



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA SANITIZANTE CON
TECNOLOGÍA IOMT PARA MEDIR TEMPERATURA, O₂SAT E
IMC, EN LA UEIB. OSWALDO GUAYASAMÍN (COLTA-
CHIMBORAZO).**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones**

Autores:

Romero Morán Paúl Ramiro.
Yautibug Apugllón Daniel Patricio.

Tutor:

Dr. Marlon Basantes Valverde, PhD.

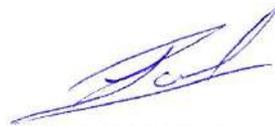
Riobamba, Ecuador. 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

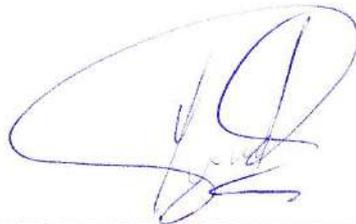
Nosotros, **Paúl Ramiro Romero Morán** con cédula de ciudadanía **060419843-2** y **Daniel Patricio Yautibug Apugllón** con cédula de ciudadanía **060516161-1**, autores del trabajo de investigación titulado: **“Implementación de una cabina sanitizante con tecnología IoMT para medir Temperatura, O₂Sat e IMC en la UEIB Oswaldo Guayasamín (Colta Chimborazo).”**, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, el 01 de diciembre del 2022.



Paúl Ramiro Romero Morán
C.I: 060419843-2



Daniel Patricio Yautibug Apugllón
C.I: 060516161-1

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“Implementación de una cabina sanitizante con tecnología IoMT para medir Temperatura, O₂Sat e IMC en la UEIB Oswaldo Guayasamín (Colta Chimborazo).”**, presentado por Paúl Ramiro Romero Morán con cédula de ciudadanía 060419843-2 y Daniel Patricio Yautibug Apugllón con cédula de ciudadanía 060516161-1, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba el 01 de diciembre del 2022.

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

PhD. Leonardo Fabián Rentería
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



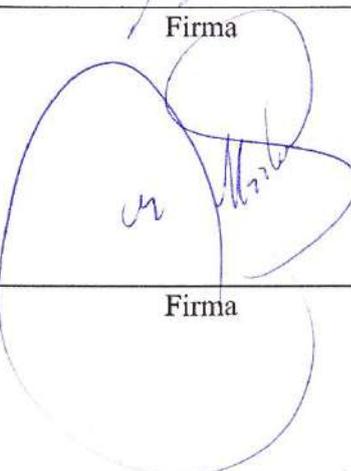
Firma

Mgs. José Luis Jínez Tapia
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

PhD. Marlon Basantes Valverde
TUTOR



Firma

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Implementación de una cabina sanitizante con tecnología IoMT para medir Temperatura, O₂Sat e IMC en la UEIB Oswaldo Guayasamín (Colta Chimborazo).**”, presentado por Paúl Ramiro Romero Morán con cédula de ciudadanía 060419843-2 y Daniel Patricio Yautibug Apugllón con cédula de ciudadanía 060516161-1, bajo la tutoría de Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD.; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba el 01 de diciembre del 2022.

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

PhD. Leonardo Fabián Rentería
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. José Luis Jínez Tapia
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

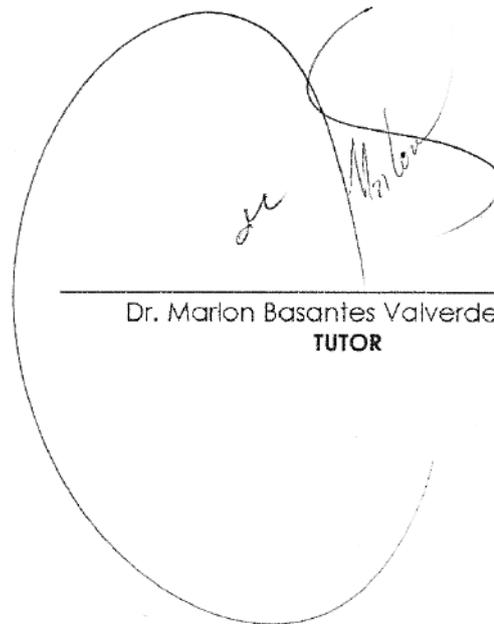


CERTIFICADO ANTIPLAGIO

CERTIFICACIÓN

Que, **DANIEL PATRICIO YAUTIBUG APUGLLÓN** con CC: **060516161-1** y **PAÚL RAMIRO ROMERO MORÁN** con CC: **060419843-2**, estudiantes de la Carrera de **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERIA**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA SANITIZANTE CON TECNOLOGÍA IOMT PARA MEDIR TEMPERATURA, O₂SAT E IMC, EN LA UEIB OSWALDO GUAYASAMÍN (COLTA-CHIMBORAZO).**", cumple con el 0 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 14 de noviembre de 2022



Dr. Marlon Basantes Valverde, PhD.
TUTOR

DEDICATORIA

Nunca fue suerte, siempre fue Dios quien me ha acompañado en todo lo que me he propuesto, no tengo palabras para explicar la alegría inmensa que siento, al ver finalizada mi carrera universitaria, hoy cumplo una meta más en mi vida y es la muestra de que todas las cosas que uno se proponga con esfuerzo, empeño y dedicación lo podemos lograr.

La presente tesis está dedicada a Dios, a mis padres, hermana, a mi hijo y al resto de mi familia que son las personas más importantes en mi vida, siempre estuvieron apoyándome en esta etapa de mi vida, nunca me dejaron caer ya que me enseñaron que si caigo no importa, me vuelvo a levantar y empiezo otra vez con la frente siempre en alto, gracias a ustedes por haber confiado y creído en mí y ser mi soporte, no fue fácil, pero lo logré.

Paúl Ramiro Romero Morán

Dedico este proyecto de Tesis a Dios Todopoderoso, mi creador, mi pilar fuerte, mi fuente de inspiración y sabiduría. Él ha sido la fuente de mi fuerza a lo largo de esta trayectoria Universitaria.

También dedico mi proyecto de Tesis, a mis amados padres, Carlos Yautibug y Josefina Apugllón, y a mi hermana María Elena, quienes, con sus palabras de aliento y empuje, me dieron las fuerzas necesarias para poder cumplir una meta más en mi vida, por haberme brindado la mejor educación y enseñarme que todas las cosas en esta vida hay que valorarlas, trabajarlas y luchar para lograr cada objetivo propuesto, gracias por el incomparable amor que me han brindado.

Daniel Patricio Yautibug Apugllón

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias a Dios por darme las fuerzas necesarias cada día y haberme permitido superar todos los obstáculos en mi vida. A mis padres, hermana e hijo, por haberme brindado su cariño y apoyo incondicional en todo momento, por sus consejos, sus valores, gracias a ellos a sus enseñanzas de vida que me han formado para ser una persona de bien, pero más que nada por su inmenso amor.

Agradecerles también a mis profesores quienes durante mi vida estudiantil aportaron cada uno con un granito de arena para mi formación. Al PhD. Marlon Basantes Valverde por transmitirme sus conocimientos y por haberme orientado en el desarrollo de la presente tesis de titulación.

Paúl Ramiro Romero Morán

Primero, doy gracias a Dios, por haberme acompañado en el transcurso de mi carrera Universitaria, por ser mi guía y fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida y brindarme una vida llena de experiencias y de felicidad.

Las palabras no pueden expresar lo agradecido que estoy con mi padre, mi madre y mi hermana, por todo su amor y apoyo incondicional, por todos los sacrificios que han hecho por mí, para poder cumplir esta meta Universitaria.

Y, por supuesto, a mi tutor de Tesis, al Dr. Marlon Basantes Valverde PhD. A quien admiro mucho, ha sido un excelente mentor para mí, agradezco por brindarme su apoyo y sabiduría, en el desarrollo del presente proyecto de Tesis.

Daniel Patricio Yautibug Apugllón

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

DERECHOS DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.	17
1.1 Introducción	17
1.2 Planteamiento del Problema	19
1.3 Objetivos	21
1.3.1 General	21
1.3.2 Específicos	21
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.	22
2.1 Estado del Arte	22
2.2 SARS-CoV-2	24
2.3 Evaluación Física Médica	25
2.4 Temperatura Corporal (TC)	25
2.5 Peso Corporal	26
2.6 Estatura	26
2.7 Índice de Masa Corporal (IMC)	26
2.8 Nivel de Saturación de Oxígeno en la Sangre (O ₂ Sat)	27
2.9 Cabina Sanitizante	27
2.10 Internet de las cosas (IoT)	28
2.11 Internet de las cosas médicas (IoMT)	28
2.12 Estándares para la Arquitectura IoMT	29
2.12.1 Estándar P2413.2 PDIoT	29
2.12.2 Estándar P2413.1 RASC	29

2.13	Arquitectura IoMT de cuatro capas	30
2.13.1	IoMT Capa de Dispositivos	30
2.13.2	IoMT Capa Red de Comunicación	30
2.13.3	IoMT Capa Plataforma	30
2.13.4	IoMT Capa Aplicación	31
2.14	Protocolos de comunicación para IoMT	31
2.14.1	Protocolos de la capa Física/Enlace.....	31
2.14.2	Protocolos de la capa de Aplicación.....	32
2.15	Reconocimiento Facial	32
2.15.1	OpenCV (Open-Source Computer Vision Library).....	33
2.15.2	Método EigenFaces	33
2.16	Métodos para la detección de rostros.....	33
2.16.1	Métodos basados en rasgos faciales	33
2.16.2	Métodos basados en la imagen	33
2.17	Base de Datos.....	33
2.17.1	PhpMyAdmin	34
2.17.2	MariaDB	34
2.18	Control de Calidad.....	34
2.18.1	Seis Sigma	34
2.19	Componentes electrónicos de la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT.....	35
2.20	Plataformas utilizadas en la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT.....	36
3.	CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	37
3.1	Tipo de Investigación.....	37
3.2	Técnicas de Investigación	37
3.2.1	Fuentes de Información	37
3.3	Población y Muestra	38
3.3.1	Población	38
3.3.2	Muestra	39
3.4	Operacionalización de variables	42
3.5	Diseño y Construcción de la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT	43
3.5.1	Diseño de la Cabina Sanitizante	43
3.5.2	Diseño de la Cabina con Tecnología IoMT.....	45

3.6	Implementación de la Arquitectura IoMT	46
3.7	Implementación de la Capa de Dispositivos	47
3.7.1	Reconocimiento facial	48
3.7.2	Sensores (TC, IMC y O ₂ Sat) y Recolección de datos IoMT	49
3.7.3	Programación del sistema de sensores	51
3.8	Implementación de la Capa Red de comunicación	52
3.8.1	Tecnología Wi-Fi.....	52
3.8.2	Protocolo MQTT	52
3.9	Implementación de la Capa Plataforma	53
3.9.1	Almacenamiento Local – Base de Datos MariaDB.....	54
3.9.2	Creación del Registro de los datos Recolectados	54
3.9.3	Almacenamiento en la Nube – Repositorio GitHub.....	56
3.9.4	Interfaz de Usuario GUI	57
3.9.5	Programación del sistema para la capa plataforma.	59
3.10	Implementación de la Capa Aplicación	60
3.10.1	Monitoreo de la Evaluación Física – Heroku	61
3.10.2	Gestión de Datos Almacenados en la Nube – GitHub Pages	62
3.11	Control de Calidad de la Cabina Sanitizante Inteligente	63
4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
4.1	Análisis e Interpretación de los datos recolectados por la Cabina Inteligente.....	64
4.1.1	Análisis descriptivo	64
4.1.2	Gráfica y Tendencias de la Distribución de los datos	65
4.1.3	Estudio de Correlación Bivariada.....	66
4.1.4	Test de Normalidad de los Datos (Kolmogorov-Smirnov)	67
4.1.5	Comparación de medias entre TEST-T para una muestra.....	68
4.1.6	Ajuste de Curvas: Modelos de Regresión Lineal para datos emparejados....	68
4.2	Análisis e Interpretación de los datos recolectados por Cabina Sanitizante.....	69
4.2.1	Análisis descriptivos.....	69
4.2.2	Histogramas	69
4.2.3	Test de normalidad: Shapiro-Wilk	69
4.2.4	Cálculo del Gradiente de Tendencia del Tiempo de uso de la Cabina.....	70
4.3	Comparación de Medias: Cabina Inteligente vs Instrumentos Estandarizados ...	71

4.3.1	Test de normalidad: Shapiro-Wilk	71
4.3.2	Correlación de Variables	71
4.3.3	Comparación de medias para muestras independientes.	71
4.3.4	Intervalos de Confianza para un Modelo Lineal	72
4.4	Control de Calidad y Estudio de la Métrica 6σ	73
4.4.1	PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar)	73
4.4.2	Coeficiente de variación (CV).	73
4.4.3	Índice de Capacidad Potencial de Proceso (C_p).....	74
4.4.4	Razón de capacidad potencial (C_r)	75
4.4.5	Índices C_{pi} , C_{ps} y C_{pk}	75
5.	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1	Conclusiones	76
5.2	Recomendaciones	77
	BIBLIOGRAFÍA	78
	ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 1 Variantes Emergentes del SARS-CoV-2.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2. Intensidad de los sistemas causados por el virus SARS-CoV-2.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3. Clasificación de la Obesidad según IMC[Kg/m²].</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 4. O₂Sat según la altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m).</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 5 Características de los principales Protocolos IoMT de bajo costo.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 6 Tarjetas y Módulos de control de la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT. ...</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 7 Módulos y sensores de la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT.</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 8 Plataformas que integra la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9 Población de la UEIB Oswaldo Guayasamín.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 10 Pesos de la Muestra.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 11 Operacionalización de variables de la Cabina Sanitizante Inteligente.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 12 Estatura promedio de hombres y mujeres según su etnia en el Ecuador.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 13 Módulos y Sensores que componen a la Capa Dispositivos.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 14. Promedio y Desviación Típica de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O₂Sat.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 15. Correlación de Pearson de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O₂Sat.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 16. Test de Normalidad de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O₂Sat.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 17. Test T-Student para: Edad, Peso, Estatura e IMC.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 18. Modelo de regresión Lineal para: Edad, peso, estatura e IMC.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 19. Análisis descriptivo del Tiempo y la Taza Efectiva.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 20. Test de Normalidad del Tiempo y la Taza Efectiva.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 21. Modelo de regresión Lineal para: Edad - Tiempo.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 22. Test de Normalidad de datos de la cabina e instrumentos estandarizados.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 23. Test de Correlación: Cabina Inteligente vs Instrumentos Estandarizados</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 24. Test T-Student para: datos de la cabina e instrumentos estandarizados</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 25. Modelo de regresión Lineal para: cabina vs instrumentos estandarizados.</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 26. Valores del Cp y su interpretación</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 27. Índice de capacidad del proceso del Tiempo y la desinfección.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 28 Presupuesto de la Cabina con Tecnología IoMT</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 29 Presupuesto de la Cabina Sanitizante</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 30 Presupuesto Total del Proyecto de Investigación.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 31 Algoritmos Implementados en la Capa Dispositivos</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 32 Algoritmos Implementados en la Capa Plataforma y Capa Aplicación.....</i>	<i>113</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1. Esquema de la Problemática del Proyecto de Investigación.</i>	20
<i>Ilustración 2. Morfología y estructura del virus SARS-CoV-2.</i>	24
<i>Ilustración 3. Rangos de temperatura de una persona dependiendo de la zona medida. ..</i>	25
<i>Ilustración 4. Cabina Sanitizante.</i>	27
<i>Ilustración 5. Arquitectura de cuatro capas para el Sistema IoT.</i>	28
<i>Ilustración 6. Servicios y aplicaciones para la tecnología IoMT.</i>	28
<i>Ilustración 7. Arquitectura de cuatro capas específica para IoMT.</i>	29
<i>Ilustración 8. Arquitecturas de referencia para IoMT.</i>	30
<i>Ilustración 9. Protocolos que se usan en la Tecnología IoMT.</i>	31
<i>Ilustración 10. Representación del rendimiento de Seis Sigma.</i>	34
<i>Ilustración 11. Leyenda de Funcionamiento de la Cabina Sanitizante Inteligente.</i>	43
<i>Ilustración 12. Dimensiones y componentes de la Cabina Sanitizante.</i>	43
<i>Ilustración 13. Diagrama de conexión de la Cabina Sanitizante.</i>	44
<i>Ilustración 14. Diagrama de Flujo del algoritmo para la Cabina Sanitizante</i>	44
<i>Ilustración 15. Proceso de desinfección corporal y de manos</i>	45
<i>Ilustración 16. Dimensiones y componentes de la Cabina con Tecnología IoMT</i>	45
<i>Ilustración 17. Plataformas y tecnologías que incorpora la Cabina Inteligente IoMT</i>	46
<i>Ilustración 18. Capas de la arquitectura IoMT para la Cabina Sanitizante.</i>	47
<i>Ilustración 19. Módulos y Sensores que componen la Capa Dispositivos</i>	48
<i>Ilustración 20. Etiqueta asociada al rostro de la persona</i>	48
<i>Ilustración 21. Diagrama de Flujo del algoritmo para el Reconocimiento Facial.</i>	49
<i>Ilustración 22. Procesos de recolección de datos como: TC, O₂Sat, Peso y Estatura.</i>	50
<i>Ilustración 23. Diagrama de conexión de los componentes de la capa Dispositivos</i>	50
<i>Ilustración 24. Diagrama de Flujo del algoritmo para el sistema de Sensores.</i>	51
<i>Ilustración 25. Tecnologías y protocolos que integra la Capa de Red de comunicación ..</i>	52
<i>Ilustración 26. Implementación del método Publish y Subscribe del Protocolo MQTT</i>	53
<i>Ilustración 27. Elementos que componen la Capa Plataforma</i>	53
<i>Ilustración 28. Implementación del algoritmo para la Base de Datos MariaDB</i>	54
<i>Ilustración 29. Componentes del Registro Médico.</i>	54
<i>Ilustración 30. Implementación del algoritmo en Python para crear el Registro de datos</i>	55
<i>Ilustración 31. Implementación del algoritmo en Python para actualizar el Registro</i>	55
<i>Ilustración 32. Creación del proyecto en el Repositorio de GitHub</i>	56
<i>Ilustración 33. Implementación del código en Python para actualizar el Repositorio</i>	56
<i>Ilustración 34. Componentes de la interfaz principal de la Cabina.</i>	57
<i>Ilustración 35. Componentes de la interfaz del Registro de Nuevos Usuarios.</i>	57
<i>Ilustración 36. Componentes de la interfaz para la recolección de datos.</i>	58
<i>Ilustración 37. Procesos de la Capa Plataforma</i>	58
<i>Ilustración 38. Diagrama de Flujo del algoritmo para la capa Plataforma.</i>	59
<i>Ilustración 39. Elementos que componen la Capa Aplicación</i>	60
<i>Ilustración 40. Procesos de la capa aplicación.</i>	61

Ilustración 41.	Aplicación Web para el Monitoreo IoMT en tiempo real	61
Ilustración 42.	Aplicación Web para la Gestión de Datos almacenados en la Nube	62
Ilustración 43	Proceso de Control de Calidad y Productividad	63
Ilustración 44.	Histogramas de: Edad, TC, Peso, Estatura, IMC y O₂Sat	66
Ilustración 45.	Histograma del Tiempo y la Taza Efectiva.	69
Ilustración 46.	Diagrama de Dispersión de: Edad - Tiempo	70
Ilustración 47	Diseño 3D de la Cabina Inteligente – Vista: Frontal e isométrica	87
Ilustración 48	Diseño 3D de la Cabina Inteligente – Vista: isométrica	87
Ilustración 49	Diseño 3D de la Cabina Sanitizante.	88
Ilustración 50	Plano de diseño de la Cabina Sanitizante	89
Ilustración 51	Plano de conjunto y de montaje de la Caja de Control.	90
Ilustración 52	Diseño 3D de la Cabina con tecnología IoMT.	91
Ilustración 53	Plano de diseño 1 de la Cabina con tecnología IoMT.	92
Ilustración 54	Plano de diseño 2 de la Cabina con tecnología IoMT.	93
Ilustración 55	Plano de conjunto y de montaje del Arrays de TM1637	94
Ilustración 56	Plano de conjunto y de montaje del Módulo de TC.	95
Ilustración 57	Plano de conjunto y de montaje 1 del Módulo de O₂Sat.	96
Ilustración 58	Plano de conjunto y de montaje 2 del Módulo de O₂Sat.	97
Ilustración 59	Plano de conjunto y de montaje de la Báscula	98
Ilustración 60	Plano de conjunto y de montaje del Módulo de Estatura	99
Ilustración 61	Circuito electrónico de la de la Cabina IoMT	100
Ilustración 62	Módulo de Temperatura	100
Ilustración 63	Módulo de Peso	100
Ilustración 64	Módulo de Estatura	101
Ilustración 65	Módulo del O₂Sat	101
Ilustración 66	Sistema Electrónico del Reconocimiento Facial	101
Ilustración 67	Sistema Electrónico de la Cabina Sanitizante	101
Ilustración 68	Circuito electrónico del Control Principal de la Cabina IoMT	102
Ilustración 69	PCB y diseño 3D del Control Principal de la Cabina IoMT	102
Ilustración 70	Diseño 3D y PCB del Array de Dispalys	103
Ilustración 71	Diseño 3D y PCB del Módulo de Temperatura	103
Ilustración 72	Diseño 3D y PCB del Módulo del O₂Sat	104
Ilustración 73	Diseño 3D y PCB del Módulo de Estatura	104
Ilustración 74	Diseño 3D y PCB del Módulo Para la Cabina Sanitizante	104

RESUMEN

El presente trabajo de investigación emplea un estudio electrónico y tecnológico para el diseño, construcción, automatización e implementación de una cabina sanitizante inteligente, basada en la arquitectura (cuatro capas) del internet de las cosas médicas (IoMT). La Cabina Sanitizante con tecnología IoMT cuenta con un sistema de Reconocimiento Facial que permite autenticar y registrar automáticamente al usuario, también permite monitorear en tiempo real y recolectar información para crear registros médicos de: temperatura corporal (TC), nivel de saturación de oxígeno en la sangre (O2Sat) y parámetros de índice de masa corporal (IMC) como el peso y la estatura de los estudiantes, docentes y personal administrativo de la UEIB. Oswaldo Guayasamín Colta-Chimborazo. Además, la cabina sanitizante inteligente, dispone de un sistema de nebulización que permite desinfectar la superficie corporal expuesta de las personas, logrando de esta manera, disminuir radicalmente los posibles contagios por el virus SARS-CoV-2 y evitando así, la propagación de esta enfermedad. El proyecto se realizó en colaboración con la Fundación EcoSur, como parte de la planificación “Salud como producto social, orientado al buen vivir”.

Dentro del primer capítulo se Plantea el Problema donde además se establecen los Objetivos General y Específicos. En el segundo capítulo se encuentra el Estado del Arte con la información pertinente acerca de los instrumentos tecnológicos, protocolos de comunicación, arquitectura de la tecnología IoMT, reconocimiento facial, control de calidad y los Softwares de programación siendo estas las herramientas necesarias en la fase de diseño. En el tercer capítulo se detalla la Metodología de la Investigación, donde se describe minuciosamente cada uno de los pasos para el cumplimiento de los Objetivos planteados. En el cuarto capítulo se analizan e interpretan los resultados obtenidos; los cuales, mediante un análisis estadístico evalúan el comportamiento de los datos: TC, O2Sat e IMC de los usuarios. También se realiza un análisis comparativo entre los datos obtenidos por los sensores biomédicos implementados y los instrumentos de medida estándar; además, se realiza un análisis exploratorio de tolerancias con una Introducción al Control Estadístico de la Calidad y la métrica Seis Sigma garantizando, así, el diseño, la construcción y el correcto desempeño de la Cabina Sanitizante Inteligente. Por último, en el Quinto capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

Palabras Clave: SARS-CoV-2, O₂Sat, IMC, IoMT, Reconocimiento Facial, Seis Sigma.

ABSTRACT

This research work uses an electronic and technological study for the design, construction, automation, and implementation of an intelligent sanitizing cabin, based on the architecture (four layers) of the Internet of Medical Things (IoMT). The Sanitizing Booth with IoMT technology has a Facial Recognition system that automatically authenticates and registers the user. It also permits real-time monitoring and collecting information to create medical records of body temperature (TC), oxygen saturation level in the blood (O2Sat), and body mass indexes (BMI) parameters such as weight and height of the students, teachers, and administrative staff of the UEIB Oswaldo Guayasamín (Colta-Chimborazo). In addition, the intelligent sanitizing cabin has a nebulization system that permits disinfecting people's exposed body surfaces, thus achieving a radical reduction in possible infections by the SARSCoV-2 virus and thus avoiding the spread of this illness. The project was carried out in collaboration with the EcoSur Foundation as part of the "Health as a social product, oriented towards good living" plan.

Within the first chapter, the Problem is raised where the General and Specific Objectives are established. In the second chapter, there is the State of the Art with the pertinent information about technological instruments, communication protocols, IoMT technology architecture, facial recognition, quality control, and programming Software, these being the necessary tools in the development phase design. In the third chapter, the Research Methodology is detailed, where each step fulfills the proposed Objectives described before. In the fourth chapter, the results obtained are analyzed and interpreted, which, through statistical analysis, evaluate the behavior of the data: TC, O2Sat, and BMI of the users. A comparative analysis is also carried out between the data obtained by the biomedical sensors implemented and the standard measurement instruments. In addition, an exploratory analysis of tolerances is carried out with an Introduction to Statistical Quality Control and the Six Sigma metric. This way, the design, construction, and correct performance of the Intelligent Sanitizing Booth are guaranteed. Finally, in the fifth chapter are the conclusions and recommendations.

