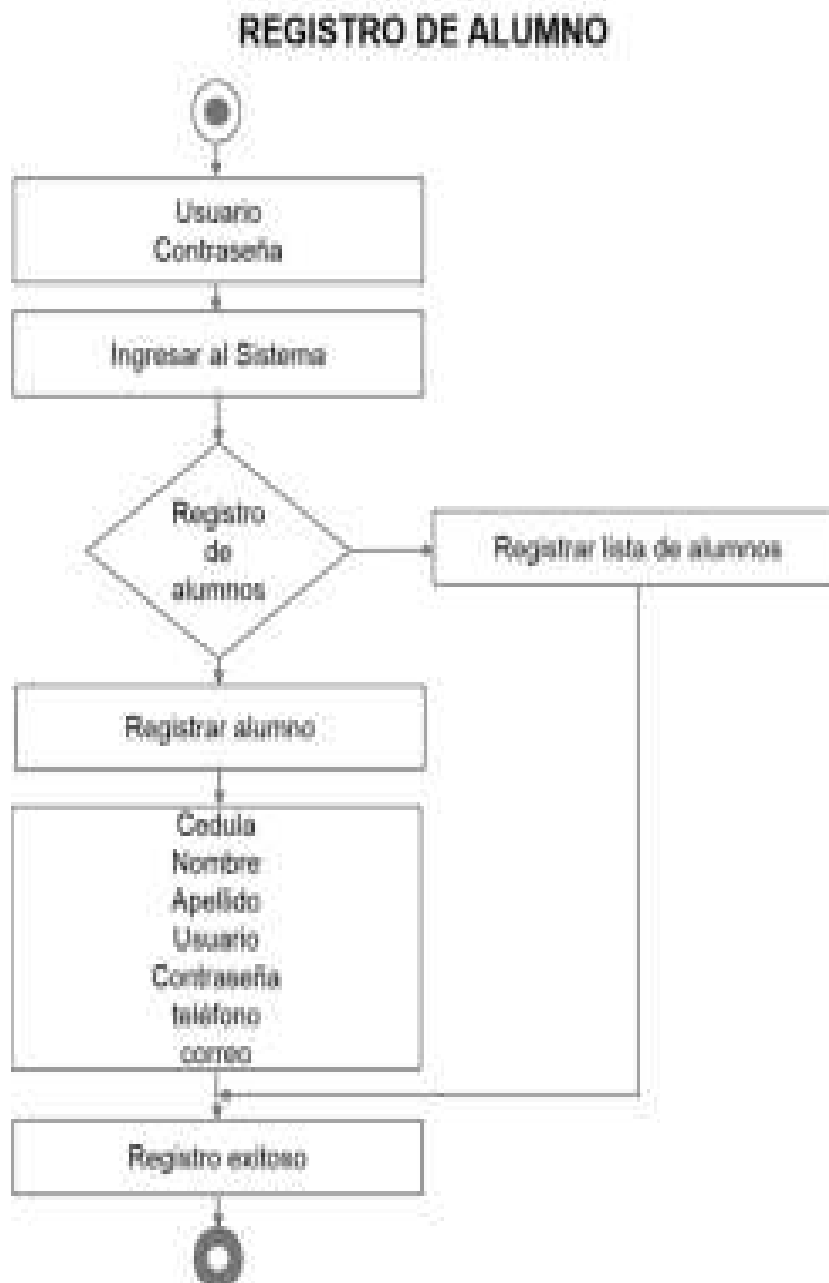


Figura 58. Diagrama de actividad - Registro de alumno
Pincay y Rodríguez, 2021

Una vez ya generado el usuario y contraseña de los usuarios deben ingresar al sistema en caso de no estar registrado pedir al docente que los registre en el sistema.

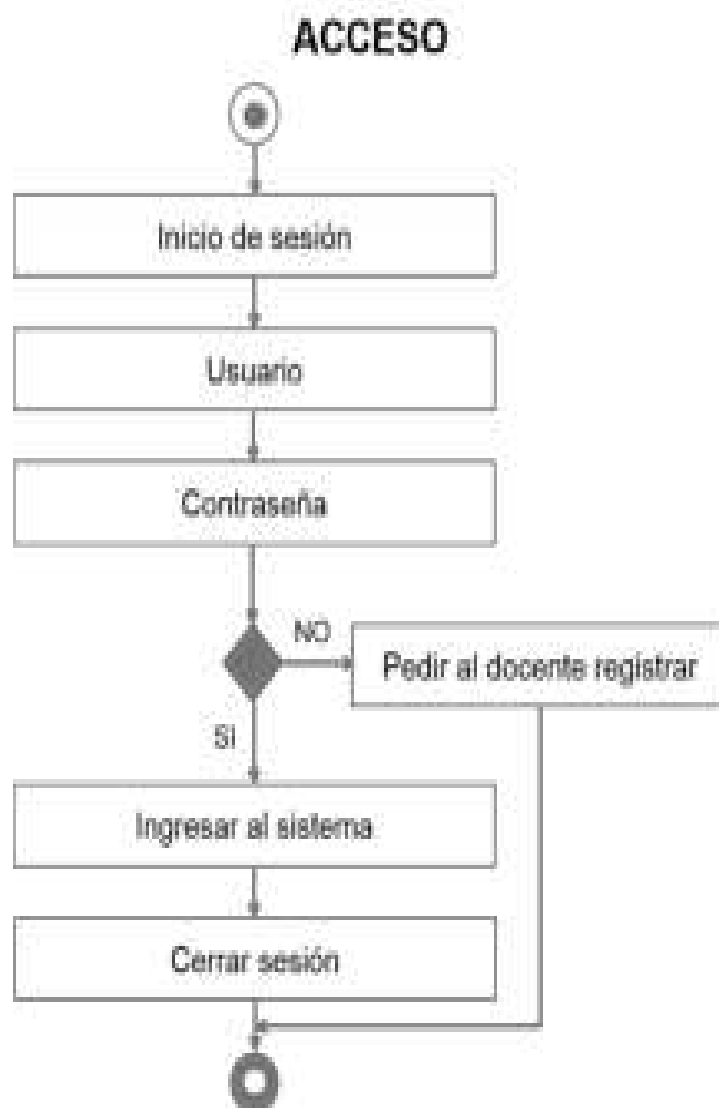


Figura 59. Diagrama de actividad - Acceso
Pincay y Rodríguez, 2021

Una vez que se tenga ya el usuario y contraseña, se deberá ingresar al sistema para poder realizar el respectivo monitoreo de las celdas las mismas que se pueden apreciar en tiempo real, pero si se desea visualizar los datos de una celda específica

deberá seleccionar la celda que desea revisar, seleccionar la fecha y a continuación se mostrará el valor de cada una de las celdas, los datos obtenidos por las mismas.

MONITOREO EN TIEMPO REAL



Figura 60. Diagrama de actividad - Monitoreo en tiempo real
Pincay y Rodríguez, 2021

Una vez dentro del sistema se selecciona la celda para poder visualizar los datos de las mismas y a continuación se mostrará una estadística del funcionamiento el cual se mostrará la variación de voltaje y temperatura, las mismas que pueden ser vistas por día, mes y generar un reporte.

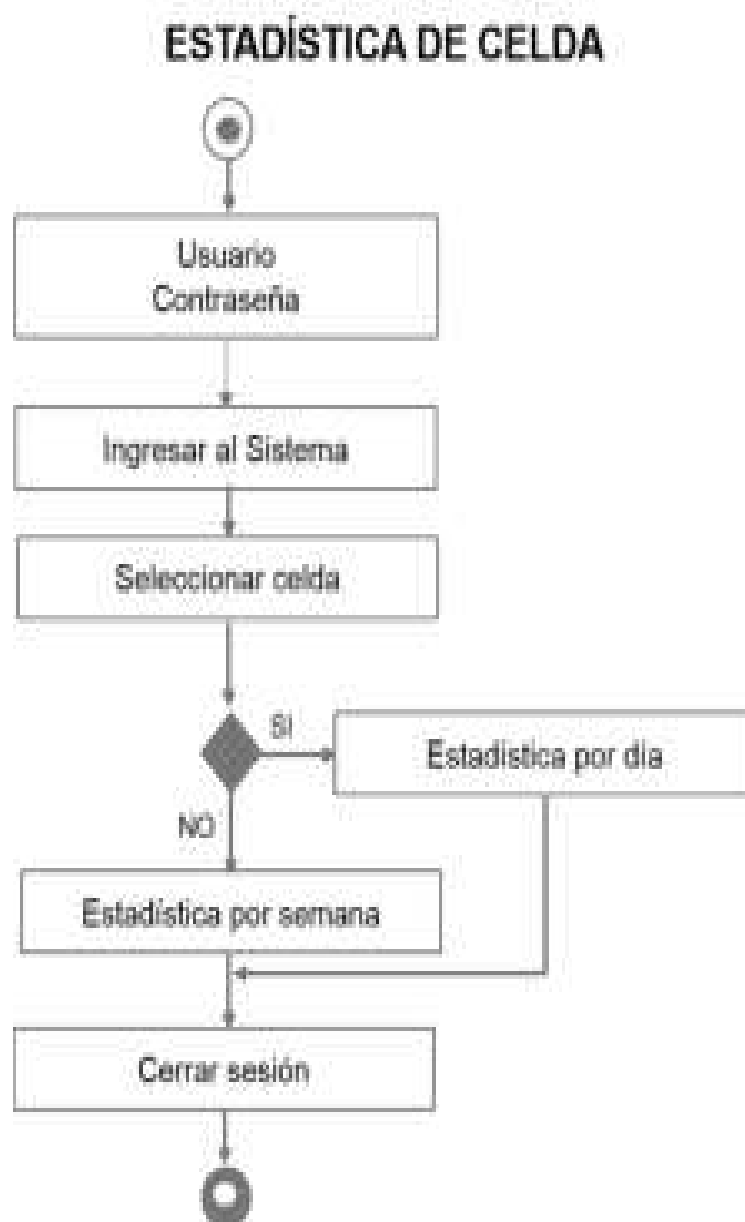


Figura 61. Diagrama de actividad - Estadística de celda
Pincay y Rodríguez, 2021

Una vez dentro del sistema se selecciona la celda, se visualizan los datos ya sea por día, mes o año; se genera un reporte de la variación que ha sufrido la celda y este solo lo puede descargar el docente.

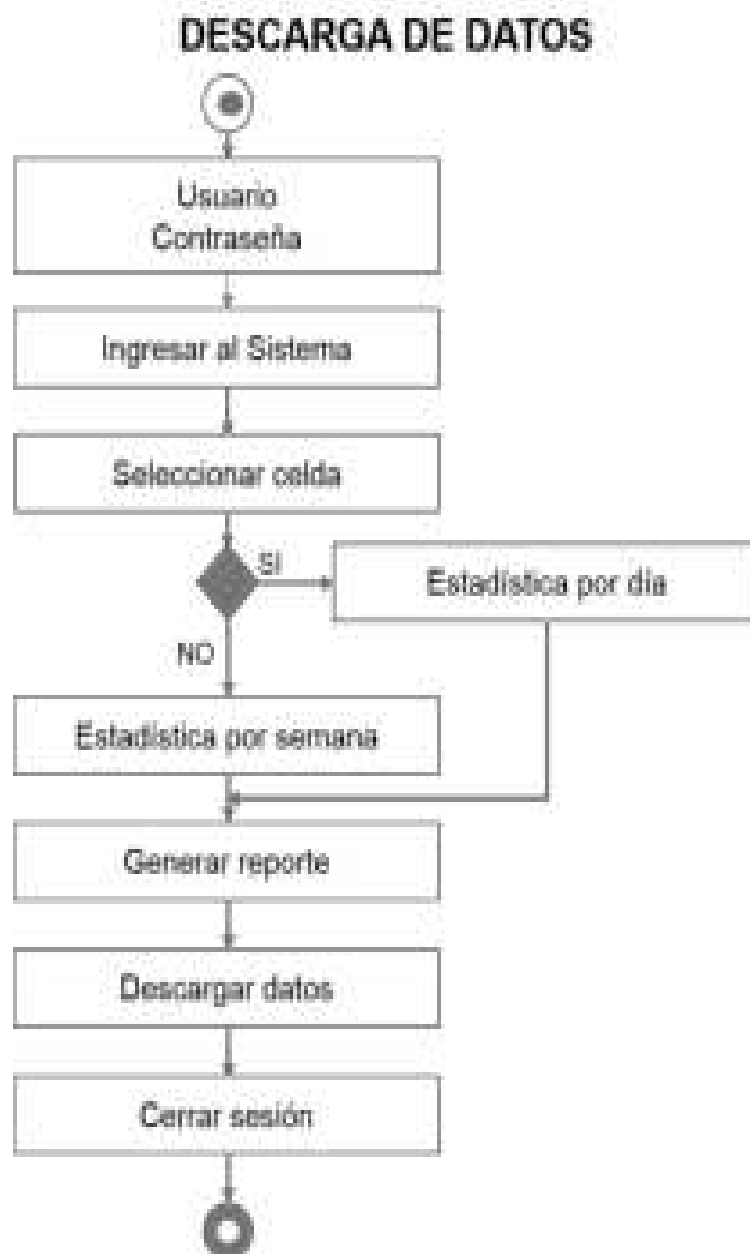


Figura 62. Diagrama de actividad - Descarga de datos
Pincay y Rodríguez, 2021

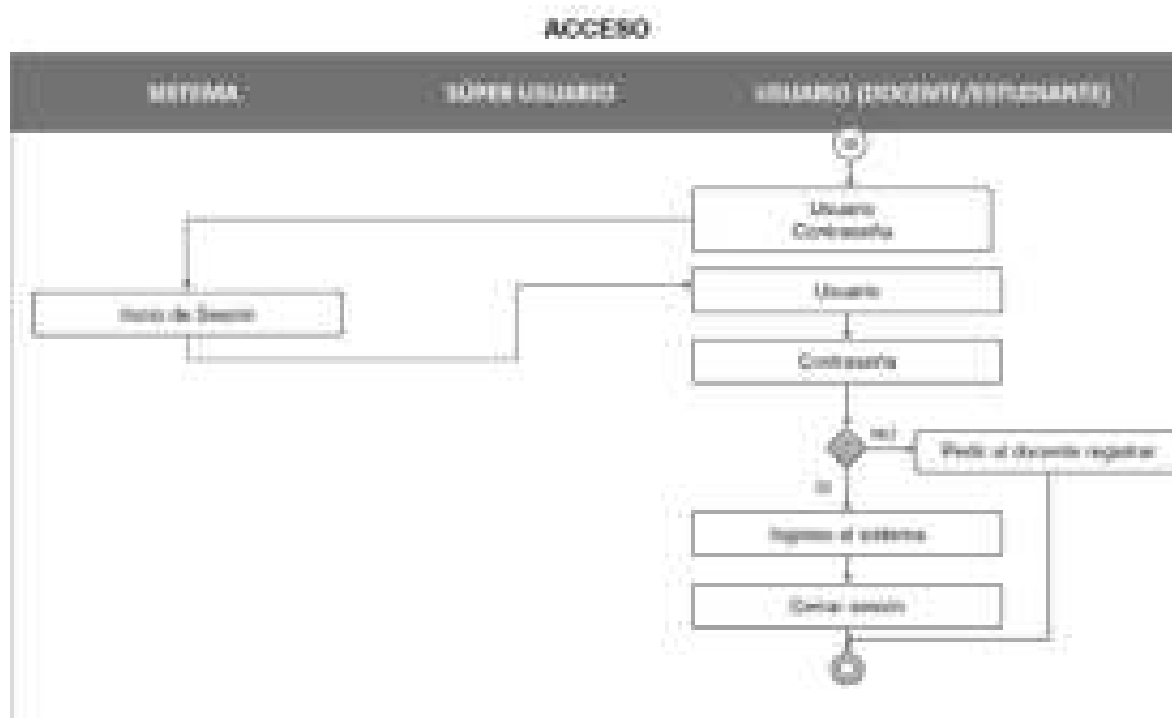


Figura 65. Diagrama de carril - Acceso
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 66. Diagrama de carril - Monitoreo en tiempo real
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 67. Diagrama de carril - Estadística de celda
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 68. Diagrama de carril - Descarga de datos
Pincay y Rodríguez, 2021