Keywords: SARS-CoV-2, O2Sat, BMI, IoMT, Facial Recognition, Six Sigma.



Reviewed by:

Mgs. Lorena Solís Viteri

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0603356783

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que el coronavirus de tipo 2 causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) es una enfermedad infecciosa. Este nuevo virus era desconocido antes de que iniciara el brote en Wuhan (China), en diciembre de 2019. El 31 de diciembre de ese año, el Gobierno chino notificaba oficialmente a la OMS la aparición de un nuevo virus causante de SARS-CoV-2. Después de un mes, el 30 de enero de 2020, la OMS informó al mundo que era una emergencia sanitaria grave. Donde 7818 personas fueron contagiadas por el virus, la mayoría de ellos en China. El 11 de marzo de 2020, la OMS al analizar los alarmantes niveles de propagación de la enfermedad y su alto alcance de gravedad, así como los niveles de inacción, la OMS determinó que el SARS-CoV-2 se podía caracterizar como pandemia[1].

En la actualidad se vienen desarrollando varias estrategias con el fin de disminuir el contagio del virus SARS-CoV-2, tales como el uso de la mascarilla, uso de alcohol y/o gel desinfectante, aislamiento social y el distanciamiento físico. Con el retorno progresivo de las personas a las actividades como el trabajo, la escuela, universidad, etc., se genera un interés común de precautelar la salud de todas las personas, así como el establecer medidas de prevención para reducir el riesgo de contagio del SARS-CoV-2. Una de las estrategias para reducir el contagio del virus SARS-CoV-2 son las cabinas de desinfección para personas, las que tienen como objetivo fundamental rociar una sustancia desinfectante a quien se encuentre dentro de la estructura. Existen diferentes tecnologías que caracterizan una cabina de desinfección, estas varían con respecto al tiempo que la persona debe permanecer dentro. Se sugiere que la persona debe permanecer en la cabina por un lapso de 5 a 30 segundos. Además, dependiendo del método, la solución desinfectante, puede ser pulverizada (nebulización líquida) o ionizada por ultrasonido (atomizador ultrasónico), es decir, que la solución desinfectante se presenta como una niebla con pequeñas partículas cuyo tamaño oscila de 1 a 5 micrómetros. Esta niebla se distribuye alrededor de la persona con la ayuda de ventiladores mecánicos, permitiendo así, una mayor área de desinfección sin mojar a la persona[2]. De acuerdo con la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos de América, los desinfectantes que están aprobados para combatir el SARS-CoV-2, sobre todo en la desinfección de superficies son: el amonio cuaternario y el peróxido de hidrógeno en concentraciones determinadas. [2].

En el año 2020 la pandemia por SARS-CoV-2 ha generado una interrupción masiva en los sistemas educativos presenciales, que ha afectado a casi 1600 millones de estudiantes en más de 190 países a nivel mundial[3]. El cierre de instituciones educativas y otros centros de enseñanza, han afectado al 94 % de los estudiantes de todo el mundo, una cifra que sube al 99 % en países de bajos ingresos económicos[4]. Con el fin de prevenir la enfermedad por SARS-CoV-2 en estudiantes y docentes en el sistema educativo presencial (para que no se convierta en una catástrofe), es necesario que todos los sistemas educativos adopten medidas preventivas de manera urgente como la implementación de cabinas sanitizantes.

No solo la pandemia afecta a la salud en el sistema educativo, existen también problemas más grandes. Según estimaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), se generan al año alrededor de 160 millones de nuevos casos de enfermedades y más de 2 millones de muertes, esto se debe a diversos tipos de enfermedades relacionadas con el trabajo y el estudio[5]. Para poder prevenir y combatir de forma temprana algunas enfermedades en las personas, por ejemplo, en el sector educativo, se debe contar con un monitoreo constante de su evaluación física como: Temperatura Corporal (TC), nivel de saturación de oxígeno en la sangre (O₂Sat) y parámetros de índice de masa corporal (IMC): peso y estatura. Por lo cual, la implementación de una cabina de control con registro de la evaluación física de estudiantes y docentes en instituciones educativas podría proporcionar información valorada que ayudaría a prevenir enfermedades como: Desnutrición, obesidad y variantes emergentes del virus SARS-CoV-2. De esta manera, se contribuirá con el sector educativo en la salud y bienestar comunitario.

Hoy en día los sistemas de Internet de las Cosas Médicas (IoMT) son cada vez más diversos y nos ayuda a prevenir, predecir y monitorear muchos tipos de enfermedades infecciosas emergentes. La tecnología IoMT se basa en la recopilación, el almacenamiento, la transferencia y el análisis de datos médicos, que son enviados en tiempo real, a una plataforma en la nube para su respectivo análisis [6]. Es útil y necesario aprovechar las funcionalidades de la tecnología IoMT como un sistema de alerta temprana para controlar infecciones y enfermedades que se propagan exponencialmente. En muchos países la tecnología IoMT se implementó junto con otras estrategias para frenar la propagación del SARS-CoV-2 y así, disminuir la tasa de mortalidad causada por el virus.

Por lo tanto, en la presente investigación se propone diseñar y construir una cabina sanitizante con tecnología IoMT, capaz de integrar sensores que midan la Temperatura Corporal, IMC (Peso, Estatura) y el O₂Sat de una persona, después dicha información recolectada será almacenada localmente y en la nube, para luego ser enviada a internet con el fin de poder realizar un monitoreo y seguimientos en tiempo real de la evaluación física de los estudiantes y docentes. También, la cabina inteligente contará con un sistema de Reconocimiento Facial y una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permitirá la identificación de los usuarios y registro de una nueva persona al dispositivo. Por último, la cabina integrará un sistema automático de desinfección corporal que permitirá una completa desinfección en el área corporal expuesta de la persona.

Existen además otros usos para una cabina inteligente como son:

- Seguimiento y evolución del estado físico de deportistas.
- Control, seguimiento y prevención de la desnutrición infantil.
- Control de asistencia mediante reconocimiento facial en instituciones educativas.
- Registro y control de asistencia de empleados en entidades públicas y privadas.
- Complemento para la Telemedicina de cualquier persona registrada en la base de datos.

1.2 Planteamiento del Problema

El 31 de diciembre del año 2019 se detectó en China, en la ciudad de Wuhan, una crisis de neumonía en sus habitantes con una causa desconocida. Esta emergencia fue inmediatamente informada a la Organización Mundial de la Salud (OMS) que anunció a la comunidad internacional el problema que se avecinaba. En el mes de febrero el día 11 del año 2020 la OMS nombró a la enfermedad como COVID-19 (coronavirus disease-2019) y se denominó al coronavirus responsable como SARS-CoV-2.

Poco después, al Ecuador arriba una mujer ecuatoriana proveniente de España el 14 de febrero de 2020. En los días siguientes a su llegada al País, presenta síntomas como malestar físico y fiebre, por lo que fue necesaria su hospitalización. Después de una detallada prueba para la detección del Covid-19, los resultados determinan positivo y es portadora del virus que posteriormente se propagaría en todo el país. Durante el mes de marzo del 2020 la ciudad de Guayaquil vivió una de sus mayores crisis sanitarias y en su momento fue el epicentro de contagio del país. En los hospitales no había la capacidad necesaria para combatir esta emergencia por el incremento masivo de casos. La falta de pruebas de laboratorio tampoco permitía llevar un registro real de la cantidad de infectados y el número de las muertes por la enfermedad eran alarmantes. Esta crisis sanitaria creció a niveles nunca antes vistos en el Ecuador y los contagios masivos se dieron principalmente porque los ciudadanos no respetaron las restricciones implementadas por el gobierno de turno[6].

La OMS, en colaboración con asociados, redes de expertos, autoridades nacionales, instituciones e investigadores, ha estado constantemente vigilando y evaluando la evolución del SARS-CoV-2 desde enero de 2020 notando variantes del virus principal. La aparición de estas variantes, que fueron un mayor riesgo para la salud pública mundial a finales de 2020 [7], hizo que se empezaran a utilizar categorías específicas, como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1 Variantes Emergentes del SARS-CoV-2.

Fuente: Autores

Denominación	Muestras Documentadas	Fecha de Designación
Alpha	Reino Unido	18 de diciembre 2020
Beta	Sudáfrica	18 de diciembre 2020
Gamma	Brasil	11 de enero 2021
Delta	India	11 de mayo 2020
Ómicron	Varios países	26 de noviembre 2021

Muchos sectores de investigación a nivel mundial, después de estudiar el SARS-CoV-2, proponen una posible vacuna con el afán de disminuir los contagios masivos y aminorar los síntomas de aquellas personas que contrajeron la enfermedad. La primera vacuna contra el covid-19 fue la de Pfizer/BioNTech sacada al mercado el 31 de diciembre del 2020. Esta vacuna ofrece un 95% de protección contra el SARS-CoV-2 [8]. En la actualidad existen varias vacunas adicionales de protección contra el SARS-CoV-2 entre ellas están: Moderna, AstraZeneca, Jansen, Sinopharm, Sinovac y Bharat.

El 21 de enero del 2021 arribaron las primeras 8000 dosis de vacunas Pfizer al Ecuador[9]. Desde entonces, el ministerio de Salud Pública menciona que se encuentran completamente vacunadas (dos dosis) 13 112 246 personas lo que representa el 74.88% de los ecuatorianos. Debido a que la gran mayoría de personas ya se encuentran completamente vacunadas, inclusive con tercera dosis, el gobierno flexibiliza las medidas restrictivas de control ante la emergencia, lo que conlleva al retorno progresivo a centros de trabajo, centros educativos, establecimiento públicos y privados, etc. En consecuencia, la ministra de Educación del Ecuador, María Brown, manifiesta mediante una rueda de prensa a los ciudadanos sobre la necesidad del retorno progresivo a las instituciones educativas. Durante esta rueda de prensa informó además que aproximadamente el 74.20% de los planteles educativos cuentan con la aprobación del Plan de continuidad Educativa (PICE) para el retorno presencial a clases [10]. Este retorno progresivo a las instituciones educativas establece como fecha de partida, el lunes 17 de enero del 2022 y es, desde entonces, de carácter voluntario-no impositivo. Los días establecidos para el retorno progresivo son continuamente monitoreados y evaluados por el Centro de Operaciones de Emergencia (COE) Nacional. El COE nacional para verificar o descartar un nuevo pico de contagios, de acuerdo con los resultados, podría determinar que el regreso progresivo a clases presenciales continúe o se descarte.

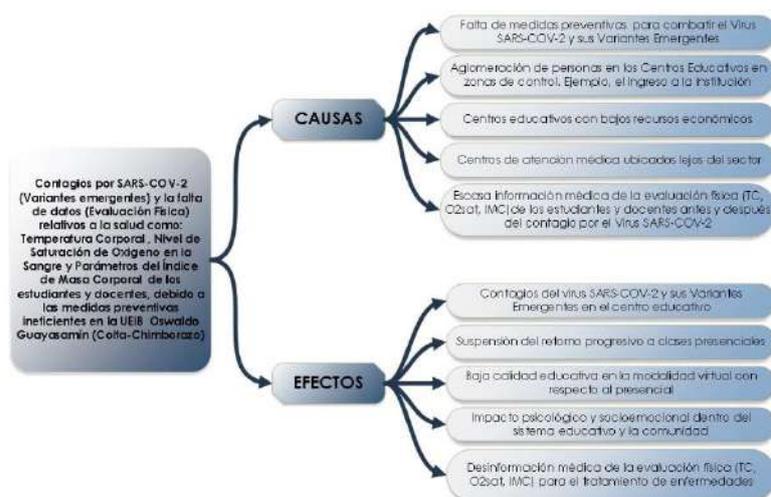


Ilustración 1. Esquema de la Problemática del Proyecto de Investigación.

Fuente: Autores

La presente investigación está enfocada en la implementación de una cabina sanitizante inteligente basada en la tecnología IoMT con funciones de: registro de docentes, administrativos y estudiantes, registro de nuevos usuarios, reconocimiento facial para estudiantes y docentes y toma de datos como: Temperatura, O₂Sat y parámetros IMC. Luego, los datos recolectados serán almacenados localmente y en la nube como archivos individuales por persona en formato de hoja electrónica (MS Excel) para después ser analizados estadísticamente creando así un registro automático de control con acceso inmediato. Finalmente, la cabina sanitizante inteligente desinfectará las manos y superficie corporal de los estudiantes, docentes y administrativos de la institución educativa Maestro Oswaldo Guayasamín Calero logrando de esta manera, disminuir radicalmente los posibles contagios del virus SARS-CoV-2 y evitando así la propagación de este.

Esta cabina sanitizante, basada en la tecnología IoMT, podrían adoptar otras instituciones educativas para acelerar el regreso de los estudiantes y docentes a la presencialidad, así como identificar diferentes tipos de enfermedades en la comunidad educativa.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Implementar una cabina sanitizante inteligente basada en la tecnología IoMT para medir Temperatura Corporal, O₂Sat y parámetros IMC, en la UEIB. Oswaldo Guayasamín (Colta-Chimborazo).

1.3.2 Específicos

- Construir una cabina sanitizante inteligente, en la UEIB Oswaldo Guayasamín (Colta-Chimborazo), tomando como base la tecnología IoMT y un proceso de Control de Calidad basado en las necesidades y expectativas de las Organizaciones Auspiciantes.
- Diseñar una interfaz gráfica de usuario (GUI) para el registro de docentes, administrativos y estudiantes de la UEIB Oswaldo Guayasamín y además para nuevos usuarios.
- Desarrollar un sistema de verificación de identidad de los estudiantes y docentes de la UEIB Oswaldo Guayasamín mediante un modelo de reconocimiento facial a través de una cámara OV5647.
- Recolectar y almacenar, de forma autónoma, los datos de Temperatura Corporal, O₂Sat y parámetros IMC en formato de hoja electrónica (MS Excel) de estudiantes, docentes y administrativos de la UEIB Oswaldo Guayasamín, para posteriormente ser estudiados estadísticamente mediante análisis de correlación bivariada cruzada y modelización en tiempo real.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Estado del Arte

Actualmente el internet de las cosas médicas IoMT, brinda soluciones innovadoras en el área de la salud mediante el uso de dispositivos portables conectados a internet, estos dispositivos permiten detectar y diagnosticar en tiempo real posibles enfermedades que presente una persona. Por lo tanto, la tecnología IoMT beneficia a los centros médicos que enfrentan una gran demanda de pacientes a causa de enfermedades como es el caso del SARS-CoV-2, entre otras [11]. Además, la implementación de dispositivos IoMT en instituciones educativas y centros de salud ubicados en sectores remotos y rurales, permite a los pacientes reducir los costos de una atención médica [11]. Cabe mencionar que hoy en día se siguen desarrollando nuevos dispositivos IoMT, con la finalidad de contrarrestar enfermedades que aqueja a las personas, por lo cual, para el desarrollo del presente proyecto de investigación se ha indagado en proyectos, tesis y artículos científicos, información sobre dispositivos y aplicaciones IoMT. A continuación, se analizarán varios trabajos que aportaron a la sociedad a contrarrestar algunas enfermedades en los últimos tres años.

El autor Firat Aydemir, presentó una solución para prevenir la propagación del Covid-19 mediante la creación de una pulsera con tecnología IoMT [12]. La pulsera presentada incorpora sensores que miden la Temperatura Corporal, O₂Sat y Presión arterial, luego, mediante el uso del protocolo de comunicación bluetooth, los datos son enviados en tiempo real al dispositivo móvil del paciente, también la pulsera integra un micrófono que cuenta las veces que toce el paciente a diario, permitiendo así, identificar posibles contagios por tos o por covid-19, adicionalmente la pulsera dispone de sensores como: acelerómetro, giroscopio y barómetro, estos sensores permiten monitorear el movimiento de la muñeca del paciente, logrado de esta manera saber cuándo el paciente come, bebe algo o se encuentra en reposo por mucho tiempo[12].

También los autores Vinay Chamola y Sainath Baitragunta propusieron una solución para identificar y contrarrestar la propagación del Covid-19 [13]. La solución propuesta consiste en la suministración de pruebas rápidas y atención médica mediante el uso de tecnologías como: el internet de las cosas médicas (IoMT), vehículos aéreos no tripulados (UAV) y redes neuronales profundas (DNN). En el trabajo propuesto se desarrolló un prototipo de dron UAV que cuenta con sensores biomédicos que recolectan datos de Temperatura Corporal y O₂Sat, luego, los datos recolectados por el dron son procesados por el modelo DNN que permite detectar en tiempo real el COVID-19. Además, el dron cuenta con un sistema automático de desinfección corporal. Este proyecto fue desarrollado especialmente para pacientes que residen en lugares remotos sin intervención humana[13].

Mediante el uso de la tecnología IoMT y la Telemedicina, los autores Villalva Chaluisa y Vásquez Cevallos, propusieron un prototipo de plataforma de Tele-fisioterapia para pacientes que sufren de alteraciones en la función motora de sus extremidades [14]. El prototipo propuesto se basa en la creación de una plataforma web que permite la interacción

entre fisioterapeutas y pacientes. Dentro de la plataforma web se incluyeron características como: videoconferencia con terapeutas y monitoreo del paciente en tiempo real. Para el monitoreo se implementó en los pacientes sensores biomédicos que miden la Temperatura Corporal y el O₂Sat, luego la información recolectada por los sensores biomédicos se almacenan en una base de datos (BD) local y en la nube [14].

Por último, los autores Weizhi Meng, Yong Cai y entre otros, consideran que las emociones de una persona son indicadores que pueden predecir algún tipo de enfermedad en una persona [15]. Por lo cual, propusieron un sistema que permite monitorear en tiempo real las emociones de una persona a través de la implementación de la tecnología IoMT mediante el uso de sensores EEGG (electroencefalografía) incorporados en unos audífonos. Este sistema propuesto recolecta ondas cerebrales y mediante el uso de una red neuronal se puede distinguir cuando una persona presenta emociones cómodas o incómodas [15].

Como se pudo observar en los trabajos mencionados anteriormente, en la actualidad existen diferentes dispositivos, sistemas y aplicaciones IoMT que ayudan a los pacientes a contrarrestar diferentes enfermedades. Sin embargo, en la mayoría de los trabajos mencionados proporcionan información de dispositivos ejemplares o prototipos IoMT, es decir, que estos dispositivos IoMT son diseñados y construidos, pero no implementados en la comunidad, pero de igual forma, estos trabajos propuestos brindan información valorada de dispositivos, sistemas, arquitecturas, aplicaciones, etc. Aportando de esta manera en el desarrollo de la presente investigación.

2.2 SARS-CoV-2

El coronavirus es un grupo de virus que causan enfermedades que van desde el resfriado común hasta enfermedades más graves como la neumonía, el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) y el síndrome respiratorio agudo grave (SARS). Este coronavirus contiene 4 géneros principales, denominados Alpha, Beta, Gamma y Delta-coronavirus. El coronavirus 19 (Covid-19) es una enfermedad causada por un nuevo virus conocido como el síndrome respiratorio agudo severo coronavirus tipo 2 (SARS-CoV-2), el virus pertenece al género Beta-coronavirus y está envuelto con un genoma ARN monocatenario de sentido positivo de 30 kb (kilobases)[16]. Mediante imágenes de microscopía, el virión SARS-CoV-2, tiene la apariencia de una corona solar (de allí el nombre de coronavirus). Esta partícula vírica tiene una morfología esférica (Ilustración 2) de un diámetro que oscila entre 60 a 140 [nm].

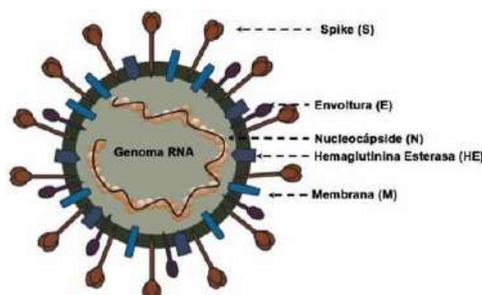


Ilustración 2. Morfología y estructura del virus SARS-CoV-2.

Fuente: [16]

La estructura del SARS-CoV-2 está asociada con la proteína de la nucleocápside (N). En la envoltura externa del virión se encuentran proteínas estructurales denominadas proteína Spike (S), proteína de membrana (M) y la proteína de envoltura (E), como se indica en la Ilustración 2, también se encuentran proteínas accesorias, tales como, la proteína hemaglutinina esterasa (HE), proteína 3, proteína 7a, entre otras [17].

El Covid-19, puede afectar de diferentes maneras en función de cada persona. Por lo general, la mayoría de las personas que tienen presente el virus, presentan síntomas de intensidad leve o moderada como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Intensidad de los sistemas causados por el virus SARS-CoV-2.

Fuente:[18]

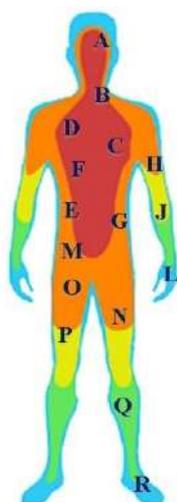
SÍNTOMAS		
Menos Comunes	Más Comunes	Más Graves
Dolor de garganta	Fiebre	Dificultad para respirar
Dolor de cabeza	Tos	Pérdida de movilidad
Diarrea	Cansancio	Pérdida del habla
Erupción cutánea	Pérdida del olfato	Sensación de confusión
Ojos irritados	Pérdida del gusto	Dolor de pecho

2.3 Evaluación Física Médica

La Evaluación Física es la exploración Médica que se realiza a toda persona con el fin de obtener información válida de la salud de dicha persona. La Evaluación Física se lo realiza mediante técnicas de inspección, auscultación, palpación, percusión, además, se lo complementa con instrumentos médicos como: termómetro clínico, estetoscopio, báscula, oxímetro, etc. Por lo tanto, la evaluación física ayuda identificar las alteraciones físicas producidas por diferentes tipos enfermedades en las personas [19].

2.4 Temperatura Corporal (TC)

La temperatura corporal del ser humano, es el grado de calor conservado por el equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y el calor perdido en el ambiente externo(termorregulación), por lo tanto, la temperatura corporal puede variar según la edad, la actividad física, el lugar donde se encuentre, etc. [20]. La temperatura corporal se puede medir en muchos lugares del cuerpo y varía según la zona donde se efectúe la medida como se indica en la (Ilustración 3). Los lugares más comunes para medir la temperatura son: la boca, el oído, la axila y el recto. La temperatura también se puede medir en la frente y oscila entre los 36.5°C y los 37.5°C[18], estas oscilaciones suceden por la variación de la temperatura ambiental.



ID	Skin Location	Cold (°C)	Room(°C)	Hot (°C)
A	Forehead	31.7	35.2	37.0
B	Back of Neck	31.2	35.2	36.1
C	Chest	30.1	34.4	35.8
D	Upper Back	30.7	34.4	36.3
E	Lower Back	29.2	33.7	36.6
F	Upper Abdomen	29.0	33.8	35.7
G	Lower Abdomen	29.2	34.8	36.2
H	Triceps	28.0	33.2	36.6
J	Forearm	26.9	34.0	37.0
L	Hand	23.7	33.8	36.7
M	Hip	26.5	32.2	36.8
N	Side Thigh	27.3	33.0	36.5
O	Front Thigh	29.4	32.7	36.7
P	Back Thigh	25.5	32.2	36.0
Q	Calf	25.1	31.6	35.9
R	Foot	23.2	30.4	36.2

Ilustración 3. Rangos de temperatura de una persona dependiendo de la zona medida.

Fuente: [21]

Para medir la Temperatura Corporal de una persona existen diferentes tipos de termómetros. Los termómetros que se recomiendan para un uso seguro son los siguientes: El termómetro digital multiuso, que se puede utilizar en diferentes zonas del cuerpo como en la boca, en el recto o debajo del brazo. El uso de este termómetro se utiliza exclusivamente en una zona del cuerpo. También tenemos el termómetro de la arteria temporal (TAT), que integra sensores infrarrojos (Pirómetro), capaces de medir la temperatura de una persona sin tener contacto físico, es decir, mide el calor irradiado por la superficie de la piel que cubre la arteria temporal, esta arteria se encuentra ubicado en la frente de la persona; por último tenemos el termómetro timpánico, que se coloca en el oído de la persona y registra el calor que emana la membrana del tímpano del oído [22].

2.5 Peso Corporal

Se define como peso corporal a la masa o el peso del cuerpo humano y su unidad de medida es el kilogramo (kg). El peso es un indicador de la salud (estado nutricional, desnutrición, Obesidad, etc.) de una persona. Para medir el peso corporal se deben utilizar instrumentos como básculas manuales o digitales, además, se debe medir sin elementos colocados en la persona. Sin embargo, en la práctica, se puede medir cuando la persona solo utilice ropa ligera y se despoje de objetos pesados, como: zapatos, equipos de protección, adornos, etc. [23].

2.6 Estatura

Es la medida de una persona desde los pies hasta cabeza y su unidad de medida es el metro(m) y/o centímetro(cm). También se considera como un parámetro fundamental para evaluar el crecimiento y desarrollo de las personas. La Estatura se puede medir a través de instrumentos antropométricos como por ejemplo el tallímetro [23]. Además, también existen diferentes tecnologías como los sensores ultrasónicos y sensores infrarrojos que pueden medir la estatura de una persona.