DIAGRAMA ENTIDAD-RELACIÓN

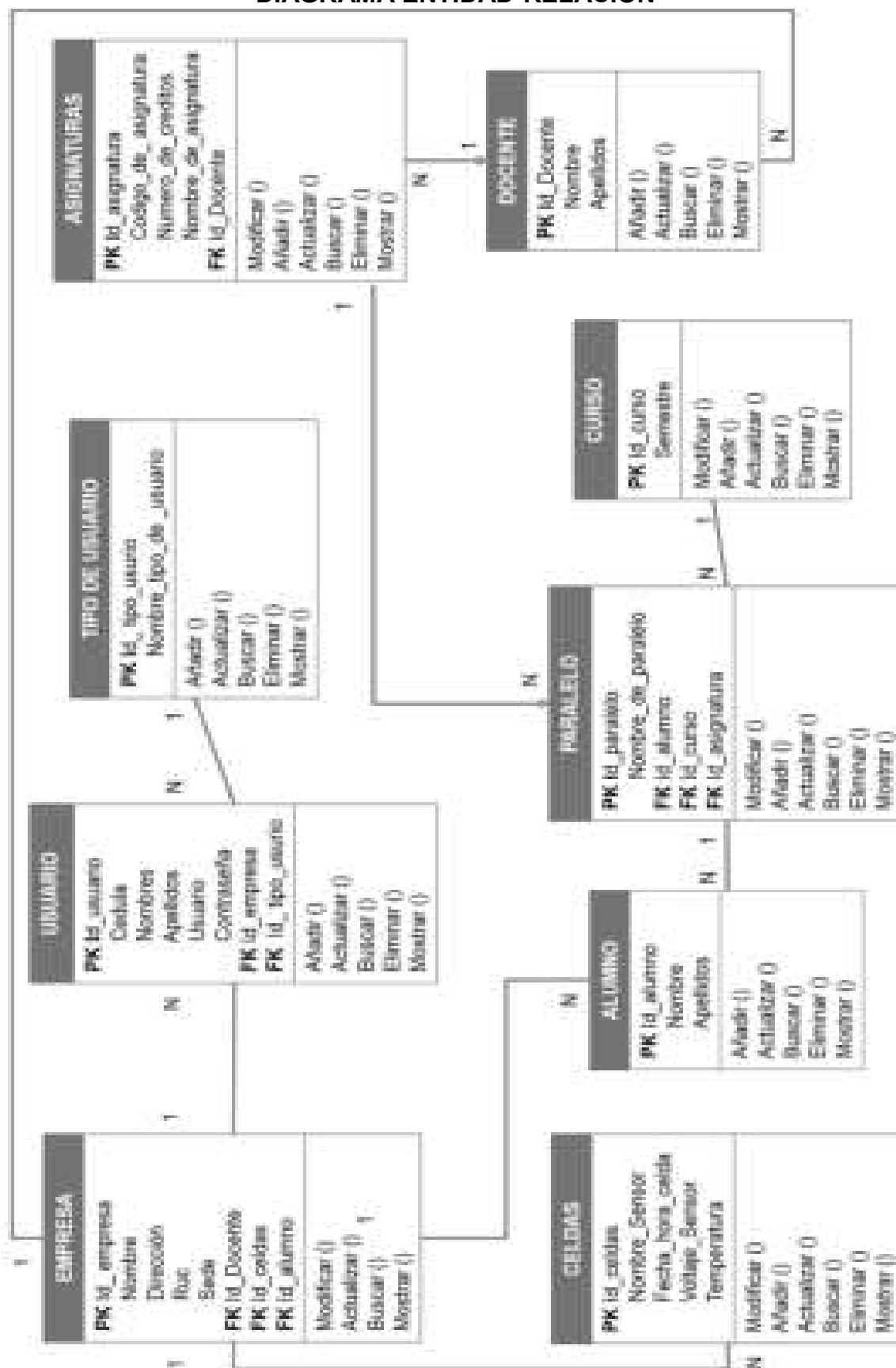


Figura 69. Diagrama Entidad-Relación
Pincay y Rodríguez, 2021

PAQUETE DE ANÁLISIS

Figura 71. Diagrama paquete de análisis
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 74. DFD - Nivel 1
Pincay y Rodríguez, 2021

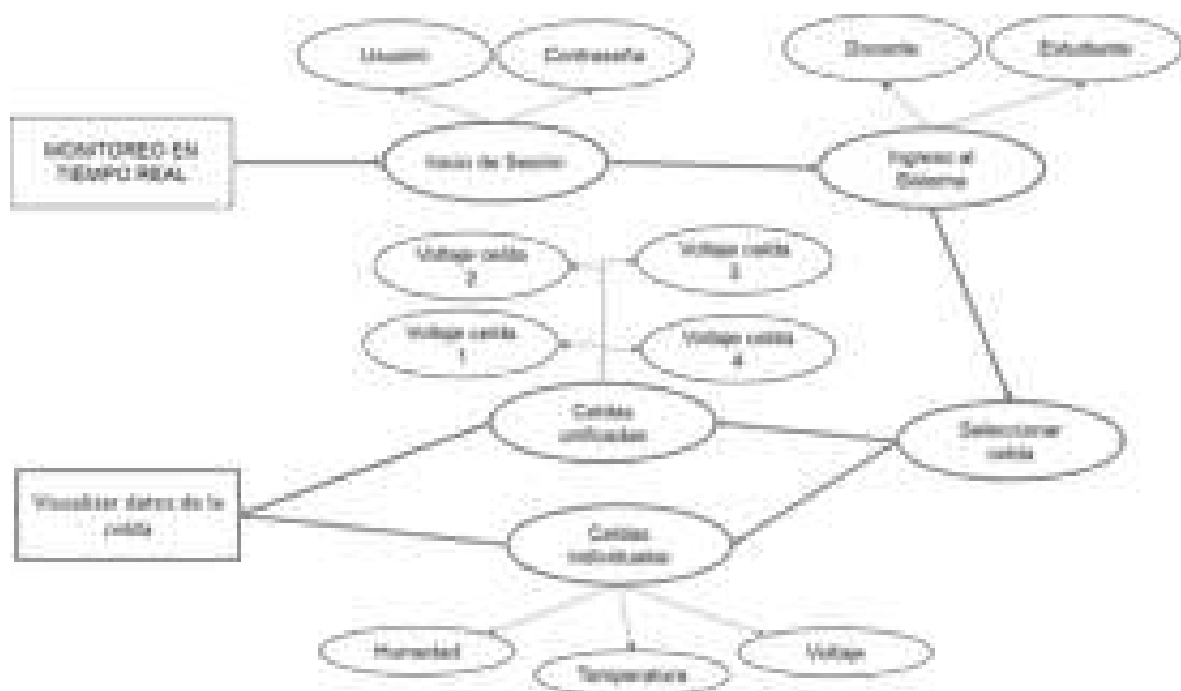


DIAGRAMA DE SECUENCIA

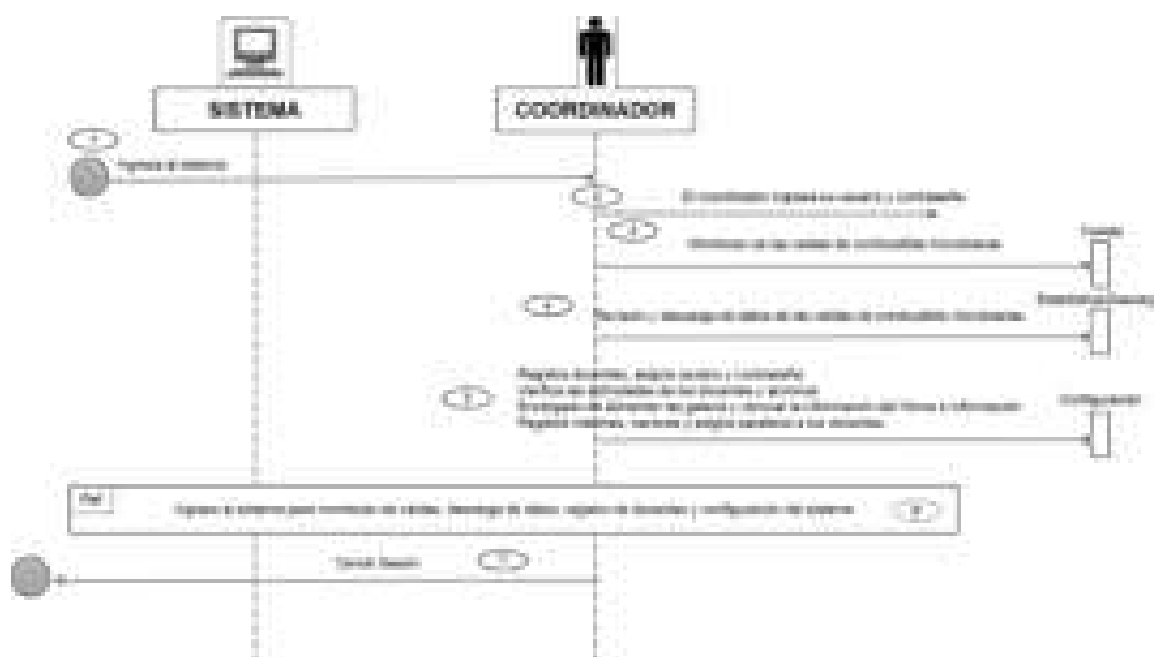


Figura 79. Diagrama de secuencia - Coordinador
Pincay y Rodríguez, 2021

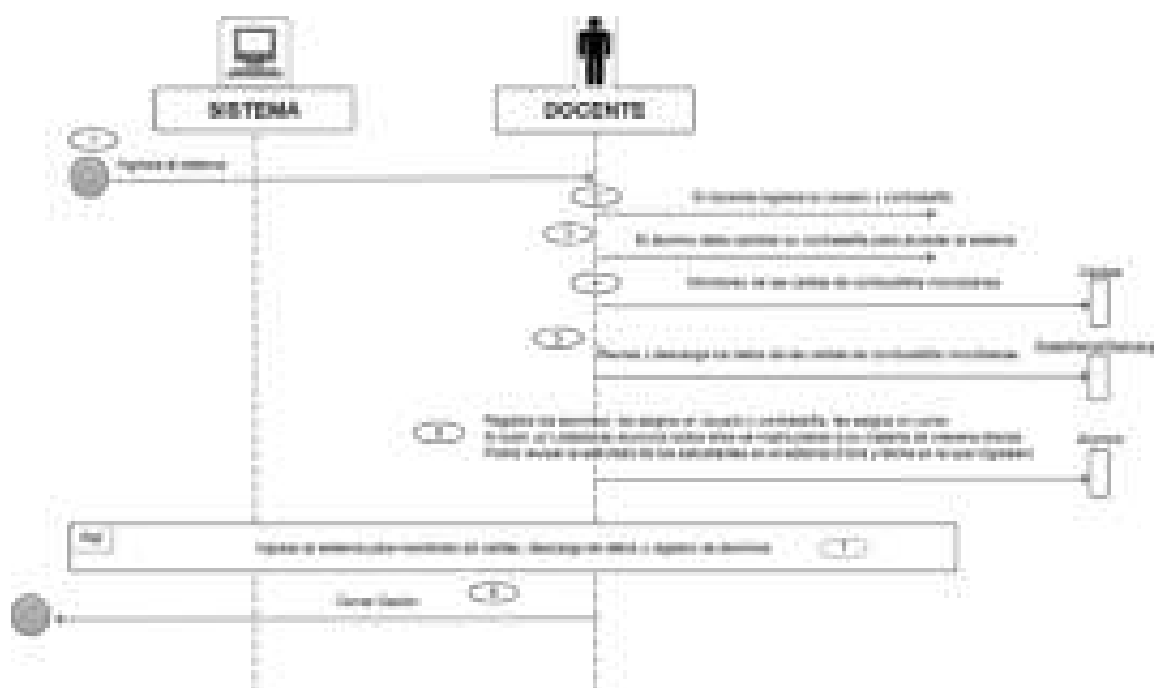


Figura 80. Diagrama de secuencia – Docente
Pincay y Rodríguez, 2021

JERARQUÍA DE CONTROL

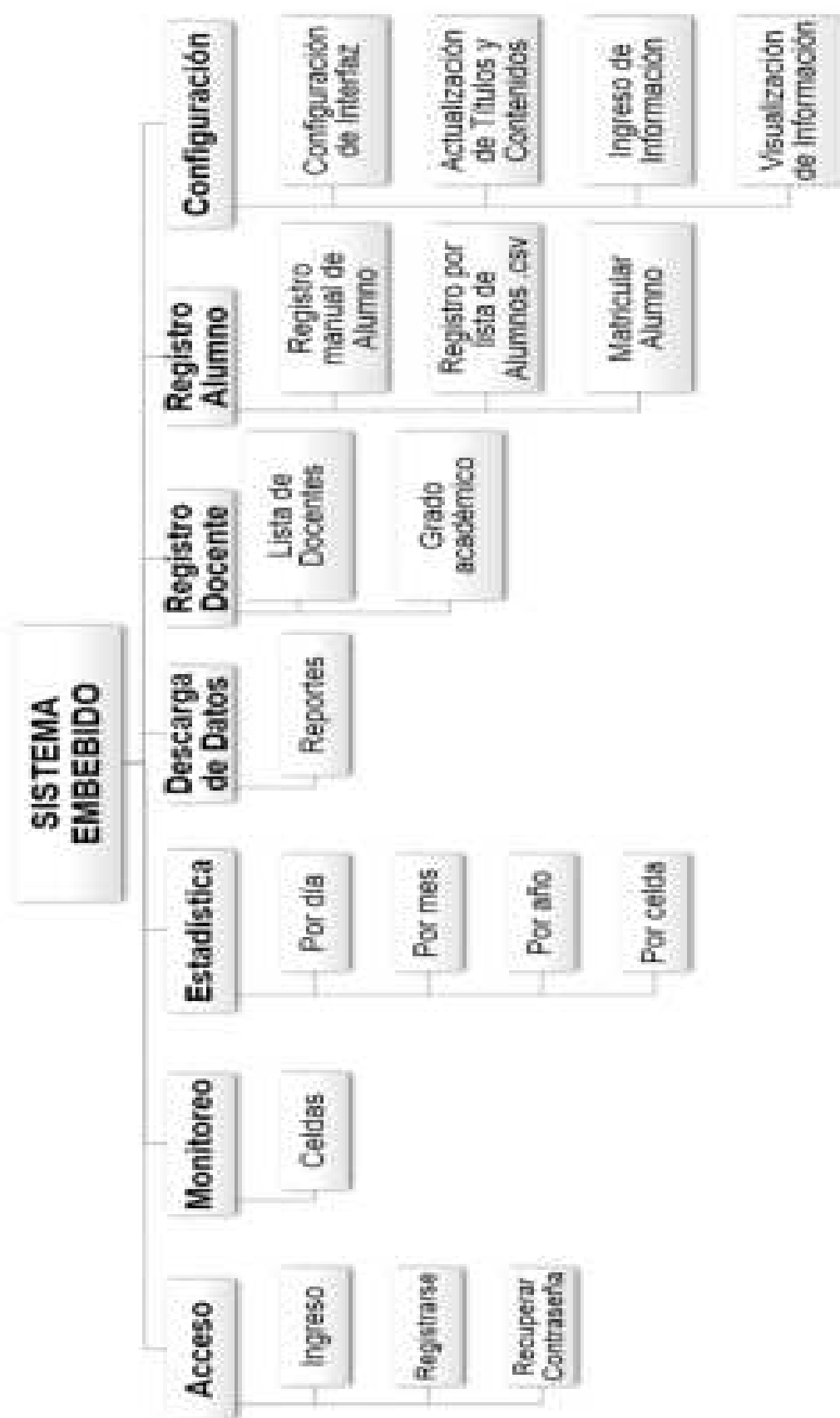


Figura 83. Jerarquía de control
Pincay y Rodríguez, 2021

DICCIONARIO DE DATOS

Tabla 6. Diccionario de Datos – Tabla alumno

Nombre de archivo: Alumno		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene el registro de todos los alumnos del Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_alumno	11	INT	Clave única de la tabla
Cedula	10	VARCHAR	Cédula del usuario
Nombre	120	VARCHAR	Nombre del usuario
Apellido	120	VARCHAR	Apellido del usuario
Id_usuario	11	INT	Clave única de la tabla usuario
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla Usuario		PK Id_alumno	
		FK Id_usuario	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 7. Diccionario de Datos – Tabla articulo

Nombre de archivo: Artículo		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene los títulos y contenidos del Home e Información del Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_articulo	11	INT	Clave única de la tabla
Codigo	10	VARCHAR	Código del artículo
Titulo	1000	VARCHAR	Título del artículo
Contenido	1000	INT	Contenido del artículo
Id_empresa	11	VARCHAR	Clave única de la tabla empresa
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla empresa		PK Id	
		FK Id_empresa	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 8. Diccionario de Datos – Tabla auditoria_usuario

Nombre de archivo: Auditoria_usuario		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Base de datos que contendrá el registro de los usuarios			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_auditoria_usuario	11	INT	Clave única de la tabla
Fecha	-	DATE	Fecha que ingresó el usuario
Hora	-	TIME	Hora que ingresó el usuario
Id_usuario	11	INT	Clave única de la tabla usuario
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla usuario		PK Id_auditoria_usuario	
		FK Id_usuario	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 9. Diccionario de Datos – Tabla carrera_asignatura

Nombre de archivo: Carrera_asignatura Fecha de creación: 24/02/2021

Descripción: Contiene la relación entre las tablas carrera y asignatura

CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_carrera_asignatura	11	INT	Clave única de la tabla
Id_carrera	11	INT	Clave única de la tabla carrera
Id_asignatura	11	INT	Clave única de la tabla asignatura
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla carrera, asignatura		PK Id_carrera_asignatura	
		FK Id_carrera	
		FK Id_asignatura	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 10. Diccionario de Datos – Tabla asignatura

Nombre de archivo: Asignatura Fecha de creación: 24/02/2021

Descripción: Se encuentran registradas todas las asignaturas.

CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_asignatura	11	INT	Clave única de la tabla
Codigo	50	VARCHAR	Código de la asignatura
Nombre	150	VARCHAR	Nombre de la asignatura
Credito	25	VARCHAR	Crédito de la asignatura
Estado_actual	11	INT	Estado actual (activa o dada de baja) de la asignatura
Relaciones:		Campos claves:	
		PK Id_asignatura	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 11. Diccionario de Datos – Tabla carrera

Nombre de archivo: Carrera Fecha de creación: 24/02/2021

Descripción: Esta tabla contiene todas las carreras que se ingresen en el Sistema.

CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_carrera	11	INT	Clave única de la tabla
Nombre	500	VARCHAR	Nombre de la Carrera
Id_empresa	11	INT	Clave única de la tabla empresa
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla empresa		PK Id_carrera	
		FK Id_empresa	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 12. Diccionario de Datos – Tabla coordinador

Nombre de archivo: coordinador		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene a los usuarios registrados como coordinadores dentro del Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_coordinador	11	INT	Clave única de la tabla
Cedula	10	VARCHAR	Cédula del coordinador
Nombre	300	VARCHAR	Nombre del coordinador
Apellido	300	VARCHAR	Apellido del coordinador
Id_usuario	11	INT	Clave única de la tabla usuario
Telefono	10	VARCHAR	Teléfono del coordinador
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla usuario		PK Id_coordinador	
		FK Id_usuario	

Pincav y Rodríguez. 2021

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 13. Diccionario de Datos – Tabla celda

Nombre de archivo: Celda		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene los registros de los datos que envían las celdas al Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_celda	11	INT	Clave única de la tabla
Nombre_sensor	10	VARCHAR	Nombre del sensor
Fecha_hora	-	DATETIME	Fecha y hora de los datos que fueron captados
Voltaje_sensor	-	FLOAT	Voltaje de cada sensor
Temperature	10	VARCHAR	Temperatura de la caja contenedora
Humedad	10	VARCHAR	Humedad de la caja contenedora
Id_empresa	11	INT	Clave única de la tabla empresa
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla empresa		PK Id_celda	
		FK Id_empresa	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 14. Diccionario de Datos – Tabla semestre

Nombre de archivo: Semestre		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Aquí se encuentran todos los cursos que serán registrados en el Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_semestre	11	INT	Clave única de la tabla
Nombre	100	VARCHAR	Semestre creado
Relaciones:		Campos claves:	
		PK Id_semestre	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 15. Diccionario de Datos – Tabla docente

Nombre de archivo: Docente		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene a todos los docentes del Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_docente	11	INT	Clave única de la tabla
Cedula	10	VARCHAR	Cédula del docente
Nombre	120	VARCHAR	Nombre del docente
Apellido	120	VARCHAR	Apellido del docente
Id_usuario	11	INT	Clave única de la tabla usuario
Telefono	10	VARCHAR	Teléfono del docente
Profesión	500	VARCHAR	Seleccionar la profesion del docente
Id_grado_academico	11	INT	Clave única de la tabla grado académico
Relaciones:		Campos claves:	
		PK Id_docente	
Tabla usuario		FK Id_usuario	
		FK Id_grado_academico	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 16. Diccionario de Datos – Tabla docente_paralelo

Nombre de archivo: docente_paralelo		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene la relación entre las tablas docente y paralelo			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_docente_paralelo	11	INT	Clave única de la tabla
Id_paralelo	11	INT	Clave única de la tabla paralelo
Id_docente	11	INT	Clave única de la tabla docente
Fecha_asignacion	-	DATE	Fecha de asignación del paralelo al docente
Estado_actual	11	INT	Estado actual (activa o dada de baja)
Relaciones:		Campos claves:	
		PK Id_docente_paralelo	
Tabla docente, paralelo		FK Id_paralelo	
		FK Id_docente	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 17. Diccionario de Datos – Tabla galería

Nombre de archivo: Galería		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Se encuentran todas las imágenes del Home e Información.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_galeria	11	INT	Clave única de la tabla
Foto	500	VARCHAR	El número de la imagen (auto incrementable)
Fecha_subida	-	DATE	Fecha en la que se subió la imagen
Name_galery	500	VARCHAR	Nombre que se le dio a la galería
Id_empresa	11	INT	Clave única de la tabla empresa
Estado	11	INT	Estado actual de la imagen (si se encuentra en uso o fue eliminada del sistema)
destino	200	VARCHAR	El destino muestra si la imagen está asignada en Home o Información
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla empresa		PK Id_galeria FK Id_empresa	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 18. Diccionario de Datos – Tabla empresa

Nombre de archivo: Empresa		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene a la empresa para la cual es desarrollado el Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_empresa	11	INT	Clave única de la tabla
Nombre	120	VARCHAR	Nombre de la empresa
Direccion	500	VARCHAR	Dirección de la empresa
Ruc	13	VARCHAR	RUC de la empresa
Sede	200	VARCHAR	Sedes que contiene la empresa
Id_usuario	11	INT	Clave única de la tabla usuario
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla usuario		PK Id_empresa	
		FK Id_usuario	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 19. Diccionario de Datos – Tabla matricula

Nombre de archivo: Matricula		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Se encuentran todos los periodos que existen y que están siendo usados en el Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_matricula	11	INT	Clave única de la tabla
Id_periodo_lectivo	100	VARCHAR	Periodos que existen
Id_alumno	11	INT	Clave única de la tabla alumno
Estado_actual	11	INT	Estado actual de la matricula
Id_asignar	11	INT	Clave única de la tabla alumno
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla matricula, carrera, alumno, paralelo		PK Id_matricula	
		FK Id_periodo_lectivo	
		FK Id_alumno	
		FK Id_asignar	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 20. Diccionario de Datos – Tabla paralelo

Nombre de archivo: Paralelo		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Se encuentran todos los paralelos asignados			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_paralelo	11	INT	Clave única de la tabla
Nombre	300	VARCHAR	Nombre del paralelo
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla curso, asignar		PK Id_paralelo	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 21. Diccionario de Datos – Tabla pantalla

Nombre de archivo: pantalla		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Aquí se encuentran definidas cada una de las pantallas del Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Codigo_pantalla	10	INT	Clave única de la tabla
Descripcion	200	VARCHAR	Descripcion de la pantalla asignada
Archivo	200	VARCHAR	Archivo asignado a la pantalla
Relaciones:		Campos claves:	
		PK Codigo_pantalla	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 22. Diccionario de Datos – Tabla rol

Nombre de archivo: Rol		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Roles existentes en la BD.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_rol	11	INT	Clave única de la tabla
Nombre	100	VARCHAR	Nombre del rol
Relaciones:		Campos claves: PK Id_rol	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 23. Diccionario de Datos – Tabla pin_cambio_password

Nombre de archivo: Pin_cambio_password		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Los cambios de claves que el usuario ha realizado.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_PIN_cambio_seguridad	11	INT	Clave única de la tabla
Pin	1000	VARCHAR	Pin enviado mediante el link de cambio de clave
Id_usuario	11	INT	Clave única de la tabla usuario
Fecha_generado	-	DATETIME	Fecha en la que se generó el cambio
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla usuario		PK Id_PIN_cambio_seguridad	
		FK Id_usuario	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 24. Diccionario de Datos – Tabla sede_carrera

Nombre de archivo: Sede_carrera		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene la relación entre las tablas sede y carrera.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_sede_carrera	11	INT	Clave única de la tabla
Id_carrera	11	INT	Clave única de la tabla carrera
Id_sede	11	INT	Clave única de la tabla sede
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla sede_carrera, carrera, sede		PK Id_sede_carrera	
		FK Id_asignatura	
		FK Id_sede	

Pincav y Rodríguez. 2021

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 25. Diccionario de Datos – Tabla rol_pantalla

Nombre de archivo: Rol_pantalla		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Se muestran las asignaciones de pantallas para cada rol.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_rol_pantalla	11	INT	Clave única de la tabla
Id_rol	11	INT	Clave única de la tabla rol
Codigo_pantalla	4	CHAR	Clave única de la tabla pantalla
Accion	500	VARCHAR	Que puede ver cada rol (permisos)
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla rol, pantalla		PK Id_rol_pantalla	
		FK Id_rol	
		FK Codigo_pantalla	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 26. Diccionario de Datos – Tabla sede

Nombre de archivo: sede		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene las sedes de la empresa.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_sede	11	INT	Clave única de la tabla
Nombre	500	VARCHAR	Nombre de la sede
Direccion	500	VARCHAR	Dirección de la sede
Relaciones:		Campos claves:	
		PK Id_sede	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 27. Diccionario de Datos – Tabla asignar

Nombre de archivo: Asignar		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene la relación entre diferentes tablas para la asignación de un docente a una materia.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_asignar	11	INT	Clave única de la tabla
Id_semestre	11	INT	Clave única de la tabla carrera
Id_asignatura	11	INT	Clave única de la tabla sede
Ciclo	50	VARCHAR	Ingreso del ciclo
Id_paralelo	11	INT	Clave única de la tabla paralelo
Id_docente	11	INT	Clave única de la tabla docente
Fecha_asignación	-	DATE	Fecha en que se realizó una asignación
Estado_actual	11	INT	Estado activo o inactivo
Id_carrera	11	INT	Clave única de la tabla carrera
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla semestre, asignatura, paralelo, docente, carrera		PK Id_asignar	
		FK Id_semestre	
		FK Id_asignatura	
		FK Id_paralelo	
		FK Id_docente	
		FK Id_carrera	