2.7 Índice de Masa Corporal (IMC)

El IMC, es la relación entre el peso y estatura de una persona, principalmente es utilizada para determinar el sobrepeso y la obesidad en personas adultas y en niños[24], EL IMC se calcula dividiendo la masa corporal en kilogramos (Kg) por el cuadrado de su estatura en metros (m²), como se indica en la siguiente ecuación.

$$IMC = \frac{Peso [Kg]}{Estatura^2 [m^2]}$$

Las diferentes organizaciones de la salud como la Organización Mundial de la Salud (OMS), Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) y la Asociación Americana del Corazón (AHA), recomiendan categorías del Índice de Masa Corporal que se indican en la Tabla 3 [25]. Las categorías de la OMS actualmente son las más utilizadas tanto en el entorno profesional y no profesional

Tabla 3. Clasificación de la Obesidad según IMC[Kg/m²].

Fuente:[25]

OMS 2000	SEEDO 2007	AHA 2009
Bajo Peso: <18.5	Bajo Peso: <18.5	Bajo Peso: <18.5
Peso Normal: 18.5-24.9	Peso Normal: 18.5-24.9	Peso normal: 18.5-24.9
Sobrepeso: 25-29.9	Sobrepeso grado 1: 25-26.9	Sobrepeso: 25-29.9
-----	Sobrepeso grado 2: 27-29.9	-----
Obesidad grado 1: 30-34.9	Obesidad tipo 1: 30-34.9	Obesidad grado 1: 30-34.9
Obesidad grado 2: 35-39.9	Obesidad tipo 2: 35-39.9	Obesidad grado 2: 35-39.9
Obesidad grado 3: ≥ 40	Obesidad tipo 3: 40-49.9	Obesidad grado 3: 40-49.9
-----	Obesidad tipo 4: ≥ 50	Obesidad grado 4: 50-59.9
-----	-----	Obesidad grado 5: ≥ 60

2.8 Nivel de Saturación de Oxígeno en la Sangre (O₂Sat)

La hemoglobina es una proteína de los glóbulos rojos que se encarga de llevar el oxígeno de los pulmones al resto del cuerpo, cada una puede llegar a transportar cuatro moléculas de oxígeno, es decir, es la cantidad de oxígeno disponible en la sangre, por lo tanto, a este proceso se lo denomina, “saturación de oxígeno en la sangre”. Los niveles óptimos (Tabla 4) de saturación de oxígeno en la sangre de una persona están entre el 95% y 100% lo que garantiza que las células del cuerpo reciban la cantidad adecuada de oxígeno [26], por otra parte, también tenemos los niveles críticos de O₂Sat, que se denominan hipoxemia, y se da cuando el nivel de oxígeno es inferior a lo normal, por lo cual, la hipoxemia indica cuando una persona tiene dificultad para respirar.

Tabla 4. O₂Sat según la altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

Fuente: [21][27]

Estado de Saturación	0 [m]	1000 [m]	3000 [m]	3400 [m]	3600 [m]	3900 [m]
Normal [%]	93 – 100	92 - 99	88 - 96	87 - 95	84 - 93	83 - 92
Hipoxia Leve [%]	82 - 92	88 - 91	84 - 87	83 - 86	80 - 83	79 - 82
Hipoxia Moderada [%]	85 - 88	84 - 87	80 - 83	79- 82	76 - 79	75 - 78
Hipoxia Severa [%]	<85	<83	<79	<78	<75	<74

Para medir el O₂Sat existen diferentes métodos, entre ellas la gasometría arterial, la cual se encarga de medir la cantidad de oxígeno y dióxido de carbono presente en la sangre, para este método se requieren pruebas de laboratorio mediante muestras de sangre. El método más común es la oximetría, que no implica tomar muestras de sangre, sino en utilizar dispositivos médicos como el oxímetro, estos dispositivos se coloca en el dedo del paciente y mediante sus sensores que emiten luz, se estima el nivel de saturación de oxígeno en la sangre medidos en porcentaje (%) [26].

2.9 Cabina Sanitizante

Una cabina o túnel de desinfección (Ilustración 4) es una caja pequeña de dimensiones suficientes para el uso de una persona ya sea niños, jóvenes o adultos que pueda propagar algún tipo virus. Por lo general una cabina de desinfección está diseñado para realizar un proceso de desinfección antes de ingresar a cualquier establecimiento público ya sea bancos, supermercados, hospitales, plazas de mercado, lugares de trabajo, plantas de producción, etc.

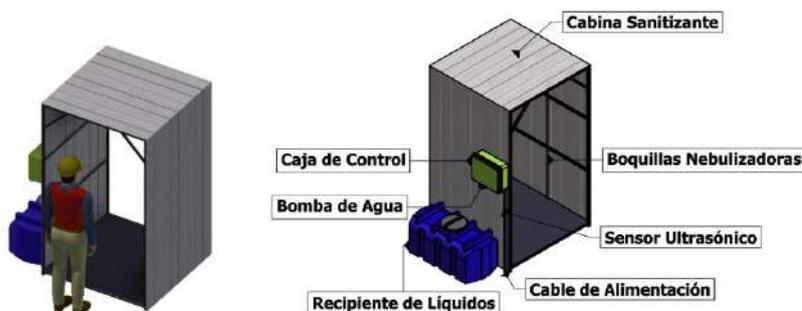


Ilustración 4. Cabina Sanitizante.

Fuente: Autores

Las cabinas sanitizantes incorporan un sistema de pulverización que se realiza mediante un proceso denominado "amplio espectro", lo que hace este proceso, es tratar de mezclar la solución con agua u otros ingredientes que pueda ayudar a eliminar el 99,9 por ciento del virus. La desinfección hace que la capa protectora del virus sea vulnerable, provocando así, la muerte inmediata del virus y disminuyendo los contagios en las personas [28].

2.10 Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las cosas IoT, fue empleado por primera vez en 1999 por el británico Kevin Ashton, tal que pudo describir un sistema interconectando objetos físicos como sensores y actuadores con el fin de intercambiar datos recolectados a diferentes dispositivos conectados a la red (red de redes) o internet[29].

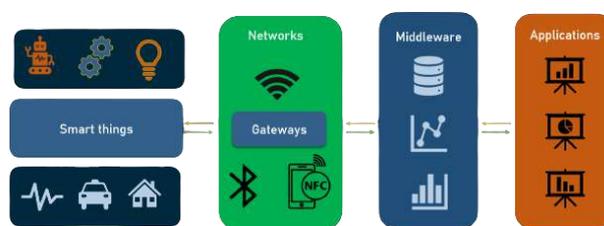


Ilustración 5. Arquitectura de cuatro capas para el Sistema IoT.

Fuente: Autores

También se le denomina IoT, a todo dispositivo conectado a internet en tiempo real, donde la conectividad de red, la interoperabilidad y la escalabilidad se extiende, mediante el uso de dispositivos, sensores, actuadores y artículos de uso diario, permitiendo así, que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos con una mínima intervención humana. Sin embargo, en las academias, industrias, organizaciones de tecnología y organizaciones de estandarización aún no existe una definición única y universal de IoT [30].

2.11 Internet de las cosas médicas (IoMT)

IoMT (*Internet of Medical Things*) es la versión extendida del Internet de las cosas (IoT), por lo tanto, IoMT se encarga de incorporar instrumentos, sensores o dispositivos “médicos” a una red, con la finalidad de recolectar información médica para el monitoreo y cuidado en tiempo real de los pacientes [31].

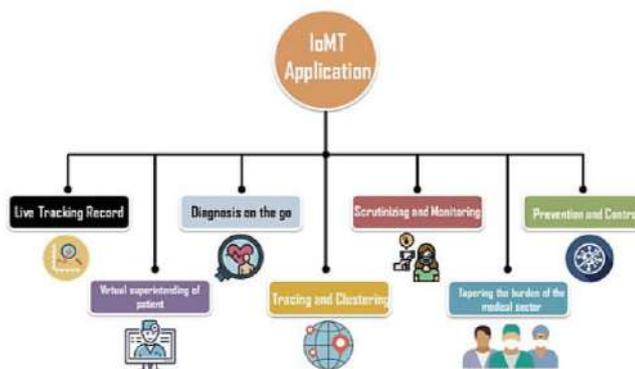


Ilustración 6. Servicios y aplicaciones para la tecnología IoMT.

Fuente: [32]

2.12 Estándares para la Arquitectura IoMT

La IEEE Standards Association (IEEE S.A.), es una organización que se encuentra dentro del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Esta organización anunció en el año 2019 dos estándares para la arquitectura IoT (no para IoMT), con el objetivo de promover interacción heterogénea, interoperabilidad entre distintos sistemas y así obtener una mayor escalabilidad de desarrollo en la industria. Los dos estándares anunciados son el estándar para una arquitectura de referencia para Smart City (P2413.1 RASC) y el estándar para una arquitectura de referencia para distribución de energía IoT (P2413.2 PDIoT)[33].

2.12.1 Estándar P2413.2 PDIoT

Este estándar proporciona un modelo arquitectónico para el desarrollo de IoT en la distribución de energía (PDIoT). Se define en una arquitectura de cuatro capas de distribución de energía como la capa terminal, la capa de red de comunicación, la capa informática de borde y la capa aplicación basada en la nube de IoT[33].

2.12.2 Estándar P2413.1 RASC

El estándar RASC proporciona un modelo arquitectónico para la implementación de Smart City, este estándar define una arquitectura de cuatro capas: Capa Dispositivos, Capa Red de comunicación, Capa Plataforma, y Capa Aplicación. Las aplicaciones que incluye es la gestión de agua, gestión de residuos, alumbrado público inteligente, estacionamiento inteligente, monitoreo ambiental, edificios inteligentes, salud etc. [33].

Estos dos estándares mencionados nos brindan orientación para la interoperabilidad y unificación de diferentes sistemas IoT. Por lo cual, es necesario establecer una arquitectura estandarizada para la tecnología IoMT tomando en cuenta su aplicación, arquitectura, tecnología, comunicación y componentes de seguridad. Por tal razón, se determina que la arquitectura específica para la tecnología IoMT es la arquitectura estandarizada RASC P2413.1.[34]



Ilustración 7. Arquitectura de cuatro capas específica para IoMT.

Fuente:[34]

2.13 Arquitectura IoMT de cuatro capas

Actualmente existen muchas arquitecturas referenciadas de la tecnología IoT e IoMT, que se basan en una estructura de múltiples capas. En primer lugar, tenemos la arquitectura de tres capas que se introdujo en las primeras etapas de investigación de IoT. Esta arquitectura incluye la capa de percepción, red y aplicación. También tenemos la arquitectura compuesta por cuatro capas y está orientada a servicios y por último esta la arquitectura de cinco capas, que se basa en Middleware (Servicio) [35].

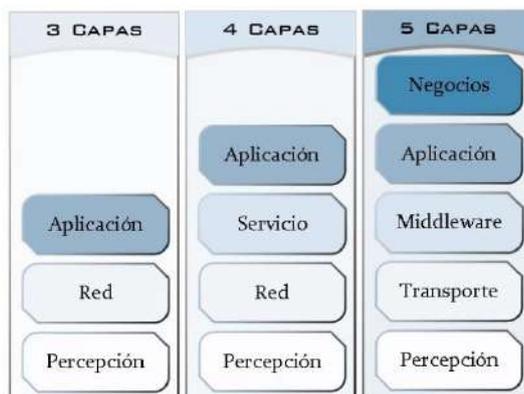


Ilustración 8. Arquitecturas de referencia para IoMT.

Fuente:[35]

2.13.1 IoMT Capa de Dispositivos

Es la primera capa de la arquitectura IoMT y se denominada capa Dispositivos, dicha capa representa a los dispositivos físicos de la tecnología IoMT y está compuesta por sensores y actuadores. La función principal de esta capa es: la identificación de dispositivos IoMT, la recopilación de datos a través del uso sensores biomédicos y la transformación de datos recolectados a señales digitales. La capa dispositivos también permite ejecutar acciones sobre el entorno a través de los dispositivos actuadores[35].

2.13.2 IoMT Capa Red de Comunicación

La capa Red de Comunicación cumple la función de interconectar diferentes dispositivos físicos, dispositivos de red y servidores de la tecnología IoMT, por lo cual, esta capa se utiliza para transmitir y procesar los datos recolectado por los sensores. Actualmente existen diferentes tecnologías de Red de Comunicación y las más utilizadas son: Wireless Sensor Network (WSN), Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, NB-IoT, LTE, 4G y 5G[35].

2.13.3 IoMT Capa Plataforma

La capa plataforma o también denominada capa de middleware, tiene la función de almacenar los datos provenientes de la capa transporte, también se encarga de extraer la información procesada de las capas inferiores, seguidamente, dicha información será analizada con el fin de tomar acciones automáticas basadas en los resultados generados. Esta capa también puede administrar y proporcionar un conjunto diverso de servicios a las capas inferiores[35].

2.13.4 IoMT Capa Aplicación

Por último, tenemos la capa aplicación que integra servicios y aplicaciones de la información procesada. Generalmente las aplicaciones de esta capa son programas, interfaces, páginas web, etc. Además, dicha capa, también permite compartir datos con otras aplicaciones, servicios, sistemas y plataformas. Las aplicaciones más implementadas en IoMT, son: la Telemedicina, Generación de Historiales médicos, Seguimiento y Monitoreo de pacientes en tiempo real, etc. [35].

2.14 Protocolos de comunicación para IoMT

Existen varias tecnologías y protocolos de comunicación para cada capa (física, red, transporte, aplicación, etc.) específica de la arquitectura IoMT, como se muestra en la Ilustración 9. Los protocolos tienen una amplia adopción para la conectividad e interoperabilidad entre dispositivos IoMT, donde cada protocolo presenta diferentes características, ventajas y desventajas.

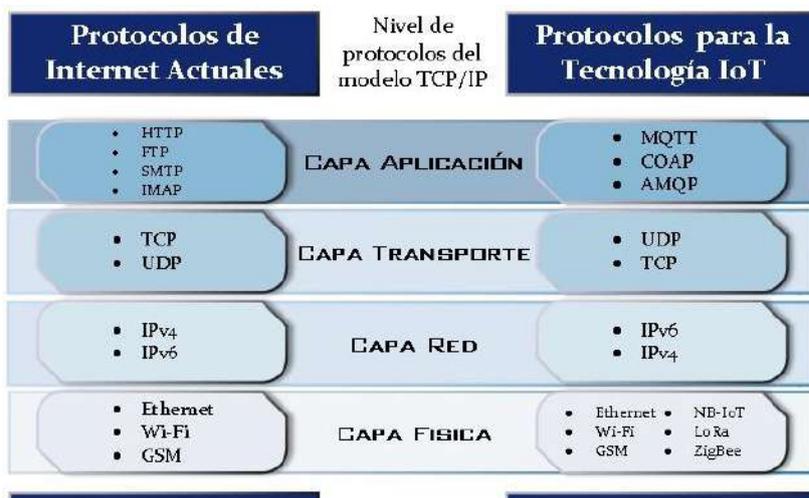


Ilustración 9. Protocolos que se usan en la Tecnología IoMT.

Fuente: Autores

2.14.1 Protocolos de la capa Física/Enlace.

Para poder intercambiar o transferir datos de dispositivos IoMT, es imprescindible la utilidad de protocolos de comunicación alámbricos e inalámbricos. Los protocolos alámbricos funcionan mediante el uso de un medio guiado que permite transferir datos a velocidades altas y son más confiables, eficientes y seguros. Los protocolos alámbricos más comunes en la actualidad son: La comunicación Serial y la comunicación UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter), estas dos comunicaciones, se encuentran principalmente en la forma de USB o RS232, RS485, SPI e I²C. [36] Los protocolos de comunicación inalámbricos permiten transferir datos IoMT de manera inalámbrica a cortas distancias, los protocolos inalámbricos más comunes son: Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LoRaWAN y entre otros, también existen diferentes protocolos de comunicación con nuevas tecnologías como es el caso de: 6LoWPAN, LTE-A, NB-IoT, etc. [36]

A continuación, en la Tabla 5 se puede visualizar las diferentes características de los protocolos de comunicaciones IoMT antes mencionados.

Tabla 5 Características de los principales Protocolos IoMT de bajo costo.

Fuente: [36]

Feature	SPI	I2C	RS232	RS485	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee	LoRa
Based Data Rate [Mbps]	20	0.1	0.02	10	11	1	0.25	0.11
Frequency [GHz]	-	-	-	-	2.4	2.4	2.4	0.433
Version	-	Standard	-	-	802.11b	4.0	-	-
Range [m]	100	10	15	60	1-100	10 – 100	10-100	2000
Nodes/Masters	3	1024	256	256	32	7	65540	-
Power Consumption [mA]	-	-	-	-	100-350	1-35	1-10	1-10
Complexity	Medium	Low	Low	Low	High	Medium	Medium	Low
Security	-	-	-	-	WPA/WPA2	128 Bit	128 Bit	128 Bit
Type	wired	wired	wired	wired	wireless	wireless	wireless	wireless

2.14.2 Protocolos de la capa de Aplicación.

En la capa aplicación de la tecnología IoMT se necesitan de protocolos livianos, seguros y eficientes en términos de ancho de banda y consumo de energía para la transmisión de los datos. Existen dos protocolos que cumplen con estos requerimientos en IoMT. Estos protocolos son MQTT y CoAP.

2.14.2.1 MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

El protocolo MQTT es utilizado en aplicaciones IoT y en comunicaciones Machine to Machine (M2M) debido a su capacidad de ancho de banda y eficiencia de energía. Gracias a esta capacidad, MQTT está diseñado para redes restringidas con ancho de banda limitado y baja velocidad de transmisión, y dispositivos con recursos limitados. Este protocolo es similar a Hypertext Transfer Protocol (HTTP), donde solo puede ser ejecutado sobre los protocolos TCP e IP[35].

2.14.2.2 CoAP (Constrained Application Protocol)

CoAP es un protocolo para entornos restringidos como: IoT y comunicaciones M2M. Estos entornos están constituidos por dispositivos y redes de baja potencia, y a menudo con altas tasas de error de paquetes (con pérdida) [35]. CoAP se ejecuta sobre el Protocolo de datagramas de usuario (UDP), CoAP tiene su propio mecanismo de confiabilidad y son los mensajes confirmados y mensajes no confirmados. Los mensajes confirmados requieren un acuse de recibo, mientras que los mensajes no confirmados no lo necesitan [37].

2.15 Reconocimiento Facial

El reconocimiento facial es una forma de identificar o confirmar la identidad de una persona, por medio de su rostro. Los sistemas de reconocimiento facial se pueden emplear para identificar a las personas en fotos, videos o en tiempo real. Para lo cual es necesario almacenar las imágenes de la persona a la cual se le extraerán las características del rostro utilizando algoritmos que están ligados a un proceso matemático complejo, después los datos se almacenan para efectuar el proceso de comparación y autenticación en tiempo real [38].

2.15.1 OpenCV (Open-Source Computer Vision Library)

Es una biblioteca de código abierto, brinda varias funciones y algoritmos para la utilización de visión artificial, procesamiento de imágenes y algoritmos numéricos, proporciona herramientas para procesar imágenes incorporando el reconociendo de objetos en fotografías y videos (caras, figuras de personas, textos, etc.) [39].

2.15.2 Método EigenFaces

Es un método que permite determinar, mediante la ortogonalidad dimensional, los vectores que ofrecen más información a un conjunto de datos de dimensión N. La información N dimensional obtenida con Eigenfaces contiene datos redundantes lo que ocasiona que un sistema de clasificación tenga un alto costo computacional. Para minimizar este alto costo, se aplica análisis de componentes principales (PCA), el cual toma una cantidad menor de los vectores entregados por las imágenes de la base de datos, solo con información necesaria para la reconstrucción de los rostros de las imágenes ingresadas. Gracias a esto, se logra disminuir el costo computacional del procesamiento de datos [39].

2.16 Métodos para la detección de rostros

En la actualidad existen varios métodos para la detección de rostros como son: Métodos basados en rasgos faciales y métodos basados en la imagen.

2.16.1 Métodos basados en rasgos faciales

Para identificar un rostro la imagen se procesa y se extrae los rasgos faciales tales como: los ojos, boca o nariz, luego se calcula las relaciones geométricas entre los puntos faciales para obtener un vector [39].

2.16.2 Métodos basados en la imagen

En este método se aplica diversos algoritmos para poder reconocer patrones para generar un modelo partiendo de un grupo de fotografías de entrenamiento, se trabaja con las fotografías de forma completa o parcial, en la cual no se buscan rasgos faciales de forma localizada.

2.17 Base de Datos

Una base de datos (BD) sirve para almacenar y organizar información de manera sencilla y ordenada [40]. Sus características son: Agregar nuevos datos, modificar datos existentes, organizar y mostrar la información almacenada y compartir información. Una BD está conformada comúnmente por: tablas, informes, consultas, formularios, etc. En la actualidad existen muchas bases de datos para tarjetas de desarrollo Raspberry Pi y estas son: TinyDB, SQLite, MariaDB, MongoDB, PostgreSQL, etc. Entre estas BD mencionados la más utilizada es MariaDB, ya que no requiere de recursos complejos y es compatible con la mayoría de los sistemas operativos de Raspberry PI.

2.17.1 PhpMyAdmin

Es instrumento en la web que nos permite acceder, crear o gestionar una base de datos de software gratuito y su lenguaje de programación es PHP (Hypertext Preprocessor), la cual utiliza una interfaz de usuario muy sencilla de comprender y muy fácil de usar [41]. Entre sus especificaciones tenemos: Crear o eliminar BD, insertar elementos o añadir campos en la BD y además nos permite administrar BD como MariaDB, MySQL, etc. También, permite realizar búsquedas de datos de forma muy sencilla.

2.17.2 MariaDB

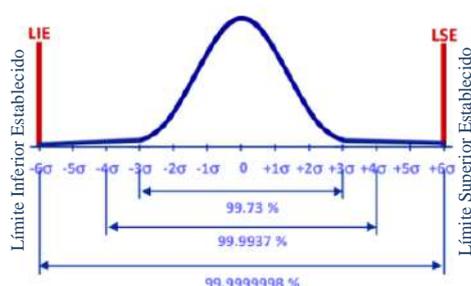
Es un sistema de administración de BD gratuito de Software Libre y es utilizada para operar enormes cantidades de información. MariaDB se basa en MySQL, la cual es una de las bases de datos principales en el mercado tecnológico [42]. Entre sus principales características tenemos: Realiza consultas de manera eficiente y rápida, permite añadir nuevos motores de búsqueda, notifica errores y alertas.

2.18 Control de Calidad

El control de calidad se refiere a un conjunto de herramientas estadísticas que permiten monitorear, medir y mejorar el rendimiento de un proceso para el desarrollo de diferentes productos o servicios. Los procesos del control de calidad se pueden definir como una serie de acciones u operaciones que cambian la forma, ajuste o función de uno o más insumos, según lo requiera el cliente, sin embargo, estos procesos implican cambios como: mano de obra, equipo, materia prima, métodos, y demás componentes que conformen la producción de un producto o servicio [43].

2.18.1 Seis Sigma

Seis Sigma es un método organizado y sistemático que permite solucionar problemas, con el fin de mejorar el desarrollo de nuevos productos y servicios que se basan en métodos estadísticos y métodos científicos [44], es decir, el método Seis Sigma, busca reducir y eliminar defectos y errores definidos por el cliente sobre un producto, además este método reduce los costos sin perder calidad e incrementando su productividad. Por lo tanto, Seis Sigma fomenta el pensamiento estadístico mediante el uso de datos o muestras que permiten tomar decisiones sobre el desarrollo de un producto o servicio, [45].



Nivel Sigma	Defectos por millón de oportunidades	Rendimiento
6	3	99.9997%
5	233	99.997%
4	6,210	99.379%
3	66,807	93.32%
2	308,537	69.2%
1	690,000	31%

Ilustración 10. Representación del rendimiento de Seis Sigma.

Fuente: [46]

2.19 Componentes electrónicos de la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT

Tabla 6 Tarjetas y Módulos de control de la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT.

Fuente: Autores

Elemento	Ilustración	Descripción	Características:
Raspberry Pi 4 Model B		Es un ordenador de placa reducida que contiene 40 puertos GPIO, lo que permite conectar y programar sensores y actuadores mediante el lenguaje de programación Python [47].	Dispone de un Procesador: ARM A72 Quad-Core, Memoria RAM: 4Gb a una Frecuencia: 1.5GHz, Sistema Operativo: Raspbian y sus dimensiones son: 85x56mm.
Arduino Mega 2560		Es una tarjeta de desarrollo open-source que incorpora un microcontrolador Atmega2560 y posee entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales.	Tiene un Voltaje de entrada de 7 a 12V, E/S Digitales: 54 pines (14 salidas PWM), Entradas analógicas: 16, Frecuencia: 16MHz, Memoria Flash: 256k y sus dimensiones son: 102mm x 53mm.
Arduino Nano 328p		El Arduino Nano es una tarjeta de desarrollo compacta construida con un microcontrolador modelo Atmega328p que posee entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales [47].	Su Voltaje de entrada es de 7.5 a 12V, E/S Digitales: 14 pines (6 salidas PWM), Entradas analógicas: 8, Frecuencia: 16MHz, Memoria: 32 KB y sus dimensiones son: 18mm x 45mm [47].
Módulo TM1637		Controlador que agrupa cuatro displays de siete segmentos y sirve para visualizar cuatro dígitos, además el módulo se comunica mediante comunicación serial.	Este módulo dispone de: cuatro pines (Dio, Clk, Vcc, Gnd), el voltaje de alimentación es de: 3.3Va 5V, registros de desplazamiento: 74HC595 y sus dimensiones: 42 x 24 x 12 mm
Pantalla Touch 7 in.		La pantalla táctil LCD de 7 pulgadas es un monitor compacto para la tarjeta Raspberry Pi 4, además, permite ingresar datos e interactuar con la tarjeta.	Tiene una resolución en pantalla de 1024 * 600 pixeles, Usa un panel IPS de vista múltiple de 170 °, y es compatible con Raspberry Pi 4 Model B.

Tabla 7 Módulos y sensores de la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT.

Fuente: Autores

Elemento	Ilustración	Descripción	Características:
Cámara Raspberry OV5647		La cámara OV5647 funciona para la tarjeta Raspberry y cuenta con resolución de 5 Megapíxeles (MP). Puede grabar videos a 1080p a 30 fotogramas por segundo (fps) [46].	La cámara cuenta con un sensor: OV5647 de 1/4 pulgadas, Resolución: 5MP 2592 × 1944, Velocidad de cuadro: 30 fps, 1080p, Ángulo de visión (FOV): 56 ° (H) y sus dimensiones son: 36 × 1.417 in.
Módulo MLX90614		Es un sensor que permite medir la temperatura de un objeto o persona sin hacer contacto físico. Su rango de operación en objetos y en ambientes de trabajo es: -40°C hasta +170°C [48].	Este sensor dispone de un módulo: GY-906, su voltaje de operación es de 3.3V hasta 5V DC, se comunica a través de I ² C, y sus dimensiones: 16x11x6 mm [48].
Módulo MAX30100		Es un módulo que integra un pulsioxímetro y un monitor de frecuencia cardíaca, sirve para medir el O ₂ Sat, pulso y/o ritmo cardíaco, este dispositivo se coloca en los dedos de la persona [48].	Su voltaje de alimentación: 3.3V hasta 5V, longitud máxima de onda del led: 660nm/880nm, Interfaz de salida: I ² C, ADC delta hasta 16 bits, dimensiones: 14 mm x 17mm [48].

Módulo HX711		Este módulo es un transmisor de celda de carga que sirve para leer los datos que arroja una celda de carga de una báscula, los datos son enviados mediante comunicación serial.	El módulo funciona con una alimentación de entrada de: 5V DC, también cuenta con una resolución de conversión A/D: 24 bit, frecuencia operación: 80 Hz, y sus dimensiones son: 38x21x10 mm
Sensor ultrasónico HC-SR04		Es un sensor que mide distancias y funciona mediante la emisión y recepción de sonidos ultrasónicos. Mediante el eco receptado, se puede calcular la distancia de un objeto [49].	Se alimenta a un voltaje de 5v, su rango de medición es de: 2 cm a 400cm, frecuencia de pulso: 40Khz, apertura del pulso ultrasónico: 15°, señal de disparo: 10us, dimensiones: 45x20x15mm [49].
Sensor ultrasónico JSN-SR04T		Es un sensor ultrasónico impermeable que mide distancias y funciona mediante la emisión y recepción de sonidos ultrasónicos. Mediante el eco receptado, se puede calcular la distancia de un objeto.	Se alimenta a un voltaje de 5v, su rango de medición es de: 25 cm a 450cm, frecuencia de pulso: 40Khz, apertura del pulso ultrasónico: 50°, señal de disparo: 10us, dimensiones: 45x20x15mm.

2.20 Plataformas utilizadas en la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT

Tabla 8 Plataformas que integra la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT.

Fuente: Autores

Elemento	Ilustración	Descripción
Heroku	 heroku	Heroku es una plataforma que brinda servicios en la nube (conocida como Plataforma de servicio), es un servidor de despliegue que ayuda a los desarrolladores a construir, ejecutar, supervisar aplicaciones y alojarlas en la nube. Resiste varios lenguajes de programación como: Node, Ruby, Java, Clojure, Scala, Go, Python, PHP[50].
GitHub		GitHub es un servidor en línea (Repositorio) basados en Git. Este repositorio almacena proyectos que contiene todos los archivos necesarios para la ejecución de cualquier ampliación. GitHub registra el desarrollo de los proyectos de manera remota, permite la colaboración de proyectos entre varios desarrolladores [51].
Mosquitto Broker		Mosquitto es un servidor de mensajería (Broker) para IoT, ejecuta el protocolo MQTT, modelo publicación/suscripción. Mosquitto es ligero y apto para su uso en todos los dispositivos, desde computadoras básicas hasta servidores completos[52].
Arduino IDE		La plataforma de código abierto Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) es el software de desarrollo que permite programar o grabar instrucciones a diferentes microcontroladores y placas basada en un microcontrolador ATMEL [48].
Servidor VNC		La Computación en red Virtual, es un programa de software libre que se utiliza para controlar remotamente a un sistema informático. Por lo cual permite al usuario observar y controlar un equipo desde cualquier ubicación. Debido a que este control se propaga mediante Internet, el dispositivo puede ser visto a nivel mundial[49].
Software R		Es un software de uso libre, R funciona como un lenguaje de programación, esto quiere decir que para realizar una acción tenemos que escribir las instrucciones que se van a realizar, utilizado principalmente para programar análisis estadístico y realizar gráficos [53].
R Commander		Librería de software R, es una interfaz que permite al usuario el manejo del software R, mediante una ventana de Menús, gracias a esta librería los usuarios pueden interactuar con el software sin necesidad de conocer el lenguaje de instrucciones [54].

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación de este Proyecto de Tesis es Experimental. Para la implementación de una cabina sanitizante inteligente basada en la tecnología IoMT en la UEIB Maestro Oswaldo Guayasamín Colta-Chimborazo, previo a su diseño, se debe recabar información puntualizada del lugar y población institucional. Posteriormente la cabina sanitizante inteligente, basada en la tecnología IoMT, tiene la función de registrar datos médicos de cada estudiante, docente y administrativo, con el fin de evaluar y correlacionar estos datos entre sí como información cruzada. Luego se aplicará un modelo estadístico que pueda predecir la evolución temporal de los datos clínicos de la comunidad para así estudiar su comportamiento y prevenir futuras enfermedades. La siguiente función de la cabina sanitizante es prevenir el SARS-COV-2 que es un problema sanitario inmediato por lo que es necesaria, además, una investigación de tipo aplicada. Finalmente, esta investigación se centra en la prevención de un problema sanitario emergente y crítico (SARS-COV-2) aplicando técnicas y conocimientos en diferentes áreas para mejorar la calidad de vida de la comunidad y aquellos sectores más vulnerables.

3.2 Técnicas de Investigación

3.2.1 Fuentes de Información

Para la presente investigación se realizó una revisión de literatura sistemática recolectando información científica con respecto a la implementación de Cabinas Sanitizantes Inteligentes con un propósito innovador y con el fin de incorporar nuevas funciones y tecnologías actuales. La información se recolectó a partir de las bases de datos científicas disponibles en la UNACH, así como en repositorios de acceso libre en la web. Se escogieron, de esta manera, 4 bases de datos científicas a continuación listadas:

- IEEE Xplore,
- ACM Digital Library,
- Scopus,
- Springer Link.

Se consideraron además criterios de búsqueda de inclusión como:

- Artículos científicos publicados desde el año 2017.
- Estudios de campo en Tecnología y Salud contra el SARS-COV-2.
- Estudios de diseño y modelos de Cabinas Sanitizantes Inteligentes.
- Estudios acerca de las tecnologías IoMT y sus aplicaciones en la educación.
- Estudios sobre el uso de Cabinas Sanitizantes Inteligentes en otros ámbitos de aplicación.

3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

La población, para este proyecto de investigación, estará constituida por los datos proporcionados de todos docentes, estudiantes y personal administrativo de la Unidad Educativa UEIB Maestro Oswaldo Guayasamín Calero del periodo académico 2022. Como se indica en la Tabla 9, cada una de estas personas generará 4 datos: Temperatura Corporal (°C), O₂SAT (%), Altura (m) y Peso (kg). Los datos serán almacenados durante un período de dos meses, abril y mayo del 2022 (43 días laborables). Cada persona ingresará a la cabida 2 veces por día, dando así, como resultado la población para esta investigación.

La Unidad Educativa se encuentra ubicada en la Comunidad Secao San José del Cantón Colta de la provincia de Chimborazo perteneciente a la zona rural. El nivel educativo que ofrece es inicial, Educación Básica y Bachillerato y la Modalidad de clases actualmente, debido a la emergencia sanitarias, es Semi-Presencial. La Unidad Educativa cuenta, actualmente, con 20 docentes, 438 estudiantes y 2 personales administrativos.

Tabla 9 Población de la UEIB Oswaldo Guayasamín.
Fuente: (UIEB Secretaría. Período Académico 2021-2022)

Fuente	Población Total en cada fuente	Datos por cada persona (x4 Variables)	Nº de datos durante dos meses (x43 días laborables)	Nº total de datos (x 2 datos diarios)
Curso: Inicial 1	2	8	344	688
Curso: Inicial 2	8	32	1376	2752
Curso: Primer año de Educación Básica	6	24	1032	2064
Curso: Segundo año de Educación Básica	10	40	1720	3440
Curso: Tercer año de Educación Básica	5	20	860	1720
Curso: Cuarto año de Educación Básica	11	44	1892	3784
Curso: Quinto año de Educación Básica	4	16	688	1376
Curso: Sexto año de Educación Básica	5	20	860	1720
Curso: Séptimo año de Educación Básica	9	36	1548	3096
Curso: Octavo año de Educación Básica	22	88	3784	7568
Curso: Noveno año de Educación Básica	28	112	4816	9632
Curso: Décimo año de Educación Básica	34	136	5848	11696
Curso: Primer año de Bachillerato	36	144	6192	12384
Curso: Segundo año de Bachillerato	43	172	7396	14792
Curso: Tercer año de Bachillerato	37	148	6364	12728
Curso: de Alumnos de Básica Acelerado	178	712	30616	61232
Personal Administrativo	2	8	344	688
Docentes	20	80	3440	6880
TOTAL	460	1840	79120	158240

3.3.2 Muestra

Se consideran a los 158240 datos como una población finita. Cada persona generará 4 datos (TC, O₂Sat, Peso y Altura) distintos. Es decir, cada tipo dato equivale a la cuarta parte de toda la población, dando como resultado una población de 39560 por tipo de dato. Así, para la presente investigación se considera a los 39560 de datos como una población finita. La fórmula que se utiliza es:

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

En la fórmula se consideran los siguiente parámetros:

- El nivel de confianza

Este parámetro en su mayoría suele ser del 95%, ($\alpha = 0,05$), en términos de desviaciones típicas que definen ambos extremos del intervalo es la semidistancia estandarizada.

$$Z = 1,96$$

- Estimación de la proporción

El dato de estimación p si no se obtiene de estudios anteriores, se considera que la condición la cumplan un 50% y, por tanto, que no la cumplan $(1 - p)$ el otro 50%.

$$p * (1 - p) = 0.5 * (1 - 0.5) = 0.25$$

- Margen de Error

Es la diferencia entre la media muestral y la media poblacional. Por lo cual el margen de error que se está dispuesto a tolerar y se encuentra en el rango de:

$$1\% \leq e \leq 10\%$$

$$0,01 \leq e \leq 0,10$$

El margen de error para esta investigación se considerará el 1%. De esta manera, los datos recolectados una vez analizados tendrán un nivel de significancia mucho mayor y sus resultados más confiables.

- **Cálculo del Tamaño de la muestra**

Para encontrar el tamaño de la muestra para esta investigación se tomarán en cuenta los siguientes parámetros.

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = 39560; Tamaño de la población.

Z = 1,96; Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC).

e = 0,01; Error de estimación aceptado.

p = 0.5; Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

q = 0.5; Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

Entonces

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1 - p)}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * p * (1 - p)}$$
$$n = \frac{39560 * 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}{(39560 - 1) * 0.01^2 + 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}$$
$$n = 7728.05 \approx \mathbf{7728}$$

Puesto que, el número de datos en la muestra es de 7728, se debe encontrar el número de personas que generarán dichos datos. A continuación, se aplica la siguiente fórmula.

$$N^{\circ} \text{ Personas Muestra} = \frac{n}{\frac{N^{\circ} \text{ Datos x Día}}{N^{\circ} \text{ Días}}}$$

Donde:

$n = 39560$; Muestra

$N^{\circ} \text{ Personas Muestra}$ = Total de Personas en la Muestra

$N^{\circ} \text{ Datos x Día}$ = 2; Datos tomados en un día

$N^{\circ} \text{ Días}$ = 43 días laborables; Datos tomados en un periodo de dos meses

Así:

$$N^{\circ} \text{ Personas Muestra} = \frac{n}{\frac{N^{\circ} \text{ Datos x Día}}{N^{\circ} \text{ Días}}}$$
$$N^{\circ} \text{ Personas Muestra} = \frac{7728}{\frac{2}{43}} = 89.86 \approx \mathbf{90}$$

El número total de personas-muestra que generarán los datos son 90. Este número encontrado es el valor mínimo de personas que componen la muestra. Sin embargo, en esta investigación se trabajará con 100 personas, con el propósito de aumentar el nivel de fiabilidad en el análisis de los datos.

A continuación, se procede a calcular el número de personas por peso en la muestra, que luego serán escogidas de manera aleatoria.

- **Cálculo de número de estudiantes por peso**

Aplicamos la siguiente fórmula

$$\text{Peso por curso} = \frac{\# \text{ de Personas por curso}}{\# \text{ Total de Personas}} * 100\%$$

$$\text{Número de Personas por pesos} = \frac{\text{Peso por curso} * n}{100\%}$$

Tabla 10 Pesos de la Muestra.

Fuente: Autores

Pesos de la Muestra					
Grado/Curso	N° de personas	Peso (%)	Peso (Decimal)	N° de personas por peso	Aprox.
Curso Inicial 1	2	0.43%	0.43	0.43	1.00
Curso Inicial 2	8	1.74%	1.74	1.74	2.00
Curso Primer año de Educación Básica	6	1.30%	1.30	1.30	1.00
Curso Segundo año de Educación Básica	10	2.17%	2.17	2.17	2.00
Curso Tercer año de Educación Básica	5	1.09%	1.09	1.09	1.00
Curso Cuarto año de Educación Básica	11	2.39%	2.39	2.39	2.00
Curso Quinto año de Educación Básica	4	0.87%	0.87	0.87	1.00
Curso Sexto año de Educación Básica	5	1.09%	1.09	1.09	1.00
Curso Séptimo año de Educación Básica	9	1.96%	1.96	1.96	2.00
Curso Octavo año de Educación Básica	22	4.78%	4.78	4.78	5.00
Curso Noveno año de Educación Básica	28	6.09%	6.09	6.09	6.00
Curso Décimo año de Educación Básica	34	7.39%	7.39	7.39	7.00
Curso Primer año de Bachillerato	36	7.83%	7.83	7.83	8.00
Curso Segundo año de Bachillerato	43	9.35%	9.35	9.35	9.00
Curso Tercer año de Bachillerato	37	8.04%	8.04	8.04	8.00
Curso de Alumnos de Básica Acelerado	178	38.70%	38.70	38.70	39.00
Personal Administrativo	2	0.43%	0.43	0.43	1.00
Docentes	20	4.35%	4.35	4.35	4.00
TOTAL	460	100%	100	100	100.00

De esta muestra, tomados aleatoriamente (ref. Tabla 10), los datos recolectados serán estudiados estadísticamente mediante análisis:

- Descriptivo,
- Gráfica de datos en función del tiempo para diferentes intervalos de interés,
- Correlación bivariada cruzada,
- Ajuste de curvas
- y un modelo de predicción lineal o no lineal (dependiendo del comportamiento de prueba inicial de los datos) que permita determinar la evolución temporal de las variables consideradas.

Todos estos análisis serán realizados en tiempo real, con acceso inmediato a resultados y reportes.

La Elaboración de la cabina sanitizante inteligente basada en tecnología IoMT para la UEIB Oswaldo Guayasamín (Colta-Chimborazo) está prevista para el periodo febrero-junio 2022 con entrega tentativa de la cabina en el mes de julio del 2022.

3.4 Operacionalización de variables

Tabla 11 Operacionalización de variables de la Cabina Sanitizante Inteligente.

Fuente: Autores

Variable Dependiente (VD)	Variable Independiente (VI)	Concepto	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Prevención del SARS-CoV-2	Desinfección Corporal (Cabina de Desinfección)	<p>VD. Medidas sanitarias que permiten evitar enfermarse o contagiarse por SARS-CoV-2.</p> <p>VI. Proceso que permite desinfectar la superficie de la ropa y parte de la piel de una persona, en la que puede estar impregnado el SARS-CoV-2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Número de Personas desinfectadas por hora 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio de desinfección por persona • Cronómetro Digital • Cuarto de Desinfección • Sensor Ultrasónico (JSN-SR04T) • Sistema de Nebulización
Registro y análisis estadístico de los datos de la Evaluación Física Médica	Temperatura Corporal (TC)	<p>VD. Exploración Médica que se realiza a toda persona para registrar y analizar información válida de su salud</p>	<ul style="list-style-type: none"> • TC [°C] • Peso [Kg] • Estatura[m] • IMC[Kg/m²] • O₂Sat [%] 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología IoMT • Sensor de TC(MLX90614) • Báscula Industrial (150 Kg) • Sensor Ultrasónico (HC-SR04) • Oxímetro (Max30102) • Tarjeta Arduino Mega 2560 • Tarjeta Raspberry PI 4 Model B
	Parámetros IMC (Peso y Estatura)			
	Nivel Saturación de Oxígeno en la Sangre(O ₂ Sat)	<p>VI. Parámetros clínicos que reflejan el estado fisiológico del organismo de una persona</p>		
Autenticación de usuarios	Reconocimiento Facial biométrico	<p>VD. Proceso que debe seguir un usuario para tener acceso a los diferentes recursos disponibles</p> <p>VI. Variable para identificar personas a través de sus rasgos faciales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rasgos Facial • Detección del Rostro 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Eigenfaces • Tarjeta Raspberry PI 4 Model B • Pantalla LCD (7 pulgadas) • Cámara OV5647 • Foco (Iluminación)

3.5 Diseño y Construcción de la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT

El diseño estructural de la cabina sanitizante inteligente se divide en dos partes: Cabina Sanitizante y Cabina con Tecnología IoMT. Los dos diseños 3D se realizaron en el software de modelado 3D Autodesk Inventor 2020, en la cual, se consideró el promedio de las medidas antropométricas (Tabla 12) de la población ecuatoriana con el fin de establecer las dimensiones óptimas de la cabina.

Tabla 12 Estatura promedio de hombres y mujeres según su etnia en el Ecuador.

Fuente: [55]

Etnia	Hombres [m]	Mujeres [m]
Indígenas	1.50	1.40
Afros y Blancos	1.80	1.40 – 1.64
Mestizos	1.55 – 1.64	1.49 – 1.54
Montuvios	1.65 – 1.74	1.70
Promedio	1,64 – 1,67	1,52 – 1,54

A continuación, se detallan secuencialmente los pasos de diseño y construcción de la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT.



Ilustración 11. Leyenda de Funcionamiento de la Cabina Sanitizante Inteligente.

Fuente: Autores

3.5.1 Diseño de la Cabina Sanitizante

La estructura de la cabina sanitizante se construyó mediante la selección de materiales (Anexo 2) como: Tubo Galvanizado, Policarbonato, nebulizadores, etc. La cabina mide 2.10 m de alto, 1.20 m de ancho y 1.20 m de profundidad como se indica en la Ilustración 12.

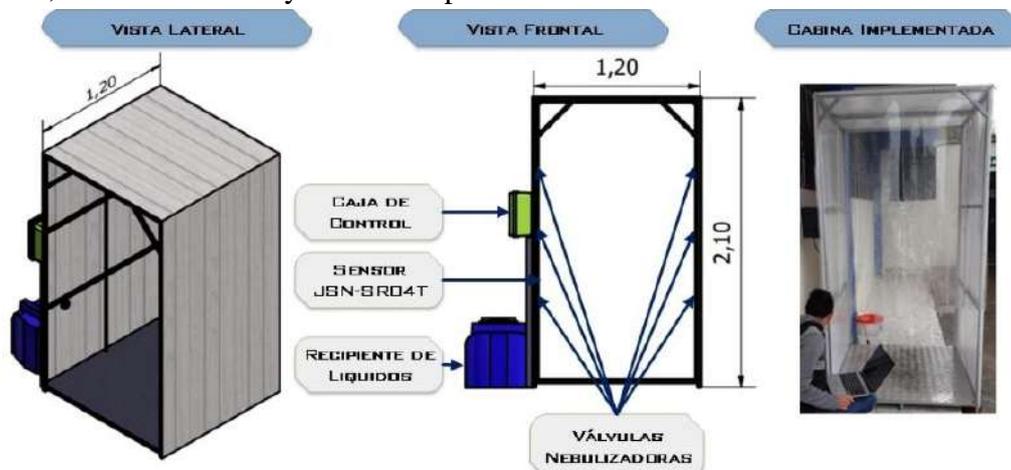


Ilustración 12. Dimensiones y componentes de la Cabina Sanitizante.

Fuente: Autores

Para el sistema de automatización de la cabina sanitizante, se elaboró un diagrama de conexiones que permite agrupar a los diferentes módulos electrónicos utilizados en la cabina sanitizante, por lo cual, el diagrama de conexión que se indica en la Ilustración 13, posee módulos como: el sensor ultrasónico JSN-SR04T, módulo relé (dos canales), bomba de agua de 12v, tarjeta de desarrollo Arduino Nano 328P y diferentes componentes electrónicos que ayudarán al correcto funcionamiento de la cabina sanitizante.

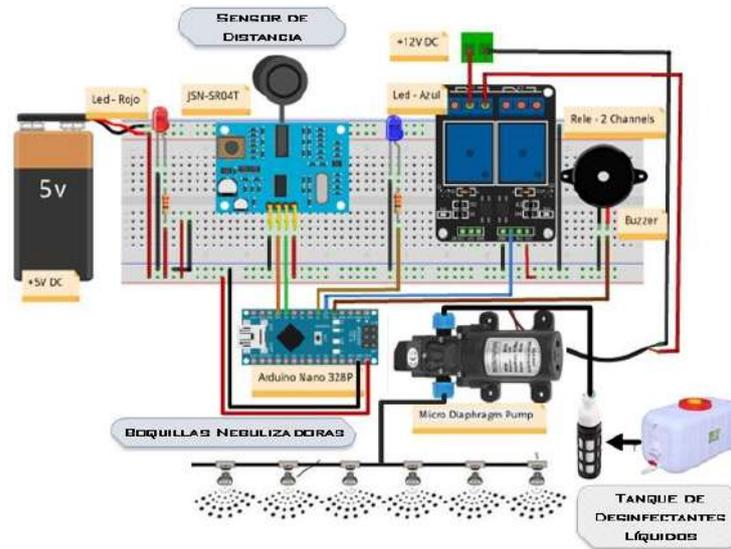


Ilustración 13. Diagrama de conexión de la Cabina Sanitizante.

Fuente: Autores

Luego se implementó un algoritmo (Anexo 7: Código 1) de control, en la tarjeta de desarrollo Arduino Nano 328P que se programó en la plataforma de Arduino IDE. El funcionamiento del algoritmo implementado se puede visualizar en la Ilustración 14.

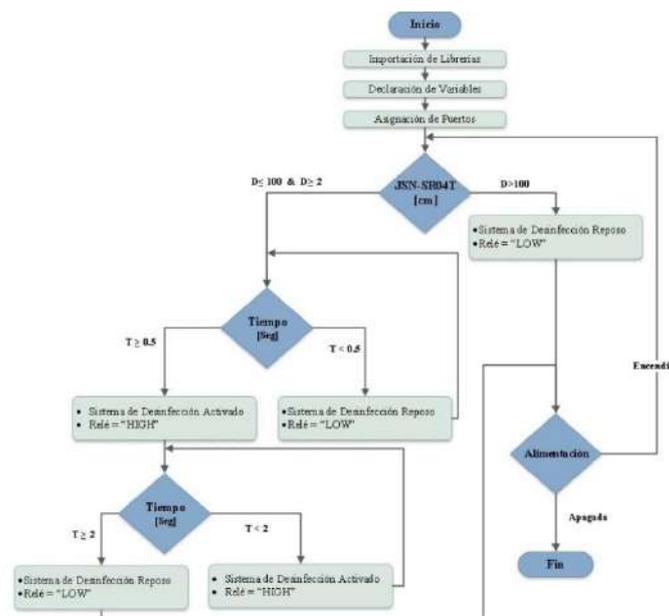


Ilustración 14. Diagrama de Flujo del algoritmo para la Cabina Sanitizante

Fuente: Autores

La cabina sanitizante funciona mediante el sensor ultrasónico JSN-SR04T, que detectará a la persona que se encuentra dentro de la estructura y activará de manera automática el sistema de nebulización. Este sistema se ubicará de forma estratégica, lo cual permitirá distribuir el compuesto desinfectante dentro de toda la cabina, permitiendo de esta manera, una completa desinfección en el área corporal expuesta de la persona. Esto se resume en la Ilustración 15.