Pincay y Rodríguez, 2021

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 28. Diccionario de Datos – Tabla periodo_lectivo

Nombre de archivo: Periodo_lectivo		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene los campos necesarios para la creación de periodos lectivos.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_periodo_lectivo	11	INT	Clave única de la tabla
Fecha_inicio	11	INT	Fecha que inicia un periodo lectivo
Fecha_fin	11	INT	Fecha que finaliza un periodo lectivo
nombre	150	VARCHAR	Nombre del periodo lectivo
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla sede_carrera, carrera, sede		PK Id_sede_carrera	
		FK Id_asignatura	
		FK Id_sede	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 29. Diccionario de Datos – Tabla usuario

Nombre de archivo: usuario		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene el registro de todos los usuarios del Sistema.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_usuario	11	INT	Clave única de la tabla
Nombre	120	VARCHAR	Nombre del usuario
Correo	120	VARCHAR	Correo del usuario
Username	200	VARCHAR	Usuario
Contraseña	200	VARCHAR	Contraseña del usuario
Fecha_creacion	-	DATETIME	Fecha en la que se creó el usuario
Id_rol	11	INT	Clave única de la tabla rol
Style	50	VARCHAR	Style del usuario
foto	500	VARCHAR	Foto del usuario
Cedula	10	VARCHAR	Cédula del usuario
Inicializado	11	INT	Si el usuario ya se encuentra ingresado al sistema
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla rol		PK Id_usuario	
		FK Id_rol	

Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla 30. Diccionario de Datos – Tabla grado_academico

Nombre de archivo: Grado_academico		Fecha de creación: 24/02/2021	
Descripción: Contiene los campos para ingresar los grados académicos de los docentes.			
CAMPO	TAMAÑO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Id_grado_academico	11	INT	Clave única de la tabla
Nombre	500	VARCHAR	Nombre de grado académico
Abreviatura	10	VARCHAR	Abreviatura del grado académico
Relaciones:		Campos claves:	
Tabla docente		PK Id_grado_academico	

Pincay y Rodríguez, 2021

9.8 Anexo 8. Imágenes de la construcción de las Celdas



Figura 84. Modelos de Celdas
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 85. Búsqueda y elección del contenido óptimo
Pincay y Rodríguez, 2021

Tabla de Mediciones de Resultados de Celdas de Combustible Microbianas												
Componentes de Celdas	20 de Julio		NPK	21 de Julio					22 de Julio			
	Sin dosis de NPK			Sin reoscer		Después de reoscer y agrega NPK			Tarde		Noche	
	Milivoltios	Amperaje		Amperaje	Milivoltios	NPK	Milivoltios	Amperaje	Milivoltios	Amperaje	Milivoltios	Amperaje
Sin NPK	360	0	0 GOTAS	350	0	0 GOTAS	206	0.01	400	0	600	0
Medio NPK	0.09	0	3 GOTAS	0.09	0	5 GOTAS	0.37	0	-32	0	327	0.01
DOBLE NPK	0	0	6 GOTAS	0	0	10 GOTAS	172	0.01	378	0.02	720	0.03

Una vez escogido el Modelo 2 de las celdas, se procede a realizar las pruebas y para ello se agrega el NPK que es un componente que actúa como biónico el cual se encargará de alimentar a las bacterias y para ello las medidas se han realizado en horarios diferentes para poder verificar su producción de energía, es decir la variación de las voltajes.

Figura 86. Tabla de resultados obtenidos en la prueba de contenido
Pincay y Rodríguez, 2021

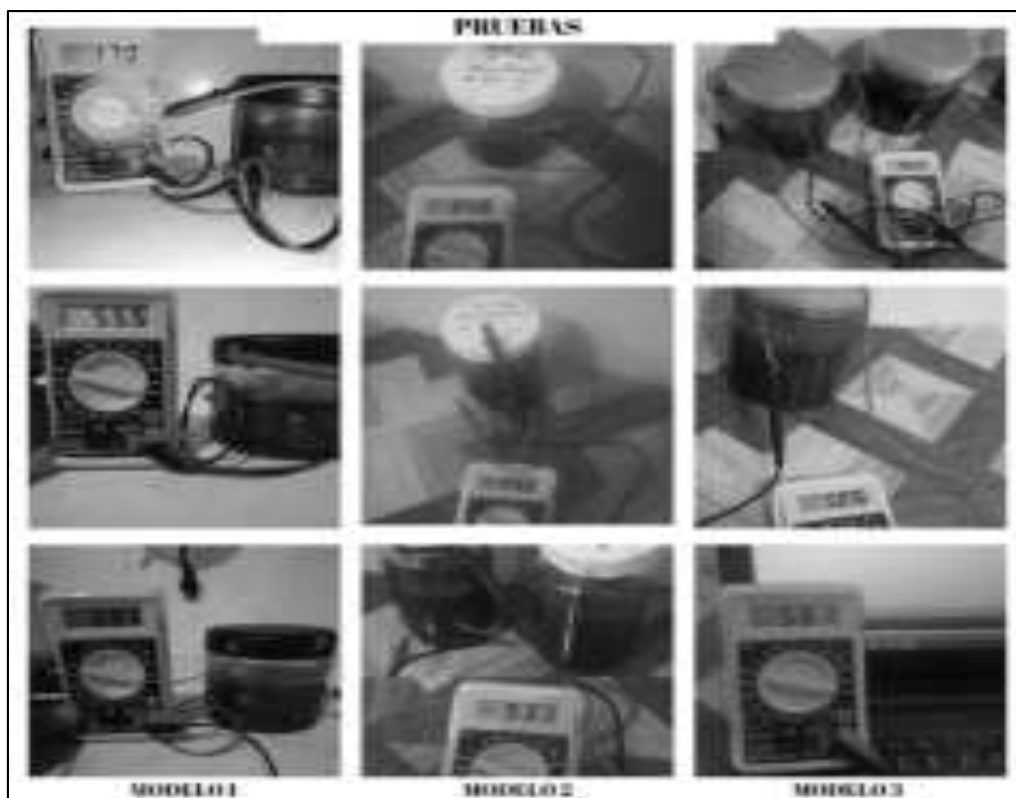


Figura 87. Pruebas realizadas con los contenidos de las celdas Pincay y Rodríguez, 2021

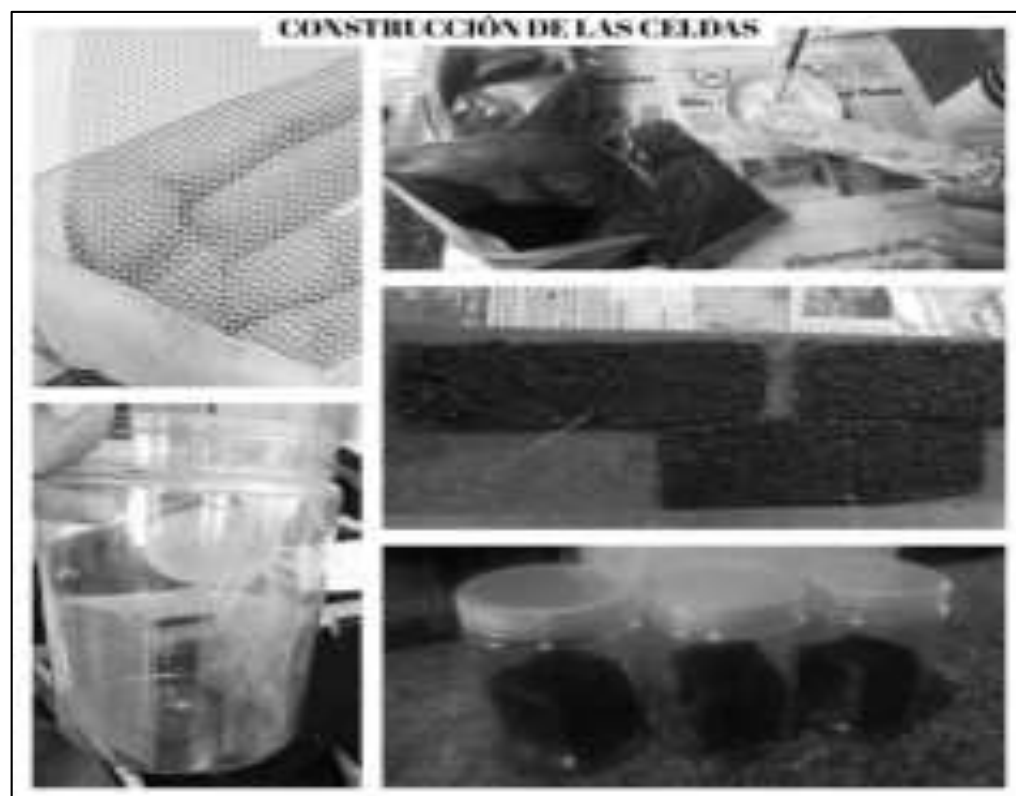


Figura 88. Construcción de las Celdas Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 89. Desechos líquidos: Agua residual y Agua de camaronera Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 90. Desechos sólidos: Lodo Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 91. Contenido de las Celdas
Pincay y Rodríguez, 2021