Ilustración 15. Proceso de desinfección corporal y de manos

Fuente: Autores

3.5.2 Diseño de la Cabina con Tecnología IoMT

En segundo lugar, tenemos el diseño estructural de la Cabina con Tecnología IoMT. La cabina mide 2.00 m de alto, 30 cm de ancho y 10 cm de profundidad y su recubrimiento es de acero inoxidable. De igual forma cuenta con diferentes cortes ubicados en zonas específicas (Anexo 3), permitiendo así, empotrar los diferentes módulos y sensores biomédicos utilizados en la cabina.

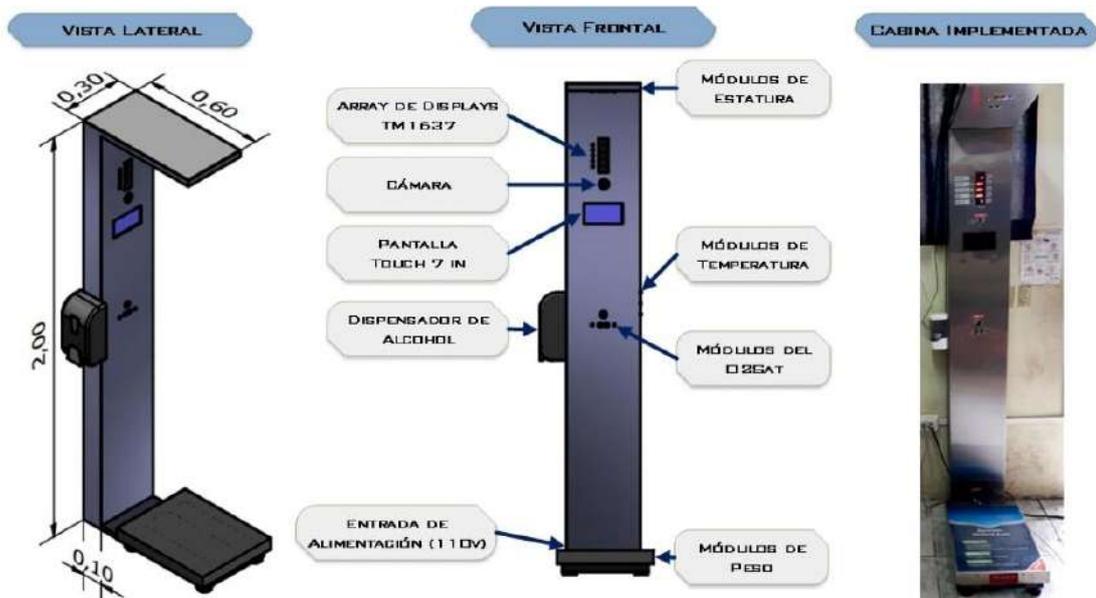


Ilustración 16. Dimensiones y componentes de la Cabina con Tecnología IoMT

Fuente: Autores

Para la desinfección de manos, se implementó en la cabina con tecnología IoMT un dispensador de alcohol automático con una capacidad de 700ml como se indica en la Ilustración 16, también el dispensador integra un sensor ultrasónico que detectará la mano de la persona, a una distancia (1- 6 cm) prudente, activando así, el sistema que permitirá rociar el alcohol en las manos de la persona de manera automática e inmediata. Esto se resume en la Ilustración 15.

3.6 Implementación de la Arquitectura IoMT

La cabina Sanitizante inteligente incorpora una arquitectura IoMT de cuatro capas[34]. En cada capa de la arquitectura IoMT, se integraron plataformas, tecnologías, módulos y sensores biomédicos que permiten recolectar, almacenar y procesar señales biomédicas, con el fin de intercambiar información con otros dispositivos a través de internet como se indica en la Ilustración 17.



Ilustración 17. Plataformas y tecnologías que incorpora la Cabina Inteligente IoMT

Fuente: Autores

La primera capa de la arquitectura IoMT, es la capa dispositivos, esta capa integra sensores que miden la Temperatura Corporal, IMC (Peso, Estatura) y el O₂Sat de una persona, además cuenta con un sistema de Reconocimiento Facial que permite la identificación y registro de una persona, como se indica en la Ilustración 18. La capa red de comunicación, proporciona a la cabina sanitizante inteligente conectividad a internet, de modo que se implementó la tecnología de comunicación Wi-Fi a la cabina. En la capa plataforma se procesa la información recolectada por los sensores provenientes de la capa dispositivos, esta información es almacenada localmente (MariaDB, Ms Excel) y en la nube (GitHub), para luego ser enviada a la capa aplicación. Adicionalmente, esta capa dispone de una interfaz de usuario GUI que permite al usuario interactuar con el dispositivo.

Finalmente, en la capa aplicación, mediante el Protocolo de Internet MQTT, se enviarán los datos obtenidos por los sensores a la página web (Heroku, GitHub Page). Posteriormente con los datos obtenidos se puede realizar un monitoreo, análisis estadístico, reportes y seguimientos de los estudiantes, docentes y administrativos de la UEIB Oswaldo Guayasamín (Colta-Chimborazo).

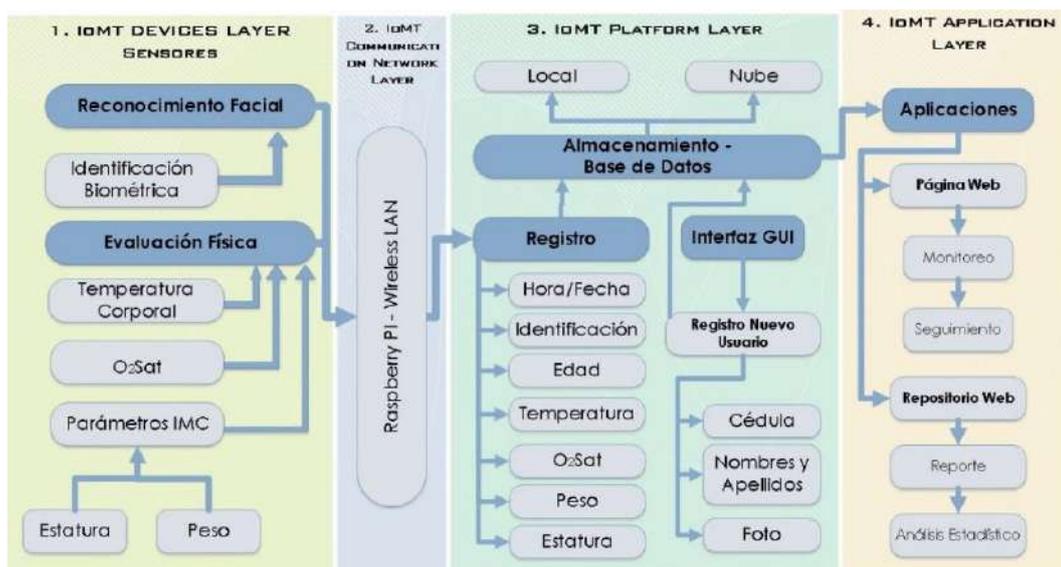


Ilustración 18. Capas de la arquitectura IoMT para la Cabina Sanitizante

Fuente: Autores

A continuación, se describe la implementación de cada capa de la arquitectura IoMT a la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT.

3.7 Implementación de la Capa de Dispositivos

La capa dispositivos está conformada por un sistema de sensores (Tabla 13) interconectados a una tarjeta de desarrollo Arduino Mega 2560. Estos sensores recolectan datos como: Temperatura Corporal, IMC (Peso, Estatura) y O₂Sat de una persona.

Tabla 13 Módulos y Sensores que componen a la Capa Dispositivos

Fuente: (Autores)

ID	TIPO	SENSORES	TARJETA
1	Temperatura Corporal	MLX90614	Arduino Mega 2560
2	Peso	Celda de Carga 400kg	Arduino Mega 2560
3	Estatura	HC-SR04	Arduino Mega 2560
4	O ₂ Sat	MAX3100	Arduino Mega 2560
5	Reconocimiento Facial	Cámara Ov5647	Raspberry Pi 4B

Los datos recolectados por los sensores conectados a la tarjeta Arduino Mega 2560, son enviados a la tarjeta Raspberry Pi 4B mediante comunicación serial como se muestra en la Ilustración 19, posteriormente, los datos recibidos serán procesados y almacenados.

Para el sistema de reconocimiento facial los datos se recolectarán mediante la implementación de una cámara OV5647 conectada directamente a la tarjeta Raspberry Pi 4B como se indica en la Ilustración 19.

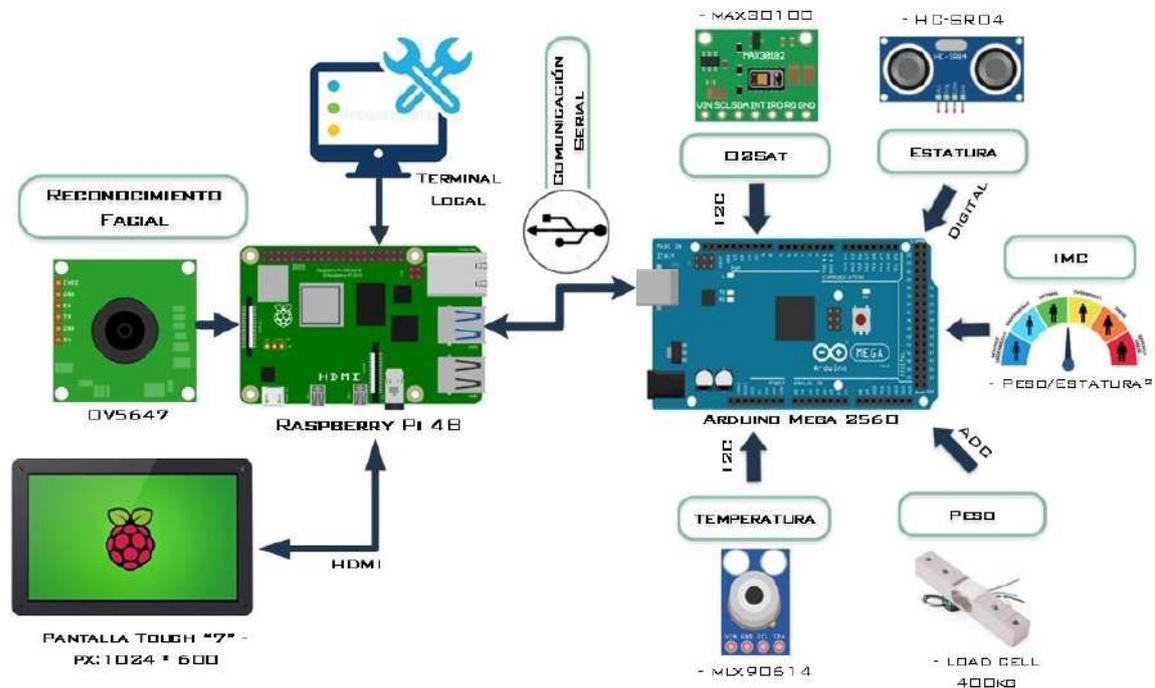


Ilustración 19. Módulos y Sensores que componen la Capa Dispositivos
Fuente: Autores

3.7.1 Reconocimiento facial

La implementación del sistema de reconocimiento facial se realizó en el lenguaje de programación Python, utilizando la librería OpenCV. El primer paso es establecer una base de datos creando una carpeta con el nombre de la persona, dentro de esta carpeta se almacenará en tiempo real las imágenes del rostro de la persona (10 a 20 fotos por persona). En el segundo paso se debe preparar los datos para entrenar al sistema, por lo cual, es necesario que cada una de las imágenes tenga una etiqueta asociada al rostro de la persona (Ilustración 20). Cada una de estas etiquetas servirán para distinguir a una persona de otra.

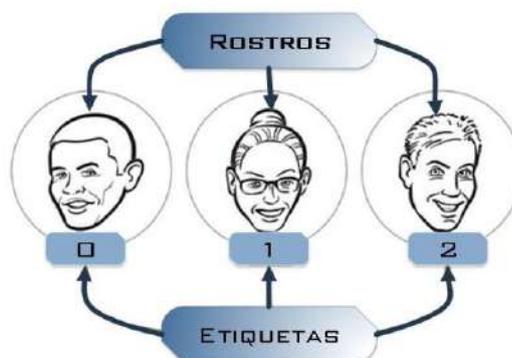


Ilustración 20. Etiqueta asociada al rostro de la persona
Fuente: Autores

El tercer paso es entrenar al Reconocedor de Rostros, y esto se logra mediante la aplicación del método de reconocimiento facial EigenFaces. Una vez entrenado el modelo lo almacenamos. A continuación, en la Ilustración 21 se visualiza el funcionamiento del algoritmo del sistema de reconocimiento Facial.

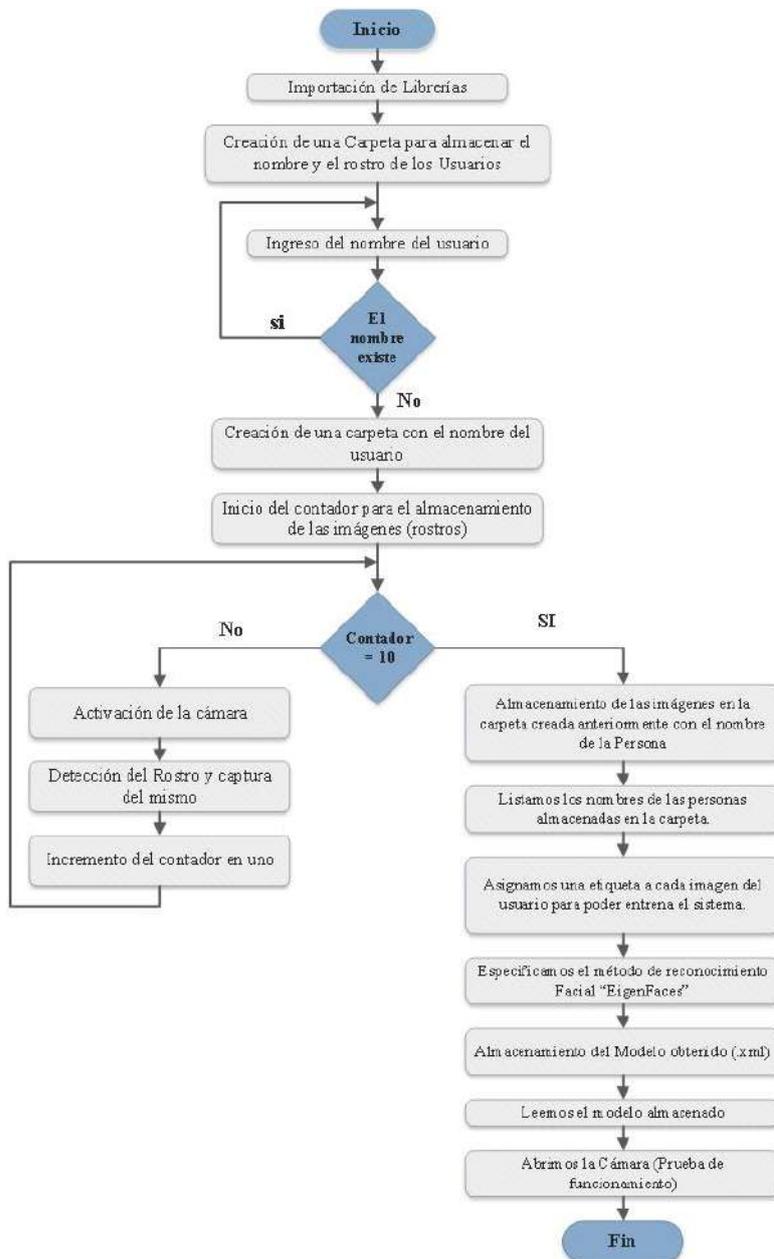


Ilustración 21. Diagrama de Flujo del algoritmo para el Reconocimiento Facial

Fuente: Autores

3.7.2 Sensores (TC, IMC y O₂Sat) y Recolección de datos IoMT

Los sensores conectados a la tarjeta Arduino Mega 2560 recolectarán datos de: Temperatura Corporal (MLX90614), O₂Sat (MAX30100), Altura (HC-SR04) y Peso (Báscula Industrial) de los estudiantes, docentes y personal administrativo de la UEIB Oswaldo Guayasamín, además la cabina cuenta con módulos de distancia (HC-SR04) que permiten activar o desactivar(reposo) los sensores cuando detecta la presencia de una persona.

Cada vez que se encienda la Cabina Sanitizante Inteligente, los sensores incorporados se calibrarán y posteriormente se visualizará un valor inicial de cero en cada display (TM1637). A continuación, en la Ilustración 22 se detalla el proceso de recolección de datos médicos.

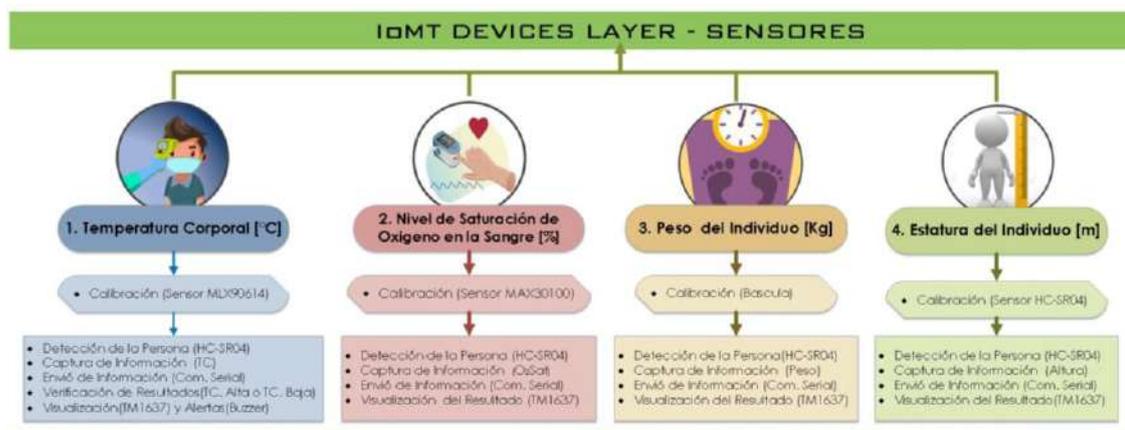


Ilustración 22. Procesos de recolección de datos como: TC, O₂Sat, Peso y Estatura

Fuente: Autores

Por último, la Cabina Sanitizante Inteligente cuenta con un sistema de componentes electrónicos adicionales como se indica en la Ilustración 23. Estos componentes son: array de módulos TM1637 que permite visualizar los datos recolectados, diodos leds (rojo, verde y azul) y buzzer, componentes electrónicos que ayudan al usuario a identificar diferentes funcionalidades de la Cabina. El diagrama de conexiones de los sensores y demás componentes se puede visualizar en el Anexo 4.

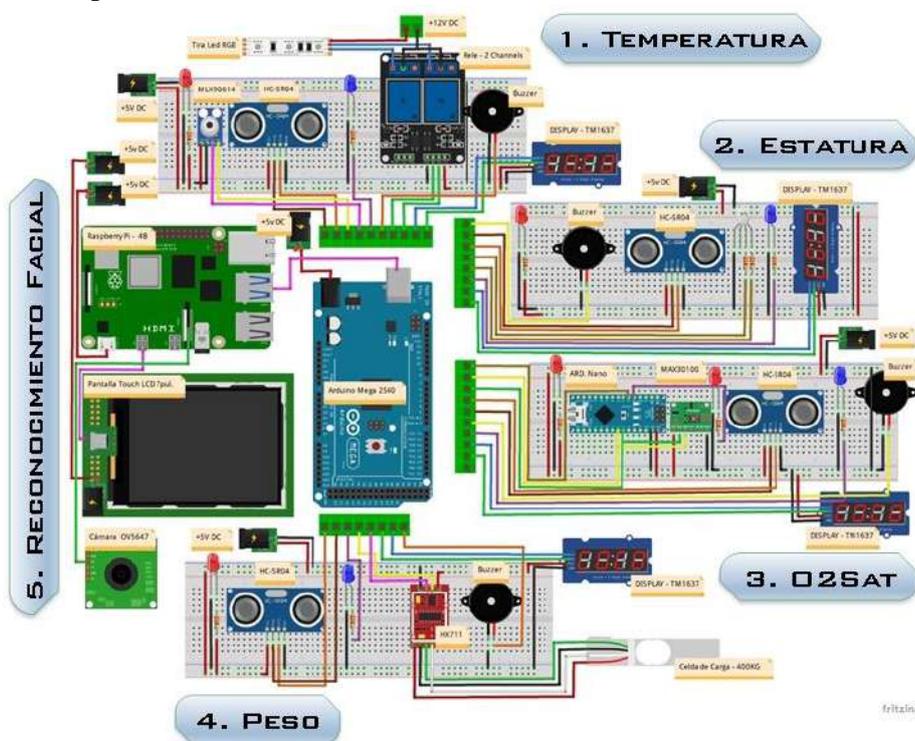


Ilustración 23. Diagrama de conexión de los componentes de la capa Dispositivos

Fuente: Autores

3.7.3 Programación del sistema de sensores

La programación del algoritmo para el sistema de sensores y recolección de datos IoMT se realizó en la plataforma de programación Arduino IDE y se implementó en las tarjetas de desarrollo Arduino mega 2526 y Arduino nano 328P (O₂Sat). El funcionamiento de los algoritmos (Anexo 7: código 2 y código 3) se puede visualizar en la Ilustración 24.

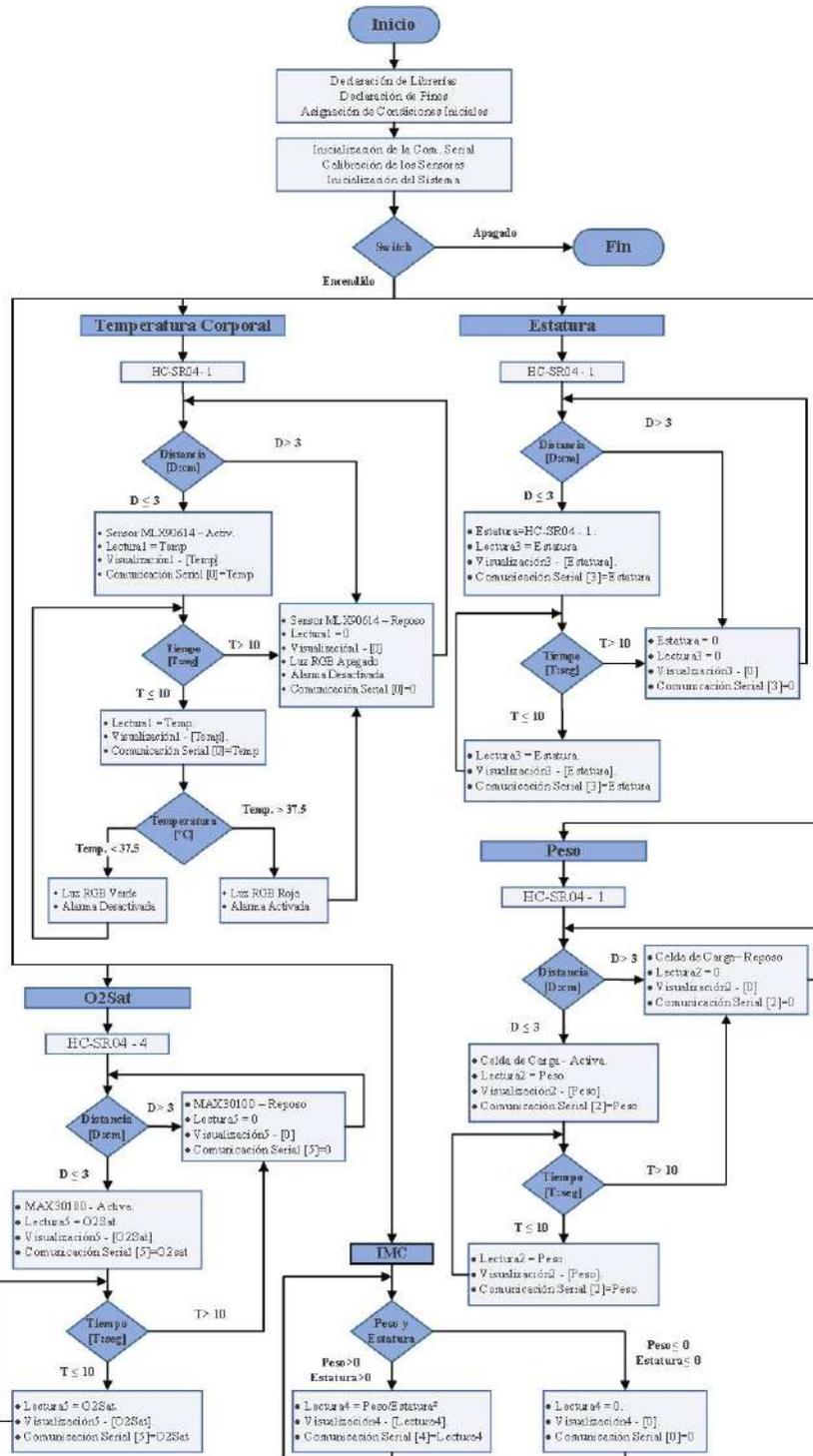


Ilustración 24. Diagrama de Flujo del algoritmo para el sistema de Sensores

Fuente: Autores

3.8 Implementación de la Capa Red de comunicación

3.8.1 Tecnología Wi-Fi

Para enviar los datos recolectados a la nube, es necesario la conectividad a internet como se indica en la Ilustración 25. Esta conectividad se realiza a través de la tecnología Wi-Fi y se logra por medio de la implementación de la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 4 Model B el cual posee un módulo Wi-Fi incorporado compatible con los estándares 802.11 b/g/n/ac.

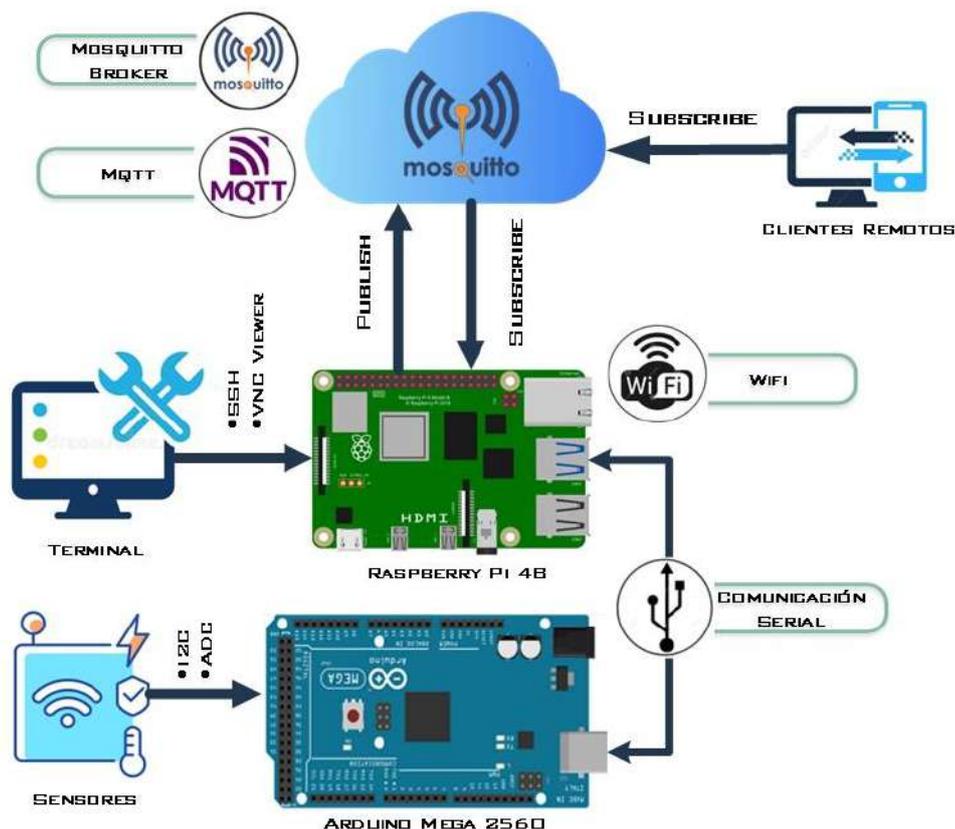


Ilustración 25. Tecnologías y protocolos que integra la Capa de Red de comunicación

Fuente: Autores

3.8.2 Protocolo MQTT

Una vez conectados a Internet, se debe enviar los datos recolectados a la capa aplicación (Página Web), este proceso se lo realizó mediante el protocolo ligero de mensajería de publicación y suscripción (MQTT v3.1.1). Este protocolo se encuentra implementado en nuestra página web (Heroku - Subscribe) y en la Raspberry Pi 4(Publish). Para la implementación del protocolo MQTT se utilizó un servidor público y gratuito de mensajes de código abierto denominado Mosquitto Broker (test.mosquitto.org) como se indica en la Ilustración 25. Cabe mencionar que el uso gratuito del servidor Mosquitto en páginas web, implica trabajar con el protocolo MQTT en el puerto 8080 sobre WebSockets, sin cifrar y sin autenticar. Si se deseara trabajar en un puerto que admita WebSockets, cifrado y autenticado se deberá contratar un servicio de Broker MQTT que admita puertos seguros.

Para trabajar con el protocolo MQTT, se utilizó la librería Paho, que permite implementar el protocolo MQTT en diferentes lenguajes de programación, como en este caso, se implementó en el lenguaje de programación JavaScript (Página Web) y Python (Raspberry Pi 4) como se muestra en la Ilustración 26.

PUBLISH	<pre>Raspberry Pi 4B - Python import paho.mqtt.client as mqtt client.connect("test.mosquitto.org", 1883, 60) client.publish("Cabina/IoMT/Datos", str(Temperatura)+';'+str(Peso)+';'+str(Estatura)+';'+str(IMC)+';'+str(O2Sat));</pre>
SUBSCRIBE	<pre>Página Web - Heroku <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/paho-mqtt/1.0.1/mqtws31.js" type="text/javascript"></script> client = new Paho.MQTT.Client("test.mosquitto.org", 8080, "myclientid_" + parseInt(Math.random() * 100, 10)) client.subscribe("Cabina/IoMT/Datos");</pre>

Ilustración 26. Implementación del método Publish y Subscribe del Protocolo MQTT

Fuente: Autores

3.9 Implementación de la Capa Plataforma

Los datos recolectados por los sensores de la capa dispositivos son almacenados localmente (MariaDB, Ms Excel) y en la nube (GitHub), luego, los datos obtenidos son procesados como un registro médico. Además, la capa plataforma incorpora una interfaz de usuario GUI que permitirá al usuario interactuar con el dispositivo de manera sencilla y a su vez añadir nuevos usuarios a la base de datos local de la cabina. A continuación, en la Ilustración 27, se detalla los elementos que integra la capa plataforma.

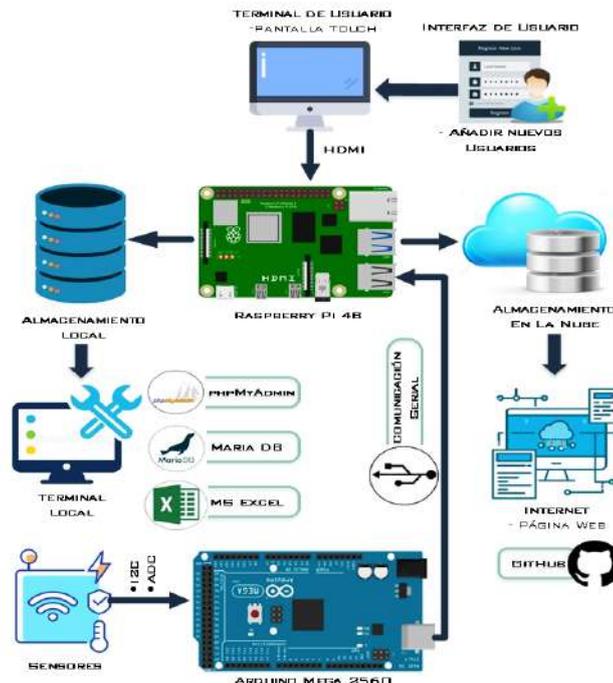


Ilustración 27. Elementos que componen la Capa Plataforma

Fuente: Autores

3.9.1 Almacenamiento Local – Base de Datos MariaDB

Para el almacenamiento local se utilizó la base de datos MariaDB. En primer lugar, se instaló la base de datos MariaDB en la tarjeta Raspberry Pi 4, luego en el administrador de bases de datos phpMyAdmin creamos una base de datos llamada “Prueba”, dentro de esta base, se creó una tabla llamada “IoMT” con los parámetros de: Fecha, Hora, Nombres, Cédula, Curso, Fecha de Nacimiento, Edad, Temperatura, Peso, IMC y O₂Sat. Una vez definida la Tabla, se implementó un algoritmo en el lenguaje de programación Python denominado “conexión Python-MariaDB”. Este algoritmo permite gestionar, añadir y actualizar automáticamente la base de datos, por lo cual, en su implementación se debe ingresar los siguientes datos: Host, Usuario, Contraseña, Puerto y el nombre de la base de datos como se muestra en la Ilustración 28. Una vez echa la conexión, los datos recolectados serán ingresados automáticamente en la Tabla “IoMT” de la base de datos Local de la cabina.

```

import mariadb #LIBRERIA

conexion = mariadb.connect(
    user="Usuario",      #NOMBRE DE USUARIO
    password="*****", #CONTRASEÑA
    host="127.0.0.1",   #DIRECCIÓN IP
    port=3306,         #N° PUERTO
    database="Prueba") #NOMBRE DE LA BD
cursor = conexion.cursor()

import mariadb #LIBRERIA

cursor.execute("INSERT INTO IoMT"
"(Fecha, Hora, Nombres, Cédula, Curso, FechaNacimiento, Edad, Temperatura,
Peso, Altura, IMC, O2Sat)" #ETIQUETAS DE LA COLUMNA
"VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)"
(Fecha, Hora, Nombres, Cédula, Curso, FechaNacimiento, Edad, Temperatura,
Peso, Altura, IMC, O2Sat)) #VARIABLES QUE SE ALMACENARÁN
conexion.commit()      #MÉTODO PARA ALMACENAR LOS DATOS
cursor.close()
conexion.close
    
```

Ilustración 28. Implementación del algoritmo para la Base de Datos MariaDB

Fuente: Autores

3.9.2 Creación del Registro de los datos Recolectados

Para crear el registro médico de cada persona, se consideró tres componentes importantes como son: los datos personales del usuario, historial de los datos recolectados y el reporte gráfico del historial de los datos recolectados. Estos tres componentes conforman el registro médico de cada persona, como se indica en la Ilustración 29.

The screenshot displays a web interface for a medical record system. It is divided into three main sections:

- 1. DATOS PERSONALES:** A form showing personal information for Daniel Patricio Yautibug, including course (Otros) and age (26).
- 2. DATOS RECOLECTADOS:** A table with columns for Fecha, Hora, Temperatura, Peso, Altura, IMC, and O2Sat, containing 12 rows of data from 01/01/22 to 07/07/22.
- 3. REPORTE GRÁFICO DE LOS DATOS RECOLECTADOS:** Three stacked line graphs showing the trends of Temperature, Weight, and IMC over time.

Ilustración 29. Componentes del Registro Médico

Fuente: Autores

En primer lugar, los datos personales están conformados por: nombres, apellidos, número de cédula y la edad, seguidamente tenemos el historial de los datos recolectados por los sensores que son: TC(°C), O₂Sat (%), IMC(Kg/m²), peso (Kg) y estatura (m) de cada persona, estos datos obtenidos se registrarán con la fecha y hora en la fueron recolectados. En segundo lugar, en el registro médico se creará un reporte gráfico del historial de los datos recolectados anteriormente. El registro de los datos recolectados se creará al registrar un nuevo usuario en la cabina inteligente, por lo cual, se generará un archivo en formato HTML (Ilustración 30) por persona y se almacenará localmente en la ruta (Datos Almacenados) especificada por el administrador, este archivo HTML se crea una sola vez y contiene los datos personales que permitirá así, identificar al usuario.

```

Raspberry Pi 4B - Python
CREACIÓN DEL ARCHIVO HTML EN PYTHON

archivo1 = open ('/home/pi/IoMTv2/daniels36999.github.io/Datos Almacenados/'+curso+'/'+cedula+'.html', 'a')
archivo1.write(

"""<table id="tabla" class="table table-bordered table-hover">
<thead>
#VARIABLES QUE TOMARANA LOS DATOS DEL USUARIO
<tr><th>Nombre:</th><td>"""+ VarNombre + """/td></tr>
<tr><th>Apellido:</th><td>"""+ VarApellido + """/td></tr>
<tr><th>Curso:</th><td>"""+ VarCurso + """/td></tr>
<tr><th>Edad:</th><td>"""+ VarEdad + """/td></tr>
</thead></table>
#CREAMOS LAS COLUMNAS DE NUESTRO HISTORIAL
<tr><th>Fecha</th> <th>Hora</th> <th>Temperatura</th> <th>Peso</th> <th>Altura</th><th>IMC</th> <th>O2Sat</th></tr>
</thead>
<tbody>
#DATOS ALMACENADOS ANTERIORMENTE
<tr><td class="GF">07/07/22</td><td class="GH">10h/44m/11s</td><td class="GT">35.11</td><td class="GP">84.8</td><td class="GE">1.68</td><td class="GI">29.34</td><td class="GO">96</td></tr>
#INDICADOR DONDE PERMITIRA AGREGAR NUEVA LINEA DE DATOS
<!-- AGREGAR TABLA-->
</tbody>
</table>"""
)

```

Ilustración 30. Implementación del algoritmo en Python para crear el Registro de datos
Fuente: Autores

Finalmente, para agregar y actualizar los datos recolectados en el archivo HTML, se debe implementar el algoritmo que se muestra en la Ilustración 31. Este algoritmo nos permitirá abrir el archivo creado anteriormente y mediante el identificador “<!--AGREGAR TABLA-->”, se podrá añadir y actualizar los datos recolectados, cada vez que el usuario utilice la cabina inteligente. Para generar las gráficas del registro, se toman los datos del archivo HTML. Una vez obtenido los datos se podrá graficar el historial de cada sensor en función del tiempo, por lo cual, se implementó el código que se muestra en el Anexo 8 (Código 4: HTML).

```

Raspberry Pi 4B - Python
ACTUALIZACIÓN DEL ARCHIVO HTML

#ABRIMOS NUESTRA ARCHIVO CREADO
with open('/home/pi/IoMTv2/daniels36999.github.io/Datos Almacenados/'+a+'/'+cedula+'.html', "r") as f:
    newline=[]
    for word in f.readlines():

        #AÑADIMOS NUEVOS DATOS RECOLECTADOS
        newline.append(word.replace("<!-- AGREGAR TABLA-->", ""<tr><td class="GF">"""+VarFecha+"""/td><td class="GH">"""+VarHora+"""/td><td class="GT">"""+VarTemperatura+"""/td><td class="GP">"""+VarPeso+"""/td><td class="GE">"""+VarEstatura+"""/td><td class="GI">"""+VarIMC+"""/td><td class="GO">"""+VarO2Sat+"""/td></tr><!-- AGREGAR TABLA-->"""))

    with open('/home/pi/IoMTv2/daniels36999.github.io/Datos Almacenados/'+a+'/'+cedula+'.html', "w") as f:
        for line in newline:
            f.writelines(line)
        f.close()

```

Ilustración 31. Implementación del algoritmo en Python para actualizar el Registro
Fuente: Autores

3.9.3 Almacenamiento en la Nube – Repositorio GitHub

Para almacenar el registro creado anteriormente, se utilizó el repositorio de almacenamiento gratuito GitHub, en este repositorio se deberá crear un proyecto con el nombre de la cuenta del administrador más la extensión “.github.io”, ejemplo: “usuario.github.io”. Después en el repositorio creado se deberá añadir la carpeta (Datos Almacenados) que almacenará los registros de cada usuario. También el repositorio nos generará un enlace (https://daniels36999.github.io/), que nos permitirá visualizar el repositorio creado en la web como se indica en la Ilustración 32.



Ilustración 32. Creación del proyecto en el Repositorio de GitHub

Fuente: Autores

Luego en nuestra tarjeta Raspberry Pi se deberá clonar el repositorio en la carpeta donde se encuentra toda la programación de la cabina. Adicionalmente, en la plataforma de GitHub se debe crear una ficha de acceso personal, esta ficha de acceso y las credenciales del repositorio se deberán ingresar en la terminal de la tarjeta Raspberry Pi 4 en la ruta del repositorio clonado. El proceso realizado anteriormente nos permitirá acceder, administrar y actualizar nuestro repositorio.

```
Raspberry Pi 4B - Python
from git import Repo #LIBRERIA

def actualizargithub():
    repo = Repo('/home/pi/IoMTv2/daniels36999.github.io')
    repo.index.add(['/home/pi/IoMTv2/daniels36999.github.io/Datos Almacenados'])
    repo.index.commit('actualizando')
    origin = repo.remote('origin')
    origin.push()
```

Ilustración 33. Implementación del código en Python para actualizar el Repositorio

Fuente: Autores

Por último, se debe implementar el algoritmo que nos permitirá actualizar el repositorio cada vez que el usuario utilice la cabina (Ilustración 33), de modo que, los registros médicos que sean creados o renovados se irán actualizando automáticamente en el repositorio creado anteriormente. Cabe mencionar que los registros alojados en el repositorio se encuentran disponibles en la Web para todo público, es decir, los registros médicos almacenados en la web, se podrán visualizar, pero no administrarlos, si se desea alojar el registro de forma privada en el repositorio de GitHub se deberá pagar una suscripción.

3.9.4 Interfaz de Usuario GUI

La interfaz de usuario GUI se lo realizó en el lenguaje de programación Python mediante el uso de la librería Tkinter. Dentro de la ventana principal de nuestra aplicación se colocaron 3 botones principales los cuales son: Añadir Nuevos Usuarios, Registro de Datos IoMT y IoMT Usuarios no Registrados. A continuación, en la Ilustración 34 se puede visualizar la interfaz principal.

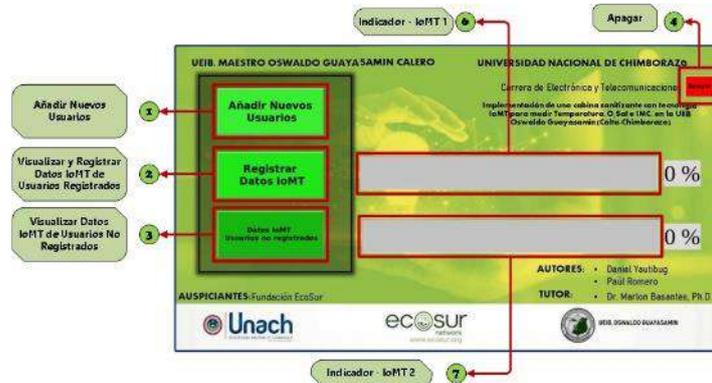


Ilustración 34. Componentes de la interfaz principal de la Cabina.

Fuente: Autores

El primer botón “Añadir Nuevos Usuarios” al presionarlo, nos muestra una nueva ventana, en la cual se debe ingresar los datos personales del usuario que se desea registrar. Los datos que el usuario debe ingresar son: Nombre, Apellido, Cédula, Curso y Fecha de Nacimiento como se indica en la Ilustración 35. Una vez que se ingresan los datos y se presiona el botón aceptar se activará la cámara, la cual obtendrá las fotos del usuario para realizar el reconocimiento facial y finalmente se registrará al usuario, caso contrario al presionar el botón “Regresar” nos mostrará la ventana principal de la Aplicación.



Ilustración 35. Componentes de la interfaz del Registro de Nuevos Usuarios.

Fuente: Autores

El segundo botón de “Registro de Datos IoMT” de la ventana principal, realiza la función de autenticar a las personas registradas mediante el uso del sistema de Reconocimiento Facial implementado. Una vez que el sistema de reconocimiento detecte el rostro de la persona, la “barra de progreso 1” iniciará su conteo y a la vez se abrirá una ventana simultánea como se indica en la Ilustración 36, esto nos indicará que se están recolectando y enviando en tiempo real los datos de: Temperatura, Peso, Altura, IMC, O₂Sat, a la

aplicación Web. Estos datos se dejarán de recolectar y enviar cuando la barra de progreso llegue al 100%, es decir, el tiempo estimado para recolectar los datos de una persona es de 15 segundos. Los datos que se mostraron en la ventana “Visualización” se almacenarán en la base de datos Local y en la Nube.

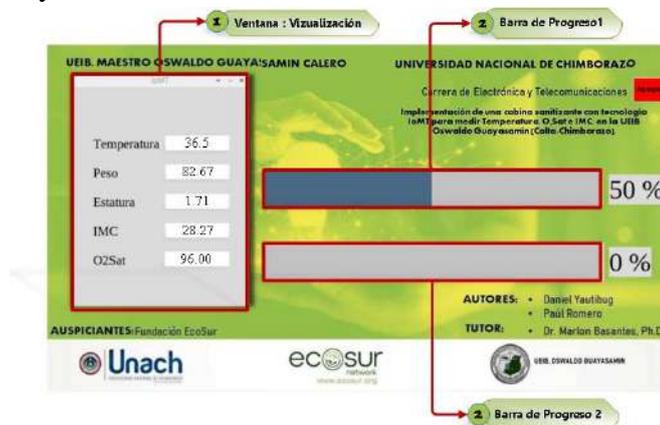


Ilustración 36. Componentes de la interfaz para la recolección de datos.

Fuente: Autores

El tercer botón “IoMT Usuarios no Registrados”, está enfocado en la recolección de datos de usuarios que no estén registrados en la cabina, por lo tanto, no se utilizará el sistema de reconocimiento facial y tampoco se almacenará el registro de los datos recolectados del usuario. Al presionar el botón, la barra de progreso 2 iniciará el conteo progresivo y también se abrirá una nueva ventana (Ilustración 36) que nos indicará que se están recolectando y visualizando los datos de: Temperatura, Peso, Altura, IMC y O₂Sat. Estos datos se dejarán de enviar a internet, cuando la barra de progreso llegue al 100%, es decir, el tiempo estimado para enviar los datos de una persona a la web es de 15 segundos.

La capa plataforma implementada en nuestra arquitectura IoMT integra múltiples funciones como se describió anteriormente. Por lo tanto, su funcionamiento general se describe en la siguiente Ilustración 37.

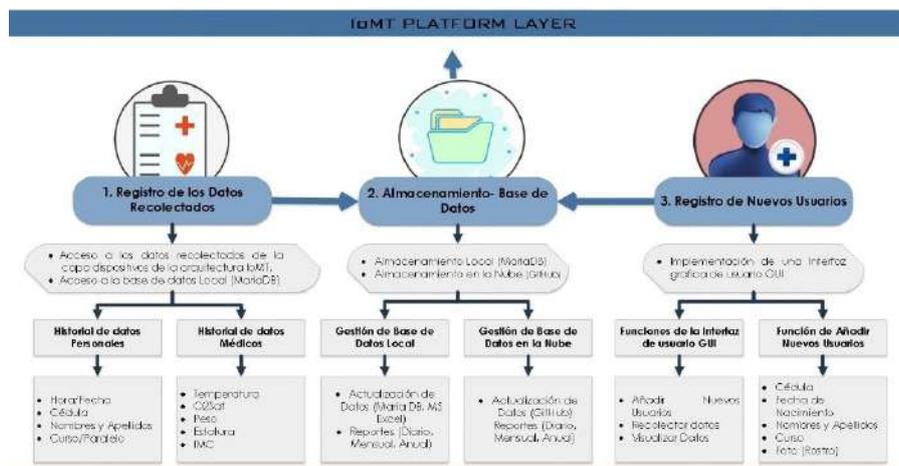


Ilustración 37. Procesos de la Capa Plataforma

Fuente: Autores

3.9.5 Programación del sistema para la capa plataforma.

Para integrar todas las funciones de la capa plataforma descritas anteriormente en una interfaz de usuario GUI, se desarrolló un algoritmo (Anexo 8: Código 4) en el lenguaje de programación Python. El funcionamiento de este algoritmo se describe en la siguiente Ilustración 38.

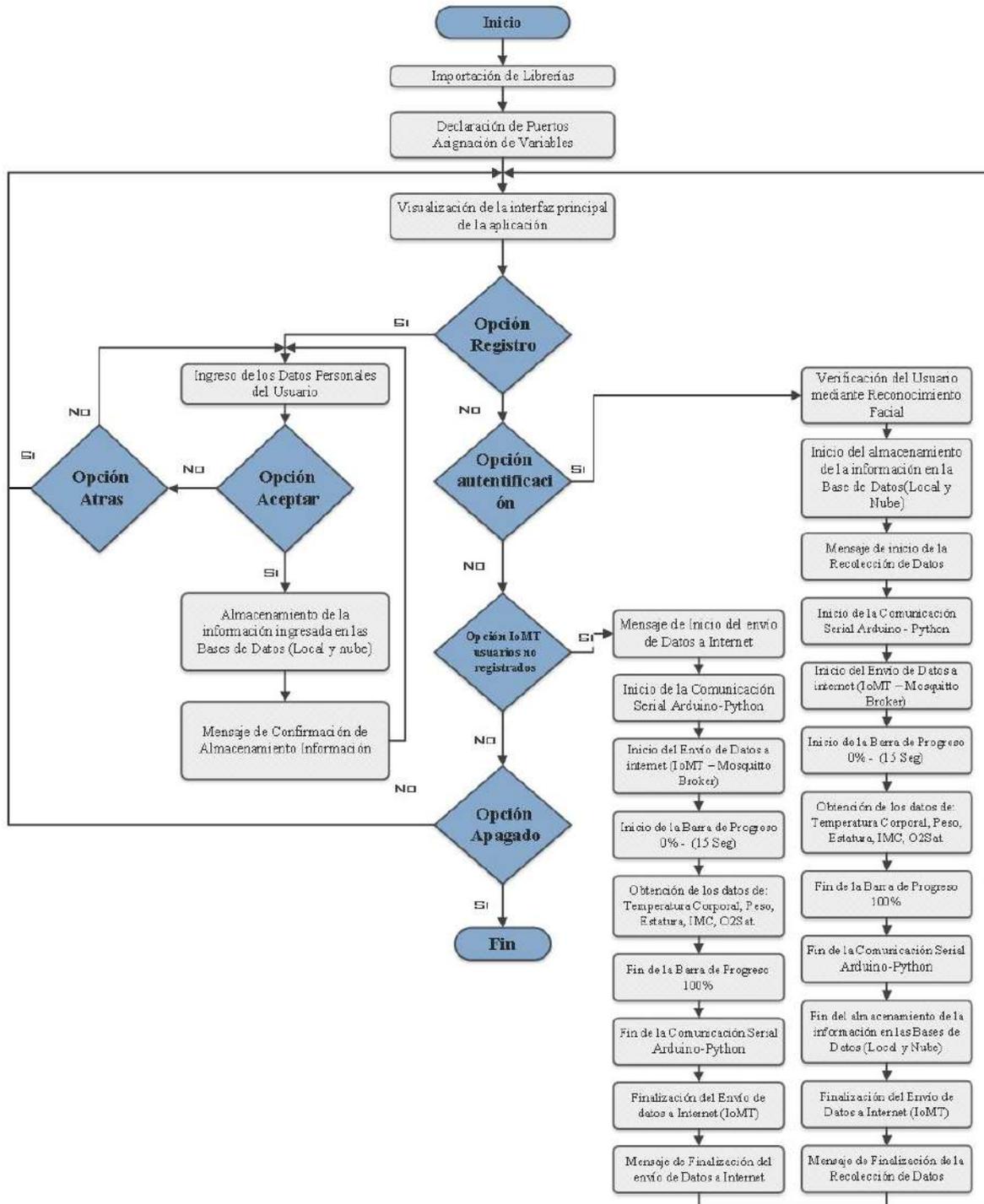


Ilustración 38. Diagrama de Flujo del algoritmo para la capa Plataforma

Fuente: Autores

3.10 Implementación de la Capa Aplicación

Finalmente, la cabina sanitizante con tecnología IoMT dispone de dos aplicaciones principales en la web. La primera página web, sirve para monitorear la evaluación física del usuario y fue desplegada en un servidor de páginas web llamado Heroku (<https://www.heroku.com/>). La segunda página web, sirve para gestionar los datos almacenados de cada usuario, por lo cual, para su implementación se utilizó el repositorio de almacenamiento GitHub, este repositorio permitirá desplegar nuestra página web mediante la función denominada GitHub Pages. A continuación, en la Ilustración 39 se puede visualizar el funcionamiento de la capa aplicación implementada a la cabina.