9.9 Anexo 9. Imágenes de la construcción del Hardware y Software

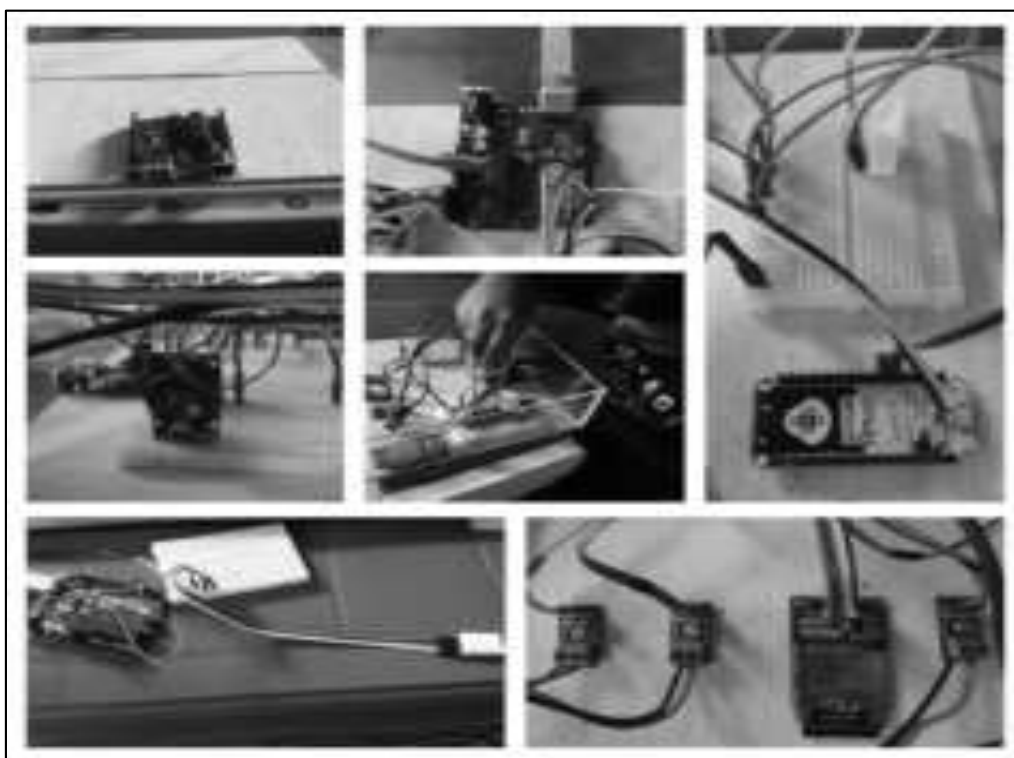


Figura 92. Conexión de los componentes del Hardware
Pincay y Rodríguez, 2021

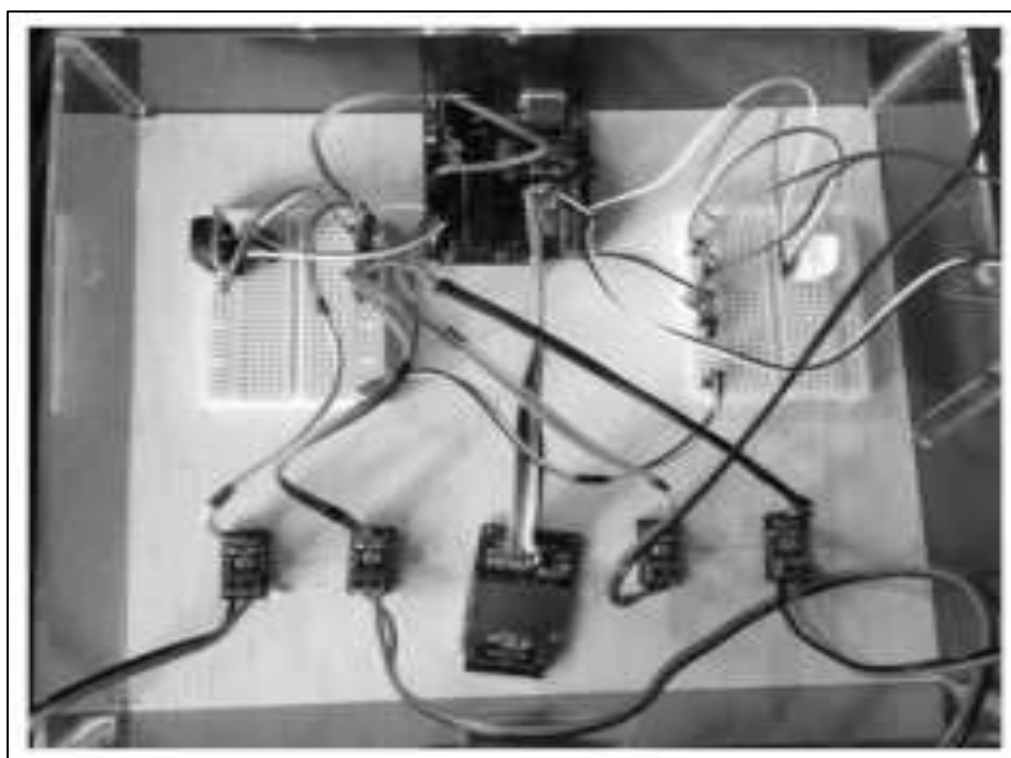


Figura 93. Conexión del Hardware
Pincay y Rodríguez, 2021

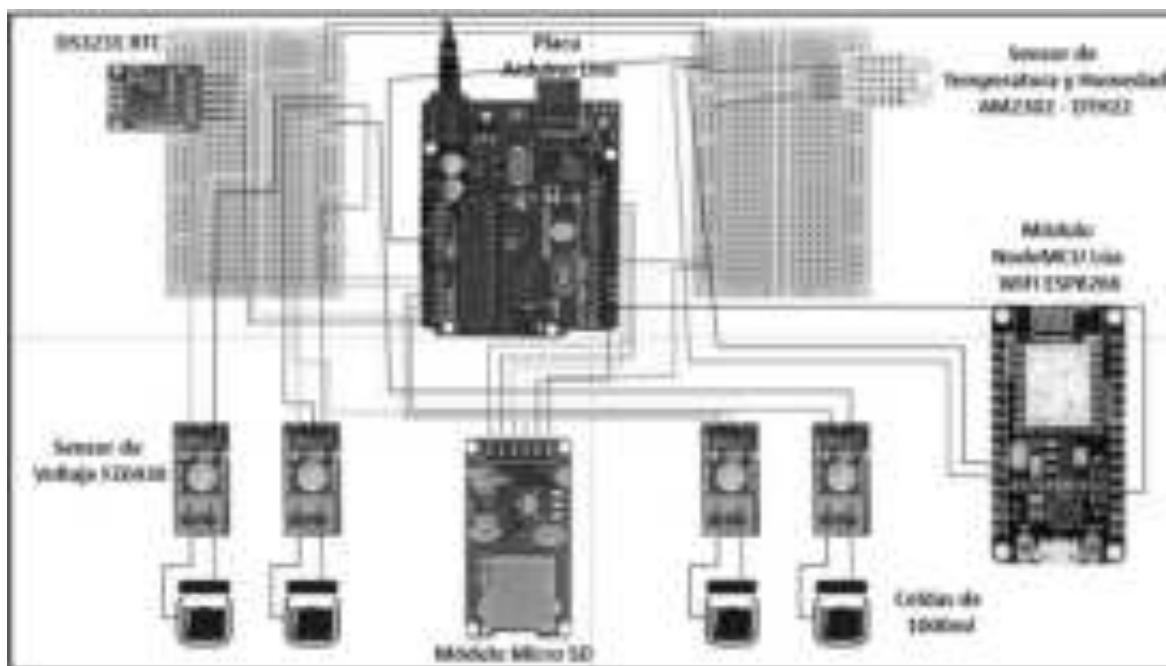


Figura 94. Circuito de Conexión del Hardware
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 95. Hardware – Contenedor de las CCM
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 96. Página web - Monitoreo en tiempo real
Pincay y Rodríguez, 2021

9.10 Anexo 10. Codificación del Hardware

Programación de la Placa Arduino Uno

```

#include <Wire.h> //Comunicación serial de otros pines digitales del Arduino
#include <DS1302.h> //Comunicación serial de otros pines digitales del Arduino
#include <DS1302.h> //Comunicación serial de otros pines digitales del Arduino
#include <DS1302.h> //Comunicación serial de otros pines digitales del Arduino
#include <DS1302.h> //Comunicación serial de otros pines digitales del Arduino
#include <DS1302.h> //Comunicación serial de otros pines digitales del Arduino
#include <DS1302.h> //Comunicación serial de otros pines digitales del Arduino
#include <DS1302.h> //Comunicación serial de otros pines digitales del Arduino

```

Figura 97. Librerías para conexión del HW
Pincay y Rodríguez, 2021

```

//Inicio de la función de backup de los datos
void backup() {
  //Se crea un archivo en la carpeta de backup
  File myFile = File("backup.dat");
  if (!myFile.exists()) {
    myFile.open("backup.dat", FILE_WRITE);
    //Se escribe en el archivo los datos de los sensores
    myFile.println("Hora, salida 1, salida 2, salida 3, salida 4, salida 5, temperatura 1");
    myFile.close();
  } else {
    myFile.open("backup.dat", FILE_WRITE);
    //Se escribe en el archivo los datos de los sensores
    myFile.println("Hora, salida 1, salida 2, salida 3, salida 4, salida 5, temperatura 1");
    myFile.close();
  }
}

```

Figura 98. Backup de los datos
Pincay y Rodríguez, 2021

```

// calculo de voltaje sensor = A0
float lectura1 = analogRead(A0);
lectura1= map(lectura1, 0, 1023, 0, 2500);
float voltaje1= lectura1/escala;

// calculo de voltaje sensor1 = A1
float lectura2 = analogRead(A1);
lectura2= map(lectura2, 0, 1023, 0, 2500);
float voltaje2= lectura2/escala;

// calculo de voltaje sensor2 = A2
float lectura3 = analogRead(A2);
lectura3= map(lectura3, 0, 1023, 0, 2500);
float voltaje3= lectura3/escala;

// calculo de voltaje sensor3 = A3
float lectura4 = analogRead(A3);
lectura4= map(lectura4, 0, 1023, 0, 2500);
float voltaje4= lectura4/escala;

// suma de todos los voltajes
float voltaje_total = (voltaje1+voltaje2+voltaje3+voltaje4);
}

```

Figura 99. Cálculo de Voltajes
Pincay y Rodríguez, 2021

```

BT1.print(voltaje1);
BT1.print("\n");
BT1.print(voltaje2);
BT1.print("\n");
BT1.print(voltaje3);
BT1.print("\n");
BT1.print(voltaje4);
BT1.print("\n");
BT1.print(h);
BT1.print("\n");
BT1.print(t);
BT1.print("\n");
Serial.flush();
delay(57600);

```

Figura 100. Envío de información al NodeMCU
Pincay y Rodríguez, 2021

Programación de la Placa NodeMCU

```
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

#include <SoftwareSerial.h>
```

Figura 101. Librería para conexión a internet del módulo NodeMCU
Pincay y Rodríguez, 2021

```
int portconexion = 0;
const char* ssid = "NETLIFE-PINCAT";
const char* password = "Equaricad3";

unsigned long previousMillis = 0;

char* host = "DD.33.374.1" ;
String strhost = "ufonysistemas.com";
String strurl = "/energia_celda/proyect_celda/sv/andatos.php";
```

Figura 102. Conexión a Internet
Pincay y Rodríguez, 2021

```
Serial.print(".....")
Serial.println(String 001);
Serial.println(String 002);
Serial.println(String 003);
Serial.println(String 004);
Serial.println(String 005);
Serial.println(String 006);
Serial.println(String 007);

Serial.print(".....")
enviarDatos("proyecto" + 01 + "energia" + 02 + "andatos" + 03 + "proyecto" + 04 +
"proyecto" + 05 + "proyecto" + 06 +
```

Figura 103. Envío de datos al servidor
Pincay y Rodríguez, 2021

Monitor Serie – Funcionamiento del Hardware



Figura 104. Comprobación de los datos enviados al servidor
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 105. Software WEKA - Prueba con 276 datos
Pincay y Rodríguez, 2021

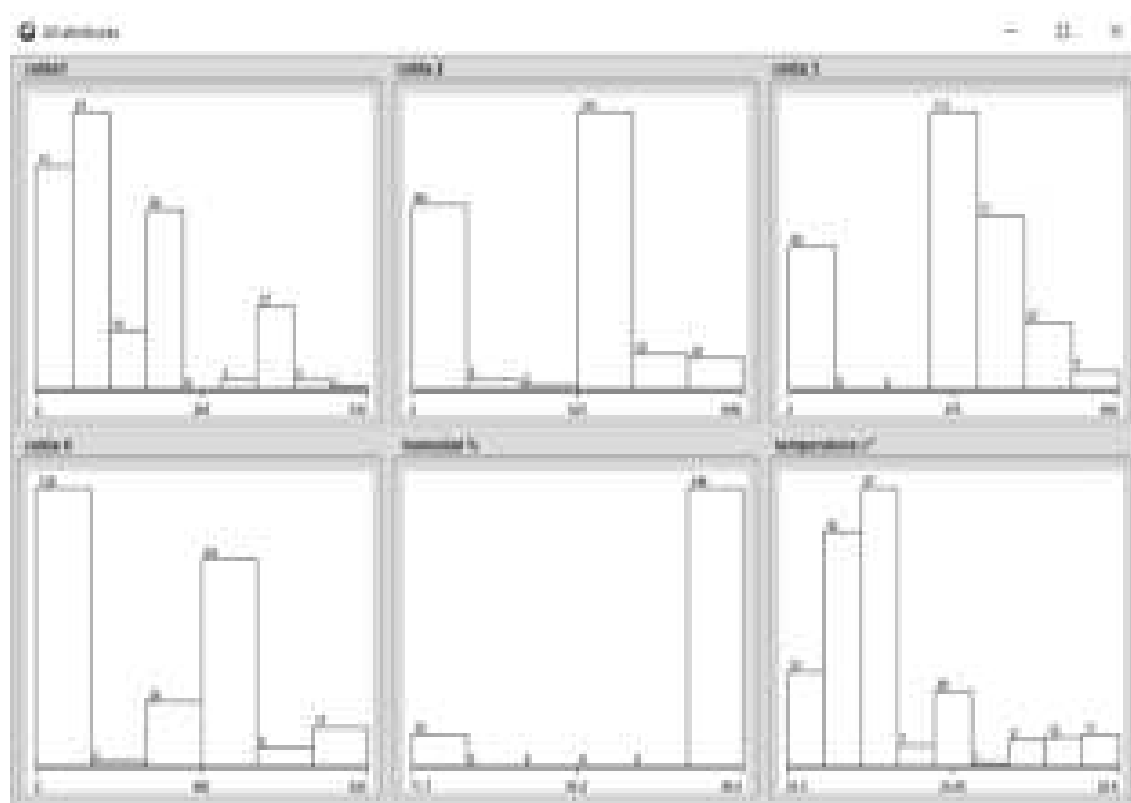


Figura 106. Diagrama de barras
Pincay y Rodríguez, 2021

```
Cluster output

== Run information ==

Scheme: weka.clusterers.SimpleKMeans -init 0 -max-candidates 100 -periodic-pruning 1000 -min-density 2.0 -c1 -1.25 -c2 -1.0 -c3 -0.5 -c4
Relation: prueba-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-All
Instances: 274
Attributes: 6
  cold1
  cold2
  cold3
  cold4
  humid1
  temperature c°
Test mode: evaluate on training data

== Clustering model (full training set) ==
```

Figura 107. Datos para la creación de clústeres
Pincay y Rodríguez, 2021

```

Cluster output:

=== Clustering model (full training set) ===
.....

Means
=====

Number of iterations: 3
Within cluster sum of squared errors: 44.8199732634963

Initial starting points (random):

Cluster 0: 36,990,436,440,39.9,25.1
Cluster 1: 486,999,394,339,39.9,29.1
Cluster 2: 179,000,390,399,39.9,25.1

Missing values globally replaced with mean/mode

```

Figura 108. Datos de los clústeres creados
Pincay y Rodríguez, 2021

```

Final cluster centroids:

Attribute          Full Data          Cluster#
                   (278.0)           0           1           2
-----
celda1             130.4348           80.9375      387.6588      143.1579
celda 2            456.8548           179.0625      393.1882      638.1379
celda 3            441.4855              260       199.2353      538.8556
celda 4            321.7154           99.9838      609.8824      532.8947
framedad 4          87.3489            94.1838        9.9         99.9
temperature.c"      28.6417           28.6156       28.3441      28.7311

Time taken to build model (full training data) : 0.03 seconds

=== Model and evaluation on training set ===

Clustered Instances

0          125 ( 45%)
1           34 ( 12%)
2          114 ( 41%)

```

Figura 109. Centroides por cada dato del clúster
Pincay y Rodríguez, 2021

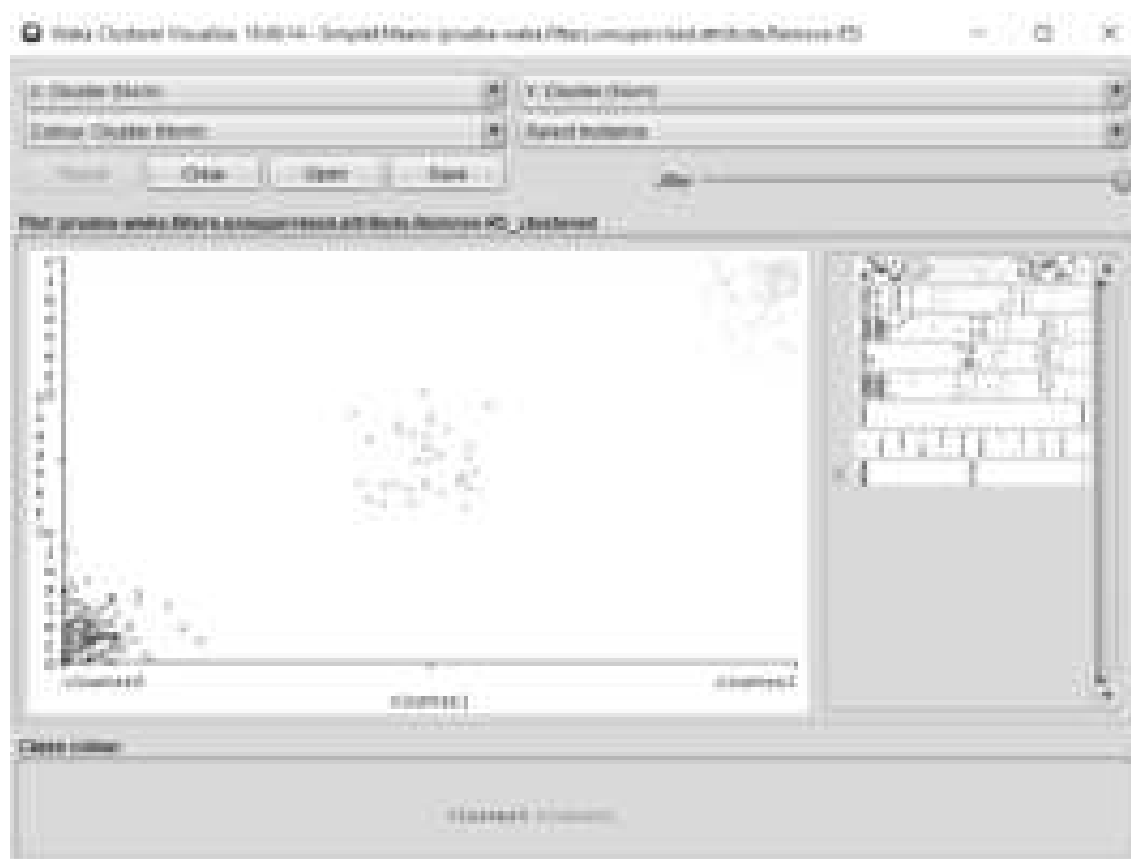


Figura 110. Concentración de los datos por clúster
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 111. Software WEKA - Prueba con 725 datos
Pincay y Rodríguez, 2021