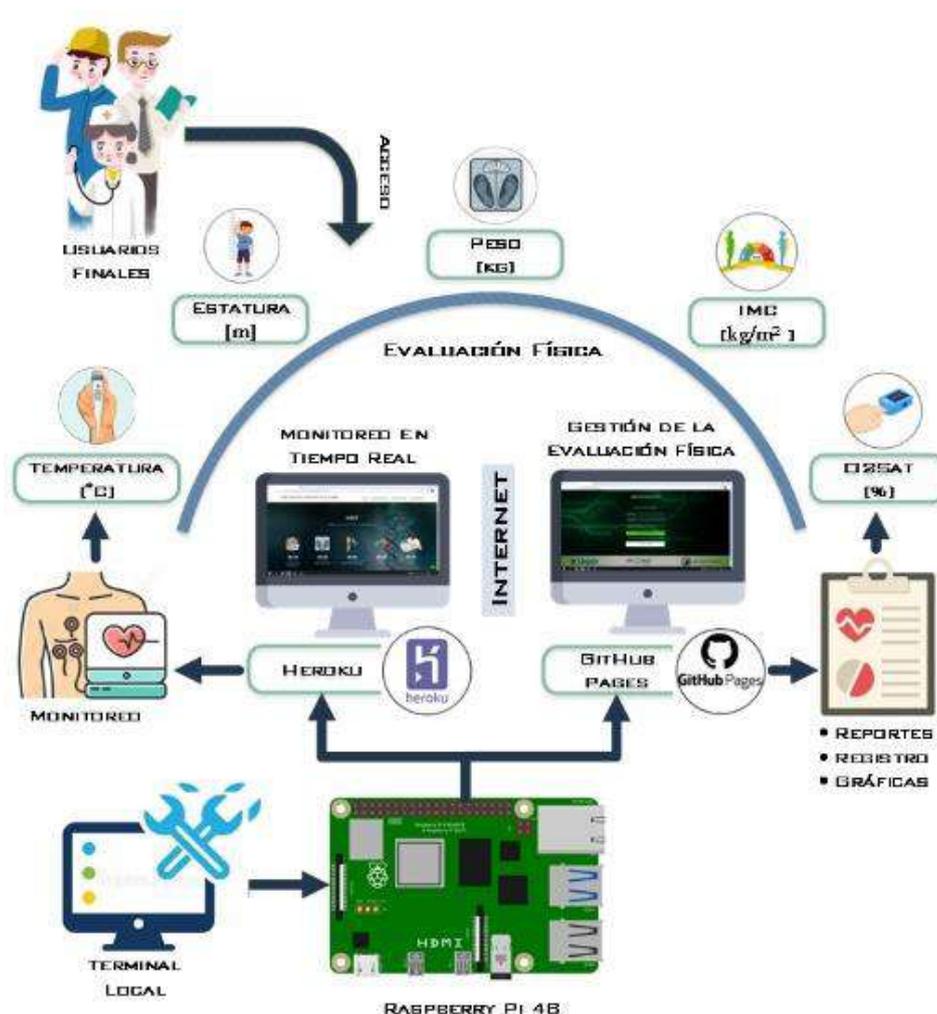


Ilustración 39. Elementos que componen la Capa Aplicación

Fuente: Autores

Para monitorear y gestionar los datos de cada usuario en la web, la cabina sanitizante con tecnología IoMT deberá estar conectado a internet, es decir, que la conexión a internet nos permitirá monitorear, añadir y actualizar constantemente los datos almacenados en la nube.

Los procesos y aplicaciones que se van a realizar en la capa aplicación se detallan en la siguiente Ilustración 40.

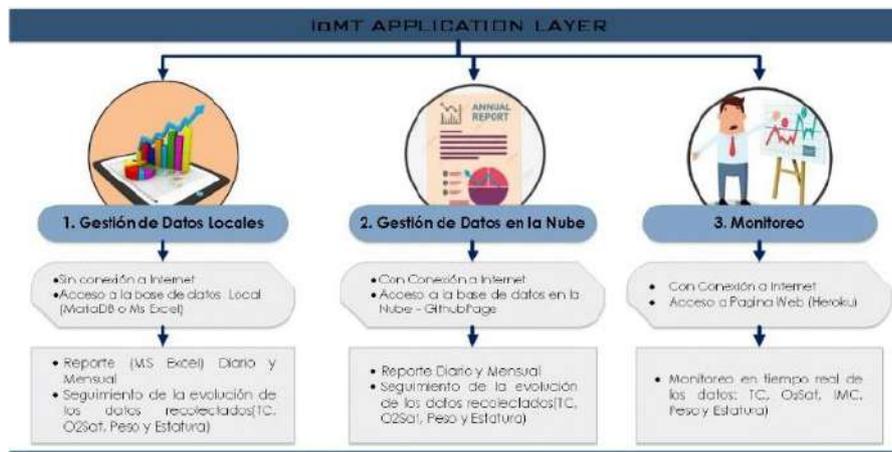


Ilustración 40 Procesos de la capa aplicación

Fuente: Autores

3.10.1 Monitoreo de la Evaluación Física – Heroku

En primer lugar, se implementó una aplicación web IoMT (Ilustración 41), que nos permitirá monitorear la evaluación física de cada usuario en tiempo real, por tal razón, se desarrolló una página web (Anexo 8: Código 5) en lenguaje de programación JavaScript y Python. Para poder desplegar nuestra página desarrollada, se debe crear un nuevo proyecto en el repositorio de GitHub, después, se deberá subir la página web desarrollada al repositorio creado anteriormente. Por otro parte, también se debe crear un nuevo proyecto en el servidor de Heroku y adicionalmente a nuestro proyecto se deberá agregar el paquete de compilación de Python.

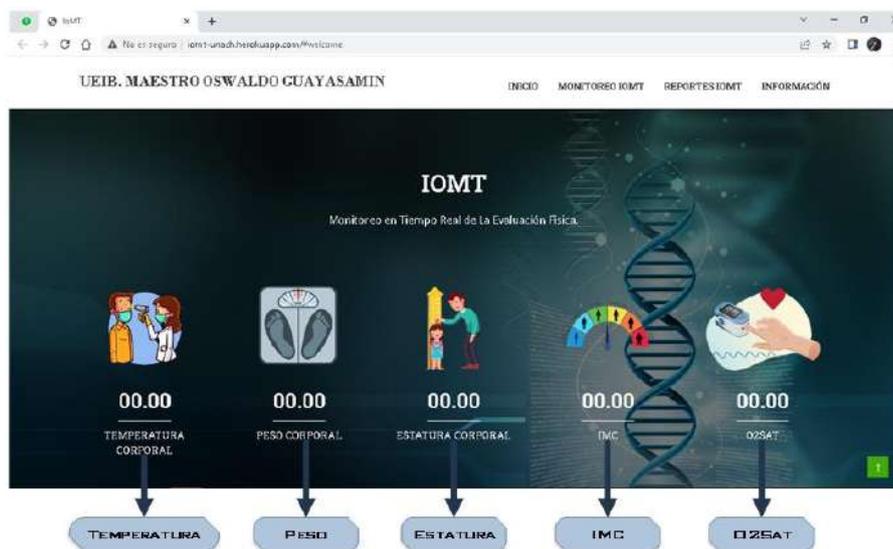


Ilustración 41. Aplicación Web para el Monitoreo IoMT en tiempo real

Fuente: Autores

El siguiente paso es sincronizar el repositorio de GitHub con el servidor de Heroku, por lo cual, se debe ingresar al proyecto creado en Heroku y en el apartado “deploy”, se deberá ir a la opción “método de implementación”, en esta opción podremos sincronizar nuestro repositorio de GitHub con el proyecto creado en Heroku. Luego se debe ir a la opción

“despliegue manual”, donde nos permitirá desplegar nuestra página web a internet. Por último, se debe ingresar a la opción “configuración” del proyecto creado en Heroku y en el apartado “Información de la aplicación” podremos encontrar la URL de nuestra página web (<http://iomt-unach.herokuapp.com/>). Como se puede observar en la Ilustración 41, la aplicación web implementada en el servidor de Heroku, nos permite visualizar en tiempo real los datos obtenidos por los sensores de: Temperatura, Altura, Peso, IMC, O₂Sat de cada persona.

3.10.2 Gestión de Datos Almacenados en la Nube – GitHub Pages

Por último, en la capa aplicación se implementó una página web (Anexo 8: Código 6) que permite al usuario final visualizar su historial médico de su evaluación física. La página web se desarrolló en el lenguaje de programación JavaScript y se subió en el repositorio de GitHub que fue creado anteriormente en la capa plataforma, por tanto, la página web creada, vincula los registros recolectados (Datos Almacenados) que estén disponibles en el repositorio de GitHub.

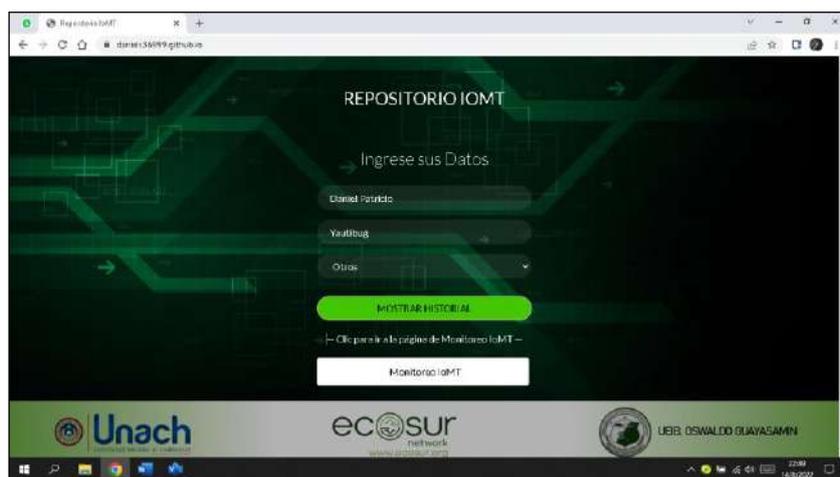


Ilustración 42. Aplicación Web para la Gestión de Datos almacenados en la Nube

Fuente: Autores

Luego de que la página web desarrollada, este disponible en el repositorio de GitHub, el repositorio detectará automáticamente que se subió una página web con características(<https://daniels36999.github.io/>) de GitHub Page, de manera que, el repositorio automáticamente desplegará nuestra página web a internet. La página web implementada permite al usuario ingresar sus nombres, apellidos y el curso al que pertenece, además, la interfaz cuenta con un botón que permitirá al usuario gestionar su registro médico. Para que el usuario final pueda tener acceso a su registro médico en la web, los registros deben estar almacenados y disponibles en el repositorio de GitHub.

3.11 Control de Calidad de la Cabina Sanitizante Inteligente

Las metodologías IoT e IoMT determinan los procesos de creación y aplicación de la tecnología en la que interviene el internet con todas sus ventajas de uso [56]. Sin embargo, para un proceso de validación cuantitativa tanto en el diseño, construcción y puesta a prueba de la Cabina Sanitizante Inteligente, se plantea un análisis comparativo entre los datos que arrojan los sensores a implementarse con instrumentos de medida estandarizados mediante una verificación a través de la Técnica de Estimación con Intervalos de Confianza, lo que permitirá acotar pares de valores (con una determinada probabilidad) dentro de un rango de tolerancia $\leq 1\%$ para garantizar el óptimo desempeño de la cabina [57]. Finalmente, se propone un estudio exploratorio Ad hoc de los Índices de Capacidad y un Análisis de Tolerancias con una Introducción al Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma [44][43].

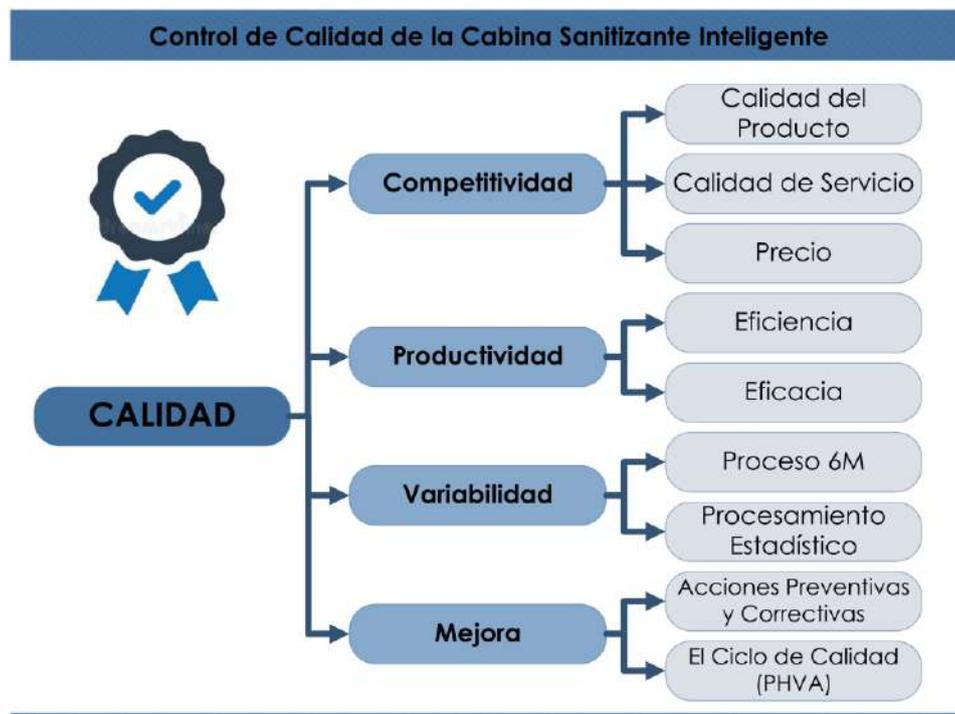


Ilustración 43 Proceso de Control de Calidad y Productividad

Fuente: [44]

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la Implementación de una Cabina Sanitizante con tecnología IoMT en la UEIB. Oswaldo Guayasamín, se obtuvieron datos como:

- Datos biomédicos (TC, peso, estatura, IMC y O₂Sat) recolectados por la Cabina.
- Datos biomédicos (TC, peso, estatura) recolectados por Instrumentos Estandarizados
- Datos de Identidad (Nombres, Edad, Curso) recolectados por la Cabina.
- Y datos cuantitativos (Tiempo de Utilización y Taza Efectiva de la desinfección corporal) sobre el diseño, construcción y puesta a prueba de la Cabina Inteligente.

Por lo cual, se realiza el análisis y propagación de los datos mencionados, considerando distribuciones desconocidas, es decir, No Paramétricas, de esta manera se establece la siguiente Hipótesis para todos los análisis:

¿Los datos recolectados no tienen Parametricidad?

H₀: Hipótesis Nula

Los datos No son Paramétricos

H₁: Hipótesis Alternativa

Los datos son Paramétricos

Luego de haber establecido la hipótesis sobre el tipo de análisis considerado, procedemos a realizar los Test de Normalidad (p-valor).

El p-valor nos indica la probabilidad de que un valor estadístico analizado sea probablemente una hipótesis nula. Por lo tanto, cuando p-valor sea “p-valor < 0.05”, se rechazará la H₀. Mientras que p-valor > 0.05 se aceptará la H₀. También se debe considerar los criterios de parametrización que se indica a continuación.

Paramétrico

Los datos proceden de una Distribución Normal

No paramétrico

Los datos no proceden de una distribución Normal

A continuación, se detalla el análisis y propagación de datos recolectados por la Cabina Sanitizante con tecnología IoMT. El análisis de los datos se lo realizó en el software estadístico R y R-Commander.

4.1 Análisis e Interpretación de los datos recolectados por la Cabina Inteligente.

4.1.1 Análisis descriptivo

- Promedio y Desviación Típica

En la siguiente tabla se detalla el promedio y la desviación típica de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O₂Sat para una población de 2236 personas.

Tabla 14. Promedio y Desviación Típica de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat
Fuente: Autores

Variables	Promedio	Desviación Típica
Edad [años]	13.68	7.24
Temperatura [°C]	31.54	4.58
Peso [kg]	41.79	16.42
Estatura [m]	1.35	0.19
IMC [kg/m ²]	21.66	3.52
O ₂ Sat [%]	92.57	16.35

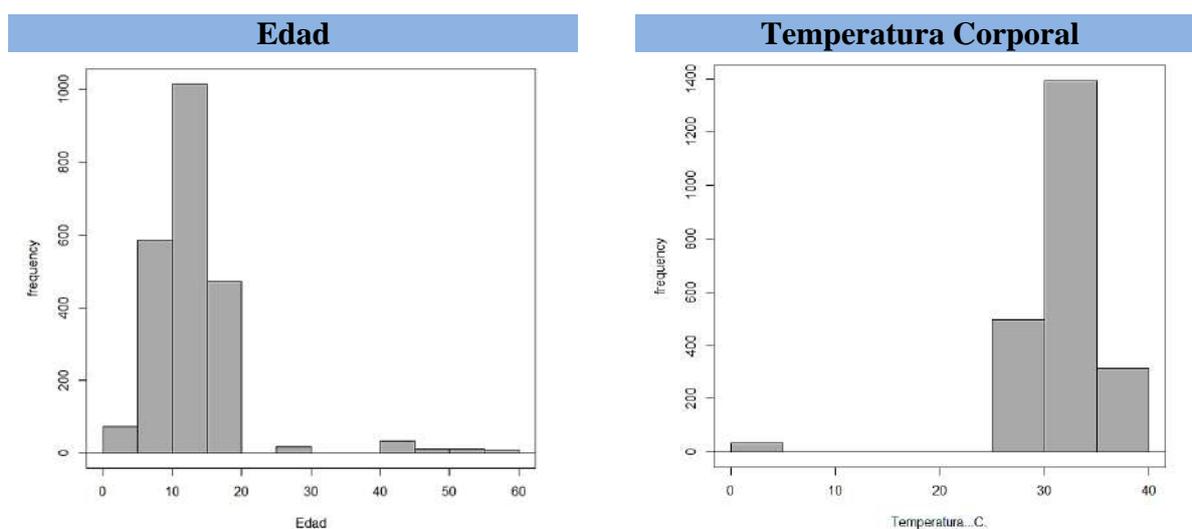
Discusión:

De acuerdo con los parámetros establecidos por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, se concluye que:

- El promedio de estatura determina una población dentro de los parámetros normales
- El promedio de la temperatura establece un índice por debajo del normal (36.5°C), debido a la calibración inicial de los instrumentos. Sin embargo, la varianza determina una temperatura promedio aceptable con una nula presencia de infecciones en el momento de la toma de los datos
- El peso promedio determina una relativa normalidad sin presencia evidente de índices de desnutrición infantil.
- El índice de masa corporal establece una distribución normal para las personas del Unidad Educativa
- Y el índice de saturación de Oxígeno determina un promedio normal.

4.1.2 Gráfica y Tendencias de la Distribución de los datos

- Histogramas de Frecuencia



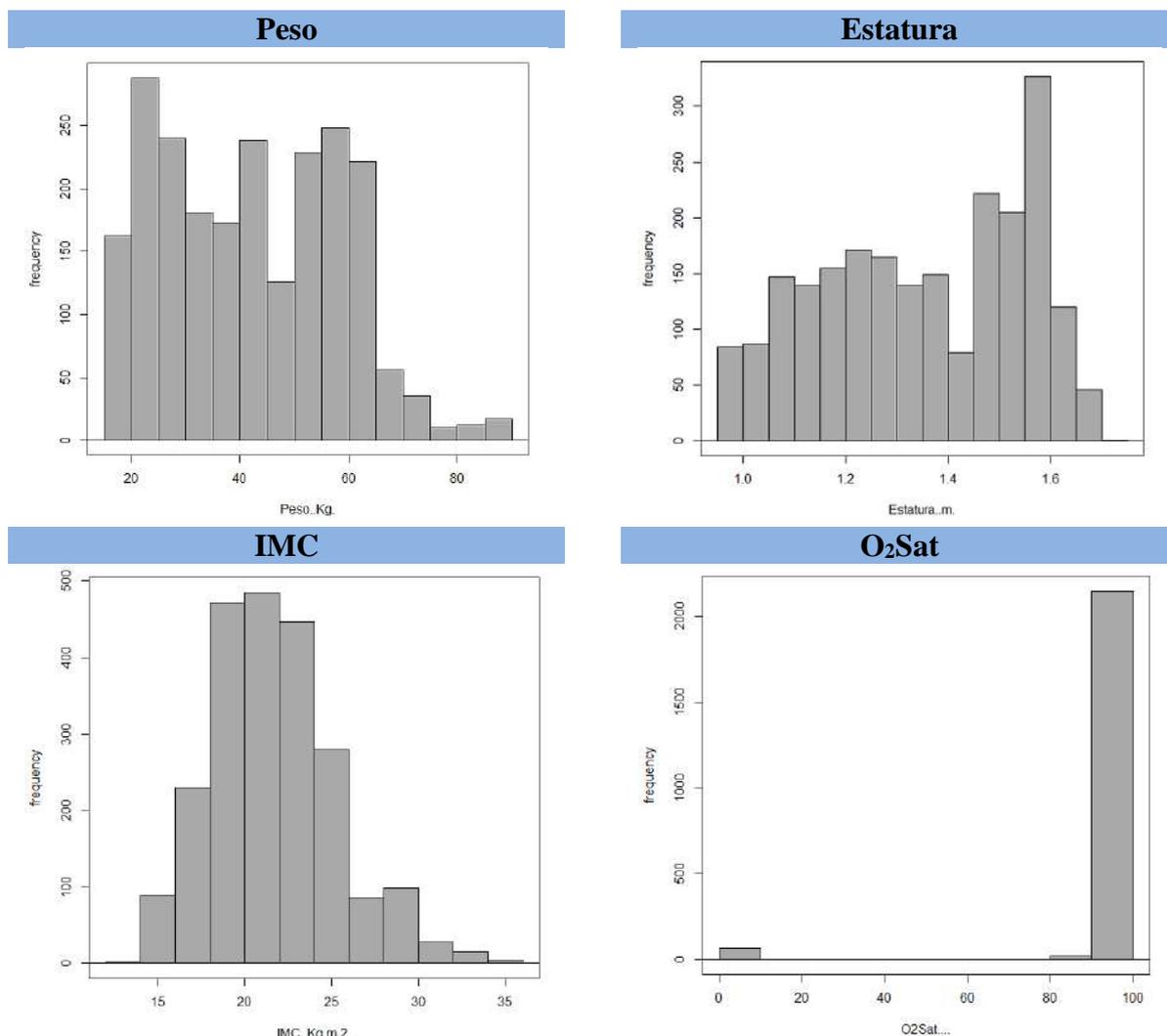


Ilustración 44. Histogramas de: Edad, TC, Peso, Estatura, IMC y O₂Sat

Fuente: Autores

4.1.3 Estudio de Correlación Bivariada.

En esta sección se realiza el estudio de la correlación bivariada utilizando el Test de Correlación de Pearson, este Test tiene como finalidad mostrar la asociación existente entre dos variables.

Tabla 15. Correlación de Pearson de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O₂Sat

Fuente: Autores

Variables	Edad [años]	Temperatura [°C]	Peso [kg]	Estatura [m]	IMC [kg/m ²]	O ₂ Sat [%]
Edad [años]	1.0000	0.0151	0.7554	0.6319	0.7269	-0.0667
Temperatura [°C]	0.0151	1.0000	0.0285	0.0248	0.0163	0.0345
Peso [kg]	0.7554	0.0285	1.0000	0.9342	0.8425	-0.0910
Estatura [m]	0.6319	0.0248	0.9342	1.0000	0.6231	-0.0735
IMC [kg/m ²]	0.7269	0.0163	0.8425	0.6231	1.0000	-0.0763
O ₂ Sat [%]	-0.0667	0.0345	-0.0910	-0.0735	-0.0763	1.0000

Discusión:

- Hay una muy fuerte correlación entre la estura y el peso (0.93)
- Hay una fuerte correlación entre la estatura y el IMC (0.62)
- Hay una fuerte correlación entre la edad y el IMC (0.72)
- Hay una fuerte correlación entre el peso y el IMC (0.84)
- Hay una fuerte correlación entre la edad y el peso (0.75)
- No hay ninguna correlación entre la edad y el O2Sat (-0.06)
- No hay ninguna correlación entre la edad y la temperatura (0.01)
- No hay ninguna correlación entre la estatura y el O2Sat (0.07)
- No hay ninguna correlación entre la estatura y la temperatura (0.02)
- No hay ninguna correlación entre El IMC y el O2Sat (-0.07)
- No hay ninguna correlación entre el IMC y la temperatura (0.01)

4.1.4 Test de Normalidad de los Datos (Kolmogorov-Smirnov)

El Test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, nos permite comprobar si las muestras presentan una distribución normal, esto quiere decir que muestra la concordancia de la distribución de un grupo de puntos de datos y una distribución teórica. Para esta prueba se utiliza un “Test de Normalidad” de Kolmogorov-Smirnov por el número de datos poblacionales.

Tabla 16. Test de Normalidad de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat

Fuente: Autores

VARIABLES	D	p-valor	Interpretación
Edad [años]	0.21898	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%) aceptamos la H ₁ , es decir, los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
Temperatura [°C]	0.21658	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%) aceptamos la H ₁ , es decir, los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
Peso [kg]	0.092009	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%) aceptamos la H ₁ , es decir, los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
Estatura [m]	0.11949	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%) aceptamos la H ₁ , es decir, los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
IMC [kg/m ²]	0.047946	p-v = 5.965e-13	Con un p-valor menor a 0.05 (5%) aceptamos la H ₁ , es decir, los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
O ₂ Sat [%]	0.45617	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%) aceptamos la H ₁ , es decir, los datos tienen una distribución de probabilidad normal.

Discusión:

Todos los datos tienen una distribución de probabilidad Normalizada. Entonces se procede al estudio dentro de la Parametricidad.

4.1.5 Comparación de medias entre TEST-T para una muestra

El Test-T se utiliza para evaluar medias de grupos mediante hipótesis, nos ayuda a conocer si existe una diferencia notable entre las medias de dos grupos. Debido a la parametricidad de la normalidad de los datos recolectados, es posible utilizar un Test T-Student para una comparación de medias entre muestras dependientes. Test T para datos emparejados con una Hipótesis alternativa Bilateral y un nivel de confianza del **97%**.

Tabla 17. Test T-Student para: Edad, Peso, Estatura e IMC.

Fuente: Autores

Comparación	T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		Media de las diferencias
				Inferior	Superior	
Estura y el peso	-117.78	2235	p-v < 2.2e-16	-41.18250	-39.69144	-40.43697
	El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.					
Estatura y el IMC	-282.29	2235	p-v < 2.2e-16	-20.46928	-20.15677	-20.31303
	El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.					
Edad y el IMC	-71.853	2235	p-v < 2.2e-16	-8.251625	-7.767507	-8.009566
	El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.					
Peso y el IMC	70.045	2235	p-v < 2.2e-16	19.50008	20.74781	20.12394
	El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.					
Edad y el Peso	111.48	2235	p-v < 2.2e-16	-28.68150	-27.58552	-28.13351
	El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.					

4.1.6 Ajuste de Curvas: Modelos de Regresión Lineal para datos emparejados

Tabla 18. Modelo de regresión Lineal para: Edad, peso, estatura e IMC.

Fuente: Autores

Variables	Tipo	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
Estatura y el Peso	Coefficients	Intercept	0.88179887	0.00410631	214.7	<2e-16
		Peso [kg]	0.01131939	0.00009145	123.8	<2e-16
	Modelo Lineal	$Estatura = 0.8817\text{Peso} + 0.113 + \varepsilon$				
Estatura y el IMC	Coefficients	Intercept	0.5923523	0.0205146	28.88	<2e-16
		IMC [kg/m ²]	0.0035190	0.0009345	37.66	<2e-16
	Modelo Lineal	$Estatura = 0.5923\text{IMC} + 0.0035 + \varepsilon$				
Edad y el IMC	Coefficients	Intercept	-18.72929	0.65581	-28.56	<2e-16
		IMC [kg/m ²]	1.49473	0.02987	50.03	<2e-16
	Modelo Lineal	$Edad = -18.729\text{IMC} + 1.494 + \varepsilon$				
Peso y el IMC	Coefficients	Intercept	-43.29684	1.16602	-37.13	<2e-16
		IMC [kg/m ²]	3.92695	0.05312	73.93	<2e-16
	Modelo Lineal	$Peso = -43.296\text{IMC} + 3.926 + \varepsilon$				
Edad y el peso	Coefficients	Intercept	-0.268764	0.274624	-0.979	0.328
		Peso [kg]	0.333249	0.006116	54.486	<2e-16
	Modelo Lineal	$Edad = -0.268\text{Peso} + 0.333 + \varepsilon$				

4.2 Análisis e Interpretación de los datos recolectados por Cabina Sanitizante.

A continuación, se detalla el análisis descriptivo de: tiempo de utilización de la cabina sanitizante y la Taza Efectiva de la desinfección corporal medida en área desinfectada.

4.2.1 Análisis descriptivos

Tabla 19. Análisis descriptivo del Tiempo y la Taza Efectiva.

Fuente: Autores

	Mean	sd	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
Tiempo	35.008	10.609	18.518	14.833	25.25	34.509	43.768	70.388	2236
Taza Efectiva	83.756	4.492	9.304	78.260	78.425	83.333	87.730	91.304	24

4.2.2 Histogramas

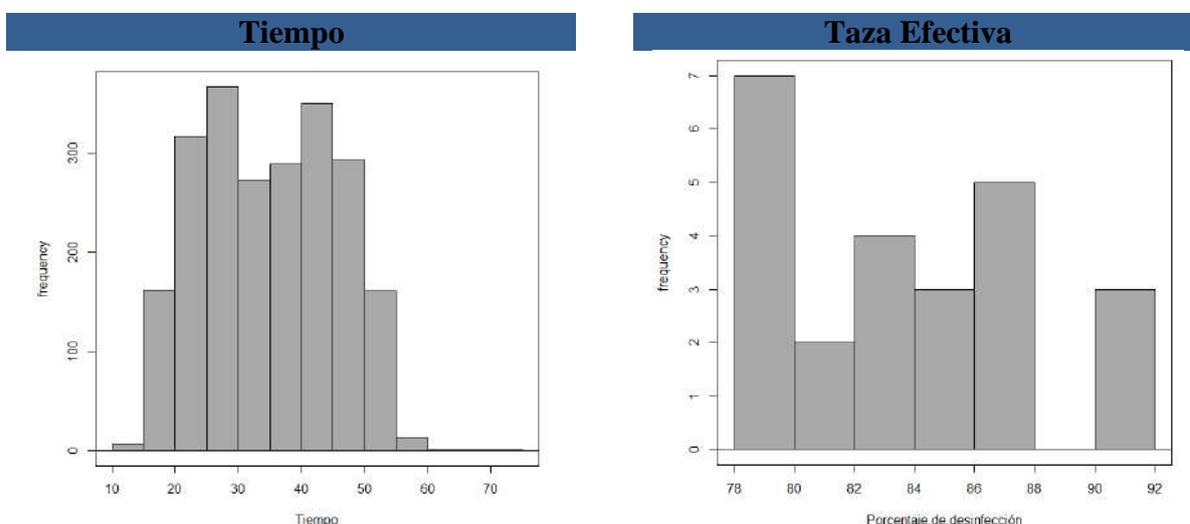


Ilustración 45. Histograma del Tiempo y la Taza Efectiva.

Fuente: Autores

4.2.3 Test de normalidad: Shapiro-Wilk

Test de normalidad (muestra de más de 50 datos con un Test Shapiro-Wilk)

Tabla 20. Test de Normalidad del Tiempo y la Taza Efectiva.

Fuente: Autores

Variables	W	p-valor	Interpretación
Tiempo de utilización	0.9648	$p-v < 2.2e-16$	Con un p-valor menor a 0.05 (5%) aceptamos la H1, es decir, los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
Taza Efectiva de la desinfección	0.17153	0.0659	Con un p-valor mayor a 0.05 (5%) aceptamos la H ₀ , es decir, los datos no tienen una distribución de probabilidad normal.

- Tiempo de Utilización: Discusión

El tiempo promedio del uso de la cabina sanitizante entre el Tiempo de registro de datos y la desinfección corporal es de 35.01 s con una desviación típica de 10.60 s y para un análisis se debe utilizar la no-parametricidad.

- Tasa Efectiva: Discusión

La tasa de desinfección corporal por parte de la cabina sanitizante es del 83.75% con una desviación típica de 4.49%.

4.2.4 Cálculo del Gradiente de Tendencia del Tiempo de uso de la Cabina.

Primero se realiza una prueba de Test T para determinar la parametricidad del tiempo de uso de la cabina. Es de interés el tiempo de uso de la cabina con respecto a la edad de las personas.

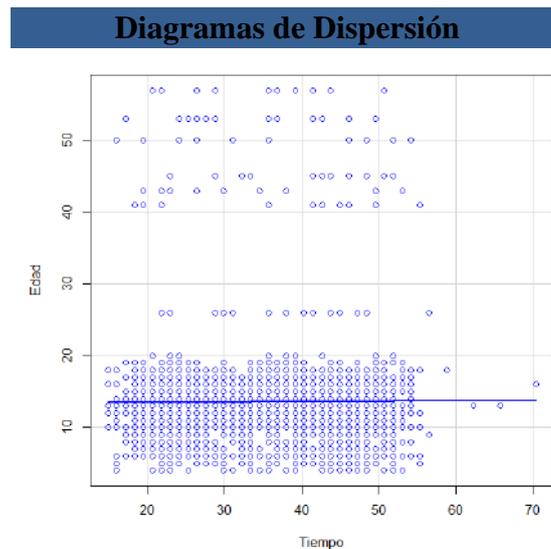


Ilustración 46. Diagrama de Dispersión de: Edad - Tiempo
Fuente: Autores

- Tiempo y la Edad

Tabla 21. Modelo de regresión Lineal para: Edad - Tiempo.
Fuente: Autores

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Coefficients				
Intercept	34.81148	0.47900	72.675	<2e-16
Tiempo [s]	0.01444	0.03098	0.466	0.641

Ecuación de la recta de regresión modelo lineal:

$$Edad = 34.81 \text{ Tiempo} + 0.014 + \varepsilon$$

La tendencia de la variación de, tiempo de usos en función de la edad tiene una pendiente positiva igual ala coeficiente de la ecuación de la recta ajustada por el modelo lineal (34.81).

Discusión:

Las personas de menor edad tienen más afinidad con la cabina sanitizante y su funcionamiento.

4.3 Comparación de Medias: Cabina Inteligente vs Instrumentos Estandarizados

4.3.1 Test de normalidad: Shapiro-Wilk

Tabla 22. Test de Normalidad de datos de la cabina e instrumentos estandarizados

Fuente: Autores

	Variables	W	p-valor	Interpretación
Temperatura	TC - Cabina	0.55441	p-v < 2.2e-16	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada
	TC - Multímetro	0.96842	p-v = 1.19e-10	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada
Peso	Peso - Cabina	0.95001	p-v = 4.609e-14	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada
	Peso - Bascula	0.94999	p-v = 4.565e-14	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada
Estatura	Estatura - Cabina	0.95536	p-v = 3.576e-13	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada
	Estatura – Cinta Métrica	0.95541	p-v = 3.648e-13	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada

4.3.2 Correlación de Variables

En esta sección se realiza la correlación de variables de: Cabina Inteligente vs Instrumentos Estandarizados con un Test de Correlación de Pearson Bivariado.

Tabla 23. Test de Correlación: Cabina Inteligente vs Instrumentos Estandarizados

Fuente: Autores

Comparación	T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 95% por ciento:		sample estimates: core
				Inferior	Superior	
TC Cabina – TC Multímetro	15.061	651	p-v < 2.2e-16	0.4491122	0.5630855	0.5083214
Peso Cabina – Peso Báscula	29633	651	< 2.2e-16	0.9999996	0.9999997	0.9999996
Estatura Cabina – Estatura Cinta Métrica	3225.5	651	< 2.2e-16	0.9999635	0.9999732	0.9999687

4.3.3 Comparación de medias para muestras independientes.

A continuación, se detalla la Comparación de Medias para muestras independientes de los datos de la cabina inteligente e instrumentos estandarizados con un Test T-Student a un 97% de confiabilidad.

Tabla 24. Test T-Student para: datos de la cabina e instrumentos estandarizados

Fuente: Autores

Variable	T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		sample estimates: mean of x
				Inferior	Superior	
TC - Cabina	148.24	652	p-v < 2.2e-16	30.54020	31.44969	30.99495
TC - Multímetro	324.53	652	p-v < 2.2e-16	31.44025	31.86449	31.65237
Peso - Cabina	64.25	652	< 2.2e-16	39.29350	42.04687	40.67018
Peso - Bascula	64.25	652	< 2.2e-16	39.29426	42.04767	40.67096
Estatura - Cabina	174.93	652	< 2.2e-16	1.322524	1.355823	1.339173
Estatura – Cinta Métrica	175.26	652	< 2.2e-16	132.5021	135.8320	134.1671

4.3.4 Intervalos de Confianza para un Modelo Lineal

Debido a la fuerte correlación entre las variables medidas con instrumentos estándares y con sensores electrónicos, se pueden calcular intervalos de confianza dentro de los cuales una medida es aceptada como válida.

Tabla 25. Modelo de regresión Lineal para: cabina vs instrumentos estandarizados.

Fuente: Autores

Variables	Tipo		Estimate Std.	Error	t value	Pr(> t)
Estatura Cabina – Estatura Cinta Métrica	Coefficients	Intercept	-0.002457	0.0004203	-5.847	0.0000000079
		Cinta métrica [m]	0.0099997	0.0000031	3225.496	< 2e-16
	Modelo Lineal	<i>Estatura Cabina = -0.0024 Cinta Métrica + 0.0099 + ε</i>				
Peso Cabina – Peso Báscula	Coefficients	Intercept	-0.0002681	0.00147689	-0.182	0.856
		Peso Báscula [kg]	0.99998739	0.00003375	29632.965	<2e-16
	Modelo Lineal	<i>Peso Cabina = -0.00026 Peso Báscula + 0.9999 + ε</i>				

Con una confiabilidad del 97.5%.

4.4 Control de Calidad y Estudio de la Métrica 6σ

Dentro del estudio del control de calidad de un prototipo son importantes:

- La calidad y competitividad
- La productividad
- La medición del desempeño
- La variabilidad

Dentro del ciclo de calidad es necesario desarrollar proyectos de mejora: planear, hacer, verificar y actuar (PHVA).

4.4.1 PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar)

Un PHVA se puede realizar en ocho pasos:

1. Seleccionar y caracterizar cualquier problema en el diseño e implementación del prototipo
2. Buscar todas las posibles causas del problema
3. Investigar las causas más importantes
4. Considerar las medidas de remediación
5. Implementar las posibles medidas de remedio
6. Revisar los resultados obtenidos
7. Prevenir la recurrencia del problema (si este persiste)
8. Y finalmente, concluir con una mejora en la calidad

En este trabajo de investigación, el control de calidad del prototipo de la cabina sanitizante se basa en la comparación de los sensores y equipos utilizados, de los materiales, de la implementación del sistema de control, del tiempo de uso de la cabina, del porcentaje de desinfección corporal y de eficiencia en el manejo de los datos y resultados.

4.4.2 Coeficiente de variación (CV).

Utilizado para relacionar variables medidas en distintas medidas o unidades de medida.

$$CV = \frac{\text{desviación estándar}}{\text{media aritmética}} \times 100\% \quad (1)$$

- Coeficiente de variación del tiempo de uso

$$CV = \frac{10.60919r}{35.00877} \times 100\% = 30.30\%$$

- Coeficiente de variación del porcentaje de desinfección

$$CV = \frac{4.492571}{83.75676} \times 100\% = 5.36\%$$

Discusión:

Existe una menor variación en el porcentaje de desinfección frente al tiempo de usos de la cabina, lo que hace que la desafección sea más eficiente.

4.4.3 Índice de Capacidad Potencial de Proceso (Cp)

La capacidad de proceso se define como la amplitud de la variación del proceso, se utiliza para conocer si existe alguna complicación en el proceso lo cual puede causar el descontento a los clientes.

$$Cp = \frac{(ES - EI)}{6\sigma} = \frac{\text{Variación Tolerada}}{\text{Variación Real}} \tag{2}$$

Donde:

ES: Es la especificación superior para la característica de calidad

EI: Es la especificación inferior para la característica de calidad

6σ es 6 veces la desviación estándar, es la variación real debido a las distribuciones normales donde se afirma que entre μ ± 3σ se encuentra 99.73% de los valores de una variable con distribución normal.

Tabla 26. Valores del Cp y su interpretación

Fuente:[43]

Valor del índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
Cp ≥ 2	Clase Mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
Cp > 1.33	1	Adecuado.
1 < Cp < 1.33	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
0.67 < Cp < 1	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
Cp < 0.67	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

- Tiempo de uso

Se toma la variación tolerada como 90 s, (al 97% de confiabilidad)

$$Cp = \frac{(90)}{6(10.60919)} = 1.4137$$

Conclusión:

Puesto que Cp=1.4137 es mayor que 1.33, la clase del proceso es 1 con una decisión ADECUADA

- Porcentaje de Desinfección

Se toma la variación tolerada como 50%, (al 97% de confiabilidad)

$$C_p = \frac{(50)}{6(4.4925)} = 1.8549$$

Conclusión:

Puesto que $C_p=1.8549$ es mayor que 1.33, la clase del proceso es 1 con una decisión ADECUADA

Se debe tener en cuenta que, para un C_p mayor o igual que 2, la clase del proceso es “Clase Mundial” y se tiene CALIDAD 6 SIGMA.

4.4.4 Razón de capacidad potencial (C_r)

$$C_r = \frac{6\sigma}{(ES - EI)} \tag{3}$$

- Tiempo de uso

$C_r = 0.7073$, el proceso cumple con un 70.73% de la banda de especificaciones.

- Porcentaje de Desinfección

$C_r = 0.5391$, el proceso cumple con un 53.91% de la banda de especificaciones.

4.4.5 Índices C_{pi} , C_{ps} y C_{pk}

- Índice de capacidad para especificación inferior

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \tag{4}$$

- Índice de capacidad para especificación superior

$$C_{ps} = \frac{Es - \mu}{3\sigma} \tag{5}$$

- Índice de capacidad del proceso

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{Es - \mu}{3\sigma} \right] \tag{6}$$

Tabla 27. Índice de capacidad del proceso del Tiempo y la desinfección

Fuente: Autores

	C_{pi}	C_{ps}	C_{pk}
Tiempo	0.78	1.44	0.78
Desinfección	0.81	1.92	0.81

Conclusión:

Tanto para el tiempo como para el porcentaje de desinfección, la recomendación es mejorar el proceso porque el C_{pi} es bastante inferior al C_p (esto resulta claro y coherente puesto que el C_p para las dos variables es solamente ADECUADO).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se diseñó e implementó una Cabina sanitizante con tecnología IoMT de costo accesible con la finalidad de que sea posible su adquisición, por cualquier entidad. La utilización de la Cabina Sanitizante en la UEIB. Oswaldo Guayasamín, mediante la desinfección corporal de los usuarios, logra reducir los contagios por SARS-CoV-2 y permite el regreso progresivo a clases en la Institución Educativa, velando por el bienestar de la salud física y mental de las personas.
- La implementación de la Cabina Inteligente en la UEIB. Oswaldo Guayasamín, ayuda a recolectar información médica de los estudiantes, docentes y personal administrativo, logrando de esta manera, la creación de historiales médicos que permiten valorar el estado actual del paciente para poder diagnosticar y predecir posibles enfermedades que aquejan a la salud de las personas.
- Mediante la utilización del Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma en la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT, se logró aminorar los errores en el diseño y la construcción, garantizando así el correcto funcionamiento del dispositivo y alcanzando de esta manera la satisfacción de los usuarios de la UEIB. Oswaldo Guayasamín.
- Para la identificación y registro del usuario en la Cabina Inteligente se utilizó la técnica de reconocimiento facial “EIGENFACES”, consiguiendo de esta manera mejores resultados como: menor tiempo de espera a la hora registrar al estudiante en el dispositivo, mayor exactitud a la hora de reconocer a diferentes personas y consiguiendo un bajo costo computacional en la cabina.
- Para la realización de esta investigación se utilizaron algunos softwares con licencia gratuita ya sea para la programación (Python, Arduino, Java, etc) y el diseño de la estructura 3D (AutoDesk Inventor). Gracias a la utilización de estos softwares se simplificó considerablemente los costos del dispositivo, proporcionando los planos generales de la estructura.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda leer el manual de Usuario para no tener problemas a la hora de la utilización del dispositivo. El dispositivo debe encontrarse en un lugar seco, esto para evitar que el dispositivo se moje y posteriormente se dañe. También el dispositivo debe estar supervisado por un adulto para que los usuarios no maltraten o estropeen el equipo.
- Para que la información este actualizada en la nube y pueda ser visualizada en la aplicación web por el usuario, se recomienda que el dispositivo esté permanentemente conectado a internet.
- Se recomienda que en la cabina de desinfección corporal dentro del recipiente de líquidos se utilicen compuestos químicos que no sean nocivos para la salud de los usuarios. también se sugiere que se utilice alcohol en líquido para el dispensador de alcohol.
- Se sugiere también implementar la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT en otras Instituciones Educativas, Centros de Salud e instituciones públicas y privadas, con la finalidad de erradicar los contagios por SARS-CoV-2 y diferentes enfermedades.
- Para recolectar los datos de : TC, O2Sat y parámetros IMC se sugiere identificar la ubicación de los sensores que miden dichos datos mencionados, de esta manera se recolectaran los datos correctamente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Enríquez and C. Sáenz, “Primeras lecciones y desafíos de la pandemia de COVID-19 para los países del SICA,” *Serie Estudios y Perspectivas - Sede Subregional de la CEPAL en México*, vol. 1, Ciudad de México, México, p. 106, 2021.
- [2] M. Calderon, E. Gutierrez, C. Cabezas, N. Reyes, and C. Patricia, “Disinfection booth for people to reduce the transmission of COVID-19 in the community,” *An. Fac. med.*, vol. 81, no. 2, pp. 205–210, 2020, doi: 10.15381/anales.v81i2.18409.
- [3] J. A. Bonilla Guachamín, “Las dos caras de la educación en el COVID-19,” *CienciAmérica*, vol. 9, no. 2, p. 89, 2020, doi: 10.33210/ca.v9i2.294.
- [4] UNESCO, “Informe de políticas: La educación durante la COVID-19 y después de ella,” 2020. Accessed: Jun. 02, 2022. [Online]. Available: <https://www.buenosaires.iiep.unesco.org/index.php/es/node/1118>.
- [5] M. Hernández Martín, “Enfermedades de posible origen laboral atendidas en atención primaria por el Servicio Madrileño de Salud,” Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, 2018.
- [6] A. Santillan Haro and E. Palacios Calderon, “Caracterización Epidemiológica De Covid-19 En Ecuador,” *InterAmerican Journal of Medicine and Health*, vol. 3, pp. 1–7, 2020, doi: 10.31005/iajmh.v3i0.89.
- [7] R. M. Wong Chew *et al.*, “Caracterización genómica y variantes del virus SARS-CoV-2,” *Acta Médica Grupo Ángeles*, vol. 19, no. 3, pp. 445–456, 2021, doi: 10.35366/101743.
- [8] A. Dreser, “Retos y avances en la vacunación contra COVID-19 en Latinoamérica y el Caribe,” *Salud UIS*, vol. 53, no. 1, 2021, doi: 10.18273/saluduis.53.e:21002.
- [9] J. E. Jaramillo Fuertes and S. P. Montoya Chacón, “Políticas públicas de vacunación contra el COVID-19 en el Ecuador en el periodo enero-agosto 2021,” *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, vol. 7, no. 3, pp. 19–47, 2021, doi: 10.35381/cm.v7i3.569.
- [10] J. A. Mayorga Acuña, “Proceso de aprestamiento afectivo en la modalidad online para el retorno a la educación presencial en el nivel inicial,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2021.
- [11] S. Vishnu, S. R. Jino Ramson, and R. Jegan, “Internet of Medical Things (IoMT)-An overview,” *5th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)*, vol. 1, no. 1, pp. 101–104, 2020, doi: 10.1109/ICDCS48716.2020.243558.
- [12] F. Aydemir, “Can IoMT help to prevent the spreading of new coronavirus?,” *IEEE Consumer Electronics Magazine*, vol. 10, no. 2, pp. 66–71, 2021, doi: 10.1109/MCE.2020.3026161.

- [13] N. Naren *et al.*, “IoMT and DNN-E nabled Drone-Assisted Covid-19 Screening and Detection Framework for Rural Areas,” *