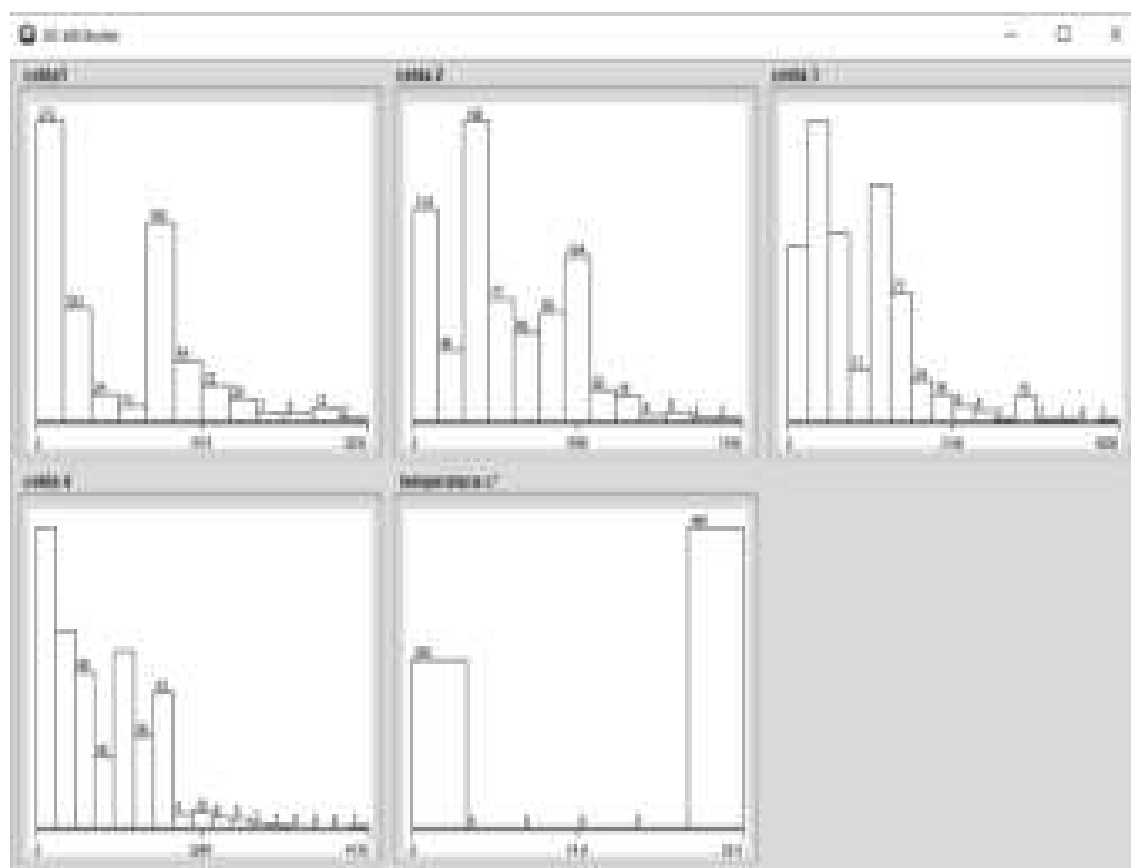


Figura 112. Diagrama de barras
Pincay y Rodríguez, 2021

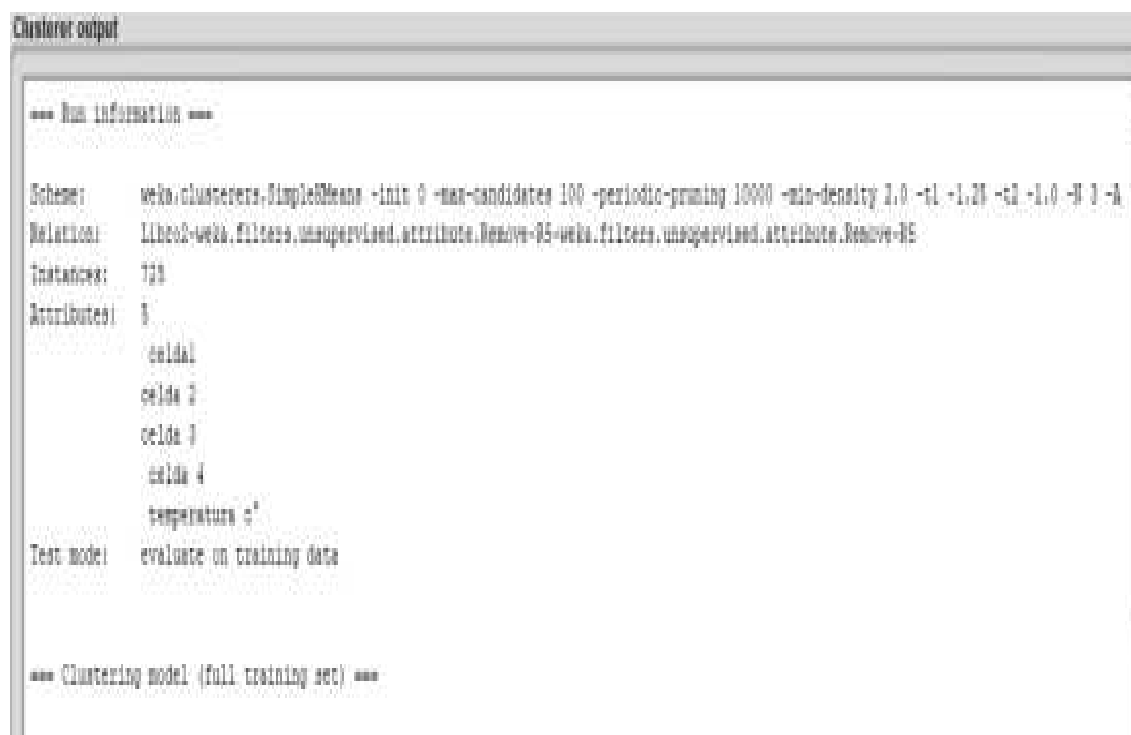


Figura 113. Datos para la creación de clúster
Pincay y Rodríguez, 2021

```

kMeans
=====

Number of iterations: 4
Within cluster sum of squared errors: 44.76263489264961

Initial starting points (random):

Cluster 0: 1050,1050,1070,1070,28.9
Cluster 1: 1050,1350,1490,1440,29.2
Cluster 2: 410,340,410,410,0

Missing values globally replaced with mean/mode

```

Figura 114. Datos de los clústeres creados
Pincay y Rodríguez, 2021

Attribute	Full Data (725.0)	Cluster#		
		0 (330.0)	1 (135.0)	2 (260.0)
celda1	720.6821	265.6485	1437.5556	825.6823
celda 2	960.4828	485.7273	1885.4074	907.8077
celda 3	944.6897	472	1056.9839	947.9231
celda 4	760.0966	331.6788	1634.4444	949.6154
temperatura c°	18.5888	28.8485	25.1474	0

Time taken to build model (full training data) : 0.01 seconds

=== Model and evaluation on training set ===

Clustered Instances

0	330 (46%)
1	135 (19%)
2	260 (34%)

Figura 115. Centroides por cada dato del clúster
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 116. Concentración de los datos por clúster
Pincay y Rodríguez, 2021

PROMEDIOS DE EVALUACION DE TRATAMIENTOS DE CELDAS				
TRATAMIENTOS	TESTIGO	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3
DÍAS	CELDA 1	CELDA 2	CELDA 3	CELDA 4
1	273	355	343	285
2	223	326	308	341
3	246	347	302	254
4	382	444	418	373
5	304	380	350	310
TOTAL	1428	1852	1721	1563
PROMEDIO	286	370	344	313

Figura 117. Promedios de evaluación de tratamientos de celdas
Pincay y Rodríguez, 2021

9.11 Anexo 11. Manual de Usuario



MANUAL DE USUARIO

**SISTEMA EMBEBIDO PARA MEDIR LA PRODUCCIÓN
DE ENERGÍA CON CELDAS DE COMBUSTIBLE
MICROBIANAS**

AUTORES

**PINCAY BAQUERIZO PRISCILA SARAI
RODRÍGUEZ BAJAÑA JOHNNY JOSÉ**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021

INTRODUCCIÓN

El sistema desarrollado es un sistema embebido para medir la producción de energía con celdas de combustible microbianas, el cual permite el monitoreo en línea de producción de celdas de combustible microbianas que trabajan a base de desechos y el cual permite tomar decisiones sobre los datos que ha sido almacenados y poder usarlos en futuras investigaciones.

El presente manual sirve como una guía para que los usuarios que interactúan con el sistema conozcan sus características y funcionalidades.

DESARROLLO

El usuario debe tener presente que el sistema solo le permite al usuario administrador la creación de perfiles para acceder al sistema ya que él es el único encargado con acceso a todo el sistema.

Para poder ingresar al sistema se debe ingresar a la página web (http://ufosystemec.com/energia_celda/proyect_celdas/login.php) ahí se encontrará con el Login, donde el usuario tendrá que ingresar un usuario y contraseña, las mismas que son enviadas al correo una vez creados sus perfiles, cuando se ingrese al sistema les pedirá un cambio de clave que será obligatorio para todos los usuarios que inicien sesión por primera vez y una vez realizado podrán iniciar sesión.

REGISTRO DEL COORDINADOR

Para acceder al registro del administrador deben ingresar al enlace: (http://ufosystemec.com/energia_celda/proyect_celdas/super_admin/crear_super_administrador.php) ahí encontrará el registro para los administradores del sistema, una vez creado podremos ingresar al Login, donde el usuario tendrá que ingresar un usuario y contraseña, las mismas que son enviadas al correo una vez creados sus perfiles, cuando se ingrese al sistema les pedirá un cambio de clave que será obligatorio para todos los usuarios que inicien sesión por primera vez y una vez realizado podrán iniciar sesión con normalidad.

PERFIL DEL COORDINADOR

1. El coordinador deberá ingresar su usuario y contraseña.



Si es la primera vez que ingresa al sistema, lo enviará a otro formulario dónde deberá ingresar su número de cedula y el correo al cual le llegará un link en el que deberá ingresar una nueva contraseña.

Luego de eso ingresará al link enviado e ingresará una contraseña nueva

Una vez ingresada la nueva contraseña esta será enviada a su correo y el usuario podrá acceder al sistema sin problema.

1. Una vez iniciado sesión podrá observar en el panel superior tres opciones (Home, Información y Cerrar Sesión) en las dos primeras encontrará información sobre el desarrollo del sistema y la última opción es para salir del mismo.



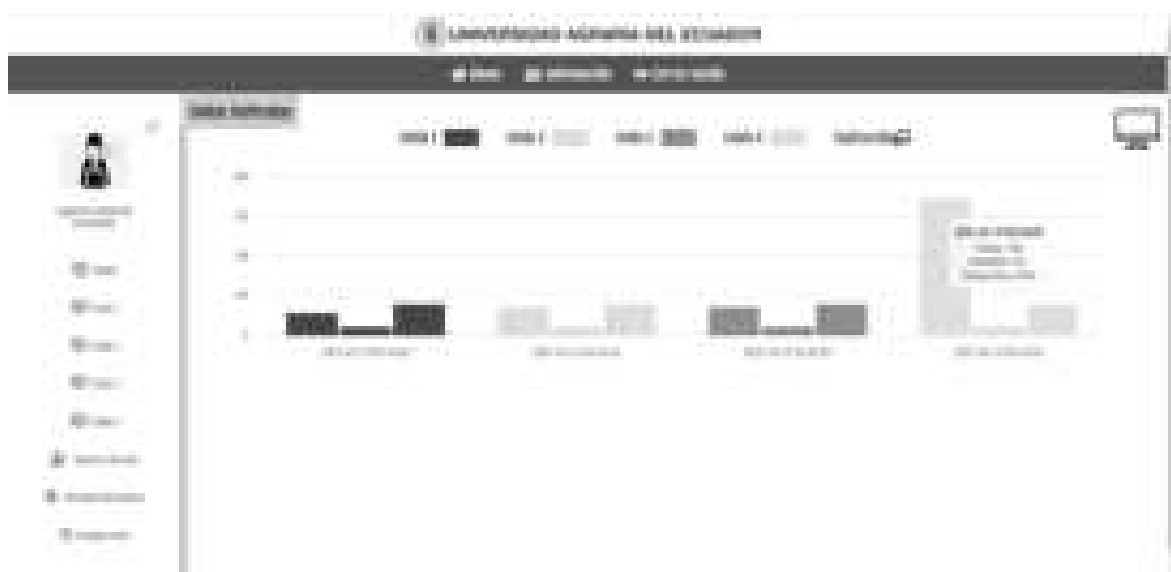
2. En el panel lateral izquierdo se encuentra la información referente a las Celdas unificadas, Celdas Individuales, Registro docente, Actividad del sistema, Configuración del sistema y la información del usuario.



3. Perfil del usuario. En esta sección el usuario podrá modificar sus datos y cambiar su foto de perfil.



4. Celdas – Celdas Unificadas: Aquí se puede monitorear en tiempo real la producción de energía de las cuatro celdas conectadas y ver como varían entre sí.



En las Celdas 1, 2, 3 y 4 se puede apreciar la variación de energía de manera individual en caso de que solo se desee monitorear una de las celdas en específico.



Las celdas contienen un menú con estadística por día, mes y año, las cuales incluyen la descarga de las gráficas en diferentes formatos y la descarga de los datos en la fecha que el usuario lo determine.



5. Registro Docente: Permite el registro de los docentes que puedan manipular el sistema y a su vez ellos podrán ingresar a los alumnos para que monitoreen el sistema.

Antes de iniciar el registro de docente deberán ingresar los grados académicos del personal docente de tal manera que cuando se registre el docente este tenga su grado académico existente.



Para registrar un docente se debe llenar un formulario con la información requerida.



Una vez ingresados los docentes estos aparecerán en la lista de docentes, así el coordinador sabrá que docentes tienen acceso al sistema.



En el listado de docentes se encontrarán dos listas, una contiene a los docentes asignados y la otra contiene a los no asignados, a su vez también tienen la opción de editar la información o darle de baja al docente si así lo requiera necesario el coordinador.



6. Actividad del Sistema: Aquí pueden encontrar el Listado de alumnos ingresados en las materias existentes y verificar la actividad de los usuarios.



En el Listado de alumnos se encuentran todos los alumnos registrados en el sistema.

ID	USUARIO	FECHA	HORA	IP	ACTIVIDAD	ESTADO
1	ADMINISTRADOR	2024-10-26	10:00:00	192.168.1.1	Acceso exitoso	Activo
2	USUARIO1	2024-10-26	10:05:00	192.168.1.2	Acceso exitoso	Activo
3	USUARIO2	2024-10-26	10:10:00	192.168.1.3	Acceso exitoso	Activo
4	USUARIO3	2024-10-26	10:15:00	192.168.1.4	Acceso exitoso	Activo
5	USUARIO4	2024-10-26	10:20:00	192.168.1.5	Acceso exitoso	Activo
6	USUARIO5	2024-10-26	10:25:00	192.168.1.6	Acceso exitoso	Activo
7	USUARIO6	2024-10-26	10:30:00	192.168.1.7	Acceso exitoso	Activo
8	USUARIO7	2024-10-26	10:35:00	192.168.1.8	Acceso exitoso	Activo
9	USUARIO8	2024-10-26	10:40:00	192.168.1.9	Acceso exitoso	Activo
10	USUARIO9	2024-10-26	10:45:00	192.168.1.10	Acceso exitoso	Activo

En Actividades del usuario, se encuentran registrados el ingreso de cada uno de los estudiantes al sistema, esto sirve para controlar si los estudiantes acceden al sistema.

ID	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VALOR	FECHA
1	CONFIGURACION1	Configuración de sistema	Valor 1	2024-10-26
2	CONFIGURACION2	Configuración de usuario	Valor 2	2024-10-26
3	CONFIGURACION3	Configuración de acceso	Valor 3	2024-10-26
4	CONFIGURACION4	Configuración de perfil	Valor 4	2024-10-26
5	CONFIGURACION5	Configuración de roles	Valor 5	2024-10-26
6	CONFIGURACION6	Configuración de permisos	Valor 6	2024-10-26
7	CONFIGURACION7	Configuración de notificaciones	Valor 7	2024-10-26
8	CONFIGURACION8	Configuración de seguridad	Valor 8	2024-10-26
9	CONFIGURACION9	Configuración de backup	Valor 9	2024-10-26
10	CONFIGURACION10	Configuración de logs	Valor 10	2024-10-26

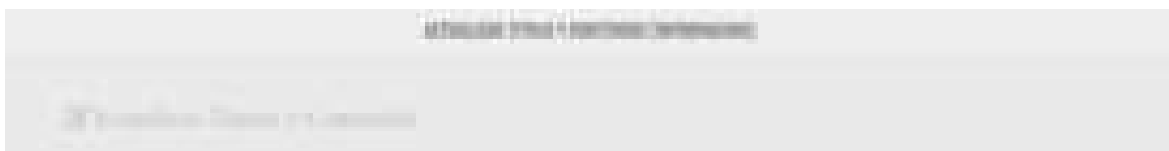
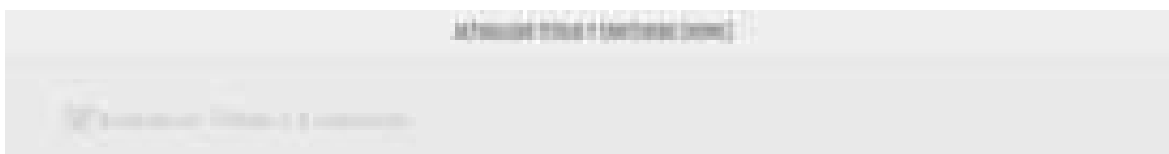
7. Configuraciones: Aquí es dónde se realiza el mantenimiento de la página como:

Configuración

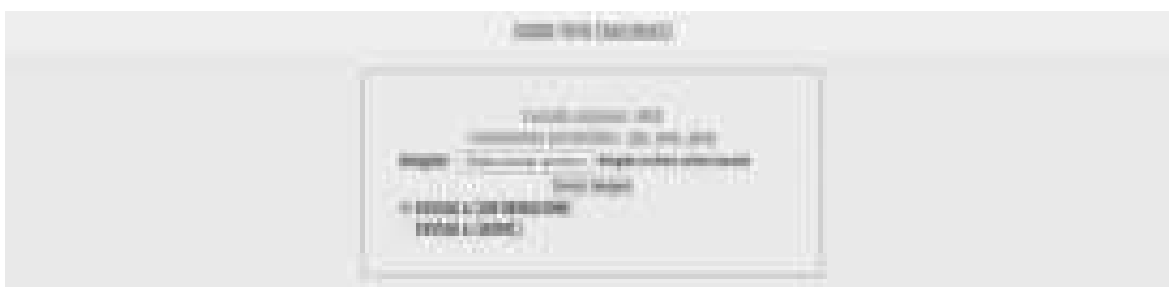
- Cambiar temas



- Modificar títulos y contenidos del Home e Información

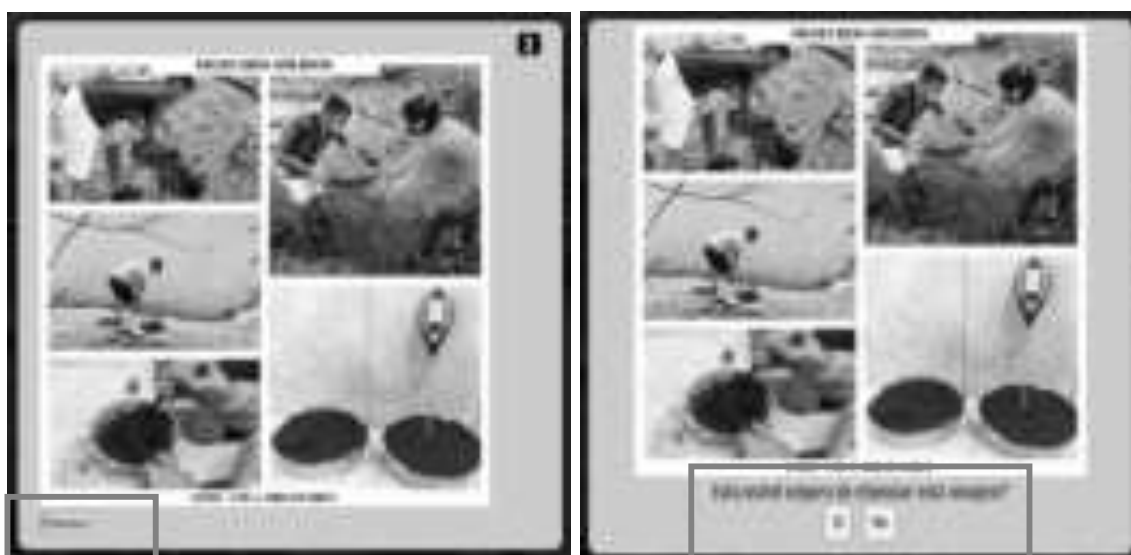


- Se agregarán las imágenes que se visualizarán en el sistema y a su vez el poder modificarlas en caso de que lo requiera.





- Para eliminar imágenes del sistema deberá seleccionar “eliminar” y confirmar si desea hacerlo.



- En la sección de Ingreso de Información, se podrán agregar sedes, carreras, materias, cursos, paralelo, periodo lectivo y asignar docentes a una materia. Cabe mencionar que cada una de las secciones deberán ser marcadas para habilitar el ingresar información ya que siempre estarán desmarcadas es decir deshabilitadas.

PERFIL DEL DOCENTE

1. El docente deberá ingresar su usuario y contraseña.



The image shows a login interface. At the top is a circular logo with the word 'INSTITUTO' inside. Below the logo, the word 'BIENVENIDO' is displayed in a bold, sans-serif font. Underneath, there are two input fields: the first is labeled 'usuario' and the second is labeled 'contraseña'. To the right of the password field, there is a small link that says '¿Olvidó su contraseña?'. Below these fields is a large, dark button with the text 'Iniciar Sesión' in white. At the bottom of the form, there is a small line of text: 'Al iniciar sesión, usted acepta los términos y condiciones que se encuentran en la página de inicio.'.

Si es la primera vez que ingresa al sistema, lo enviará a otro formulario dónde deberá ingresar su número de cedula y el correo al cual le llegará un link en el que deberá ingresar una nueva contraseña.



The image shows a password recovery interface. At the top, the title 'Recuperar Contraseña' is displayed in a bold, sans-serif font. Below the title, there are two input fields: the first is labeled 'cedula' and the second is labeled 'correo'. Below these fields is a large, dark button with the text 'Enviar' in white. At the bottom of the form, there is a small line of text: 'Para poder recuperar su contraseña, debe ingresar su número de cédula y su correo electrónico (correo@instituto.edu.ec)'.

Luego de eso ingresará al link enviado e ingresará una contraseña nueva



Una vez ingresada la nueva contraseña esta será enviada a su correo y el usuario podrá acceder al sistema sin problema.

2. Dentro del perfil docente una vez iniciado sesión podrá observar en el panel superior tres opciones (Home, Información y Cerrar Sesión) en las dos primeras encontrará información sobre el desarrollo del sistema y la última opción es para salir del mismo.



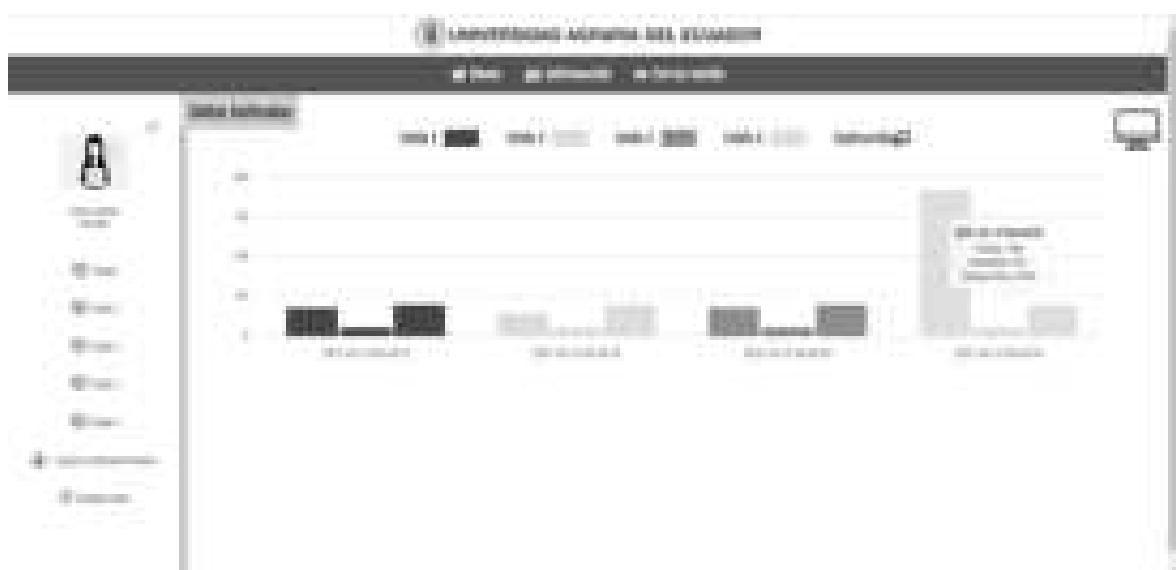
3. En el panel lateral izquierdo se encuentra la información referente a las Celdas unificadas, Celdas Individuales, Registro individual alumno, Configuración del sistema y la información del usuario.



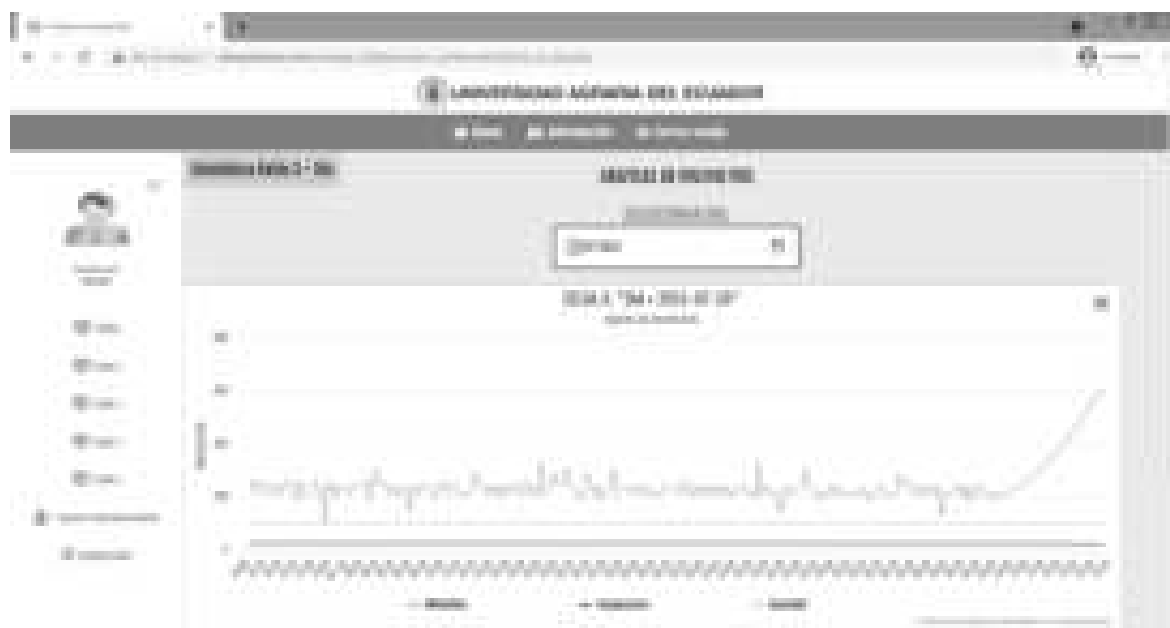
4. Perfil del usuario. En esta sección el usuario podrá modificar sus datos y cambiar su foto de perfil.



5. Celdas – Celdas Unificadas: Aquí se puede monitorear en tiempo real la producción de energía de las cuatro celdas conectadas y ver como varían entre sí.



En las Celdas 1, 2, 3 y 4 se puede apreciar la variación de energía de manera individual en caso de que solo se desee monitorear una de las celdas en específico.



Las celdas contienen un menú con estadística por día, mes y año, las cuales incluyen la descarga de las gráficas en diferentes formatos y la descarga de los datos en la fecha que el usuario lo determine.





6. Registro individual alumno: Aquí encontrarán varios ítems



- En el Registro individual alumno o también llamado registro manual, se deberá llenar el formulario con toda la información requerida para crear el usuario.

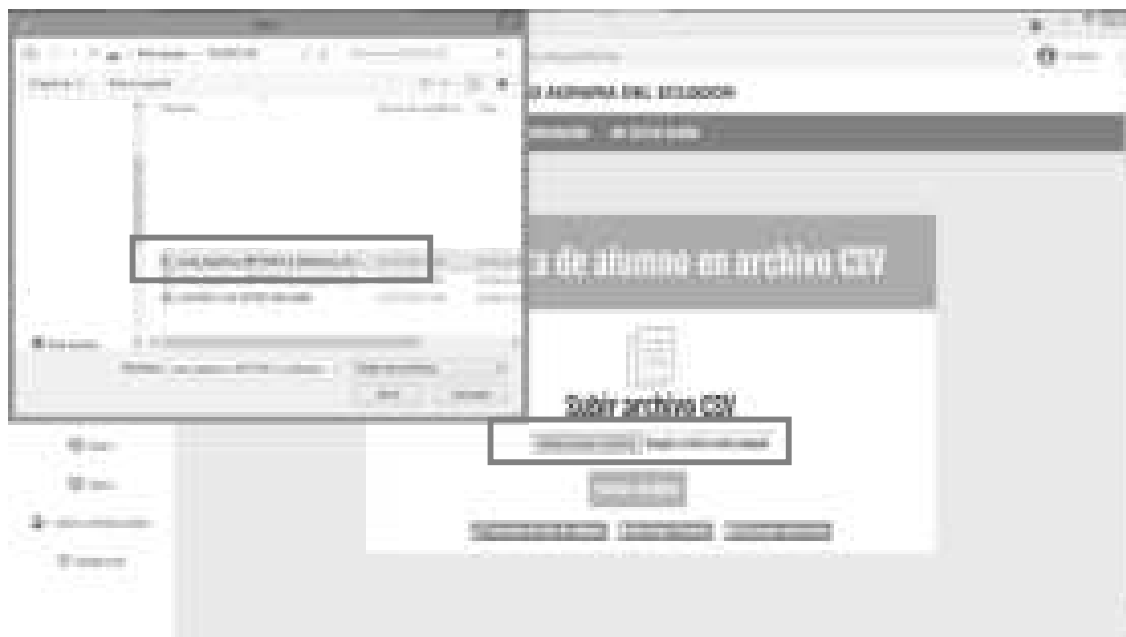


- El registro de lista de alumnos será posible si este se encuentra en formato .CSV.

Debe contener toda la información referente a cada uno de los alumnos que tomaran las asignaturas registradas en el sistema y para ello se ha puesto una foto del formato de lista de alumnos, modelo que debe contener todos los registros para subirlo al sistema, además de tener a disposición la Descarga del Formato y el Instructivo de cómo debe ir la información en el descargable.



Para cargar la lista de alumnos deberá escoger 'Seleccionar archivo' y buscar la lista que desea cargar.



Una vez seleccionado el archivo que desea subir se selecciona 'Enviar archivo'.



En el caso de que ya se encuentren registrados los alumnos se mostrará un mensaje en el cual indica la cantidad de alumnos que ya están registrados.

- En la Lista de alumnos se mostrarán todos los alumnos que ven esa materia con el docente.

LISTA DE ALUMNOS

Mostrar: 10 de 10 registros

ID	NOMBRE	PRIMER	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	SIXTO	SEPTIMO
1	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
2	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
3	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
4	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
5	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
6	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
7	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
8	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
9	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
10	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 10 registros

- Asignar curso. Cuando los estudiantes se registran de forma individual/manual deberá de asignársele un curso.

ALFONSO

Primer apellido

2000-2000

Código

ALFONSO ALFONSO

Nombre

ALFONSO ALFONSO

Apellido

ALFONSO ALFONSO

Asignar

- En actividades del alumno se podrá llevar un registro de todos los alumnos que ha accedido al sistema.

ACTIVIDADES DE ALUMNO

Mostrar: 10 de 10 registros

ID	NOMBRE	PRIMER	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	SIXTO	SEPTIMO
1	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
2	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO
3	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO	ALFONSO

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

7. Configuraciones: Aquí podrá cambiar el tema de la página.



- Cambiar temas



PERFIL DEL ALUMNO

1. El estudiante deberá ingresar su usuario y contraseña.



Si es la primera vez que ingresa al sistema, lo enviará a otro formulario dónde deberá ingresar su número de cedula y el correo al cual le llegará un link en el que deberá ingresar una nueva contraseña.

Luego de eso ingresará al link enviado e ingresará una contraseña nueva

Una vez ingresada la nueva contraseña esta será enviada a su correo y el usuario podrá acceder al sistema sin problema.

2. Dentro del perfil alumno una vez iniciado sesión podrá observar en el panel superior tres opciones (Home, Información y Cerrar Sesión) en las dos primeras encontrará información sobre el desarrollo del sistema y la última opción es para salir del mismo.



3. En el panel lateral izquierdo se encuentra la información referente a las Celdas unificadas, Celdas Individuales, Configuración del sistema y la información del usuario.



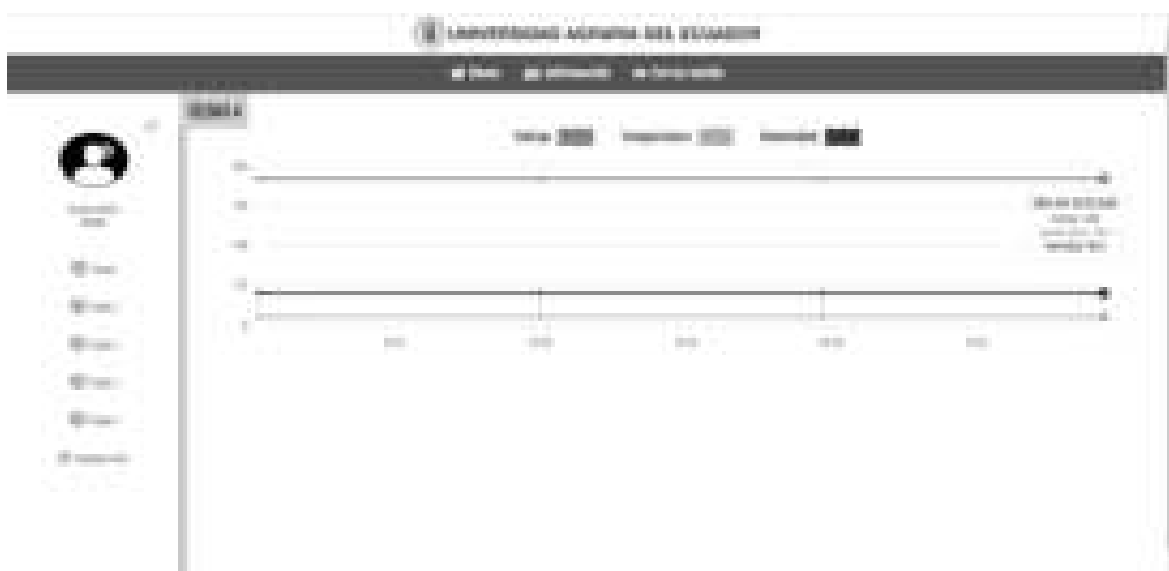
4. Perfil del usuario. En esta sección el usuario podrá modificar sus datos y cambiar su foto de perfil.



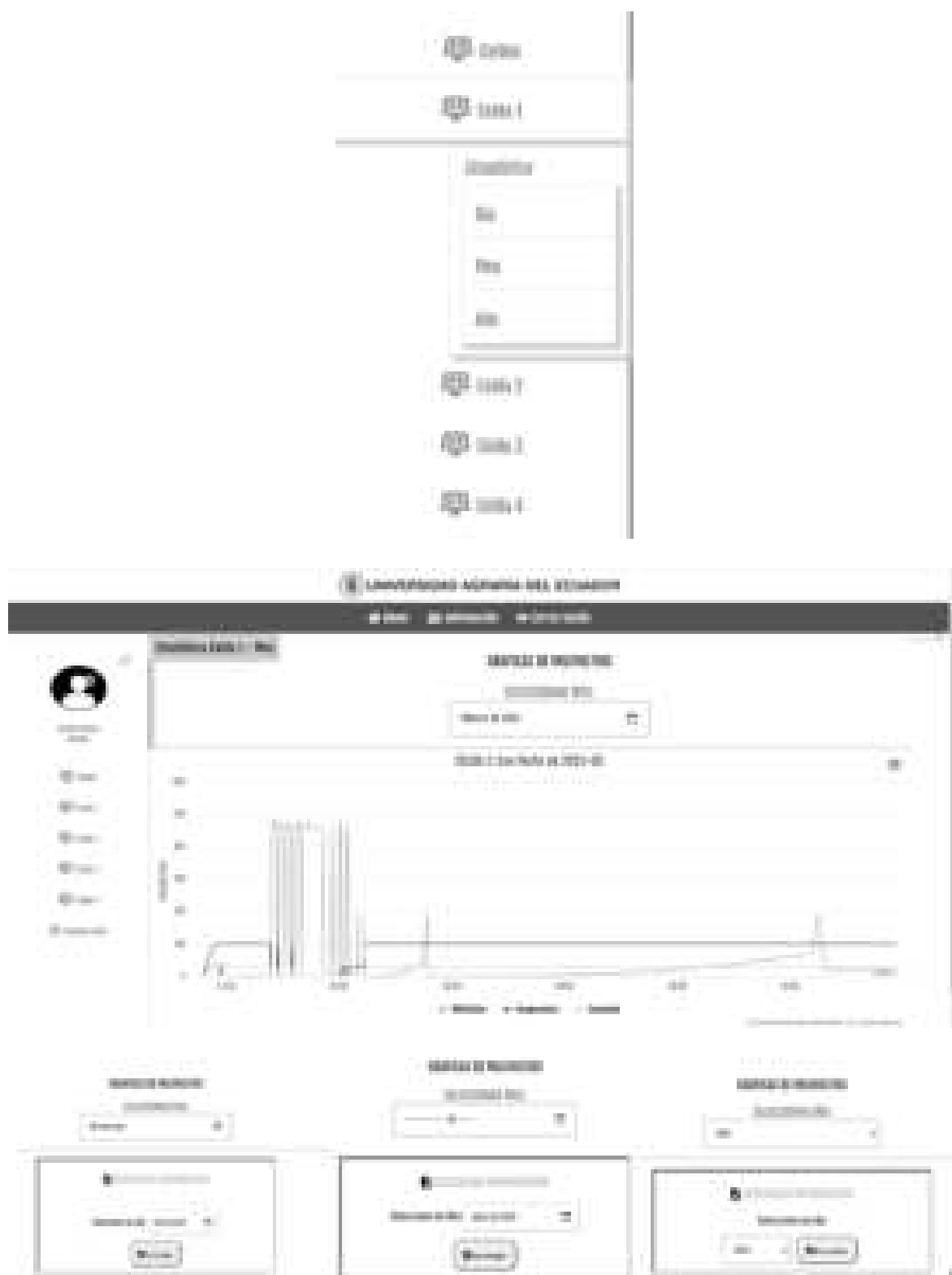
5. Celdas – Celdas Unificadas: Aquí se puede monitorear en tiempo real la producción de energía de las cuatro celdas conectadas y ver como varían entre sí.



En las Celdas 1, 2, 3 y 4 se puede apreciar la variación de energía de manera individual en caso de que solo se desee monitorear una de las celdas en específico.



Las celdas contienen un menú con estadística por día, mes y año, las cuales incluyen la descarga de las gráficas en diferentes formatos y la descarga de los datos en la fecha que el usuario lo determine.



6. Configuraciones: Aquí podrá cambiar el tema de la página.

Configuración

- Cambiar temas



Recomendaciones para la correcta manipulación del Hardware

Las recomendaciones que el usuario debe seguir son:

- Al momento de manipular el hardware del sistema se recomienda que se encuentre previamente desconectado de la toma de corriente eléctrica y el uso de la pulsera antiestática.
- Para manipular el cajón donde se encuentra todo el circuito, debe hacerlo con cuidado ya que puede desconectar algún cable debido a movimientos bruscos.
- No se debe manipular ningún modulo (sensor) salvo que sea necesario y en caso de serlo debe utilizar la pulsera antiestática.
- Si el usuario ha manipulado algún modulo se recomienda verificar el circuito de conexiones del hardware que se encuentra en el Anexo 11, de esta manera podrá realizar las conexiones de manera correcta y afectará el funcionamiento del sistema.
- Al momento de retirar la tarjeta SD para sacar el respaldo de los datos, verificar el circuito y utilizar la pulsera antiestática.
- Se sugiere extraer los datos de la tarjeta SD cada vez que se agreguen nuevos desechos en las celdas o pasado un mes de uso.

9.12 Anexo 12. Presentación del proyecto

Presentación del proyecto a los Docentes y Estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental.



Figura 118. Presentación del sistema de monitoreo a los docentes Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 119. Creación de usuario para el ingreso al sistema Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 120. Explicación del manejo del sistema a los docentes
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 121. Explicación de la construcción del hardware y sus componentes
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 122. Demostración de encendido del led después de cargar las pilas en las celdas Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 123. Encendido del led tras la carga con las celdas Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 124. Finalización de la presentación
Pincay y Rodríguez, 2021

PRESENTACIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE A LOS ESTUDIANTES



Figura 125. Introducción sobre el desarrollo del proyecto a los estudiantes de Ambiental
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 126. Explicación del manejo del sistema a los estudiantes
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 127. Demostración y explicación de las funcionalidades del sistema
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 128. Explicación de la construcción del hardware y sus componentes
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 129. Explicación de las pruebas realizadas
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 130. Explicación de la construcción de celdas
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 131. Explicación del circuito del hardware
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 132. Revisión y explicación del hardware a los estudiantes
Pincay y Rodríguez, 2021



Figura 133. Demostración del encendido del led
Pincay y Rodríguez, 2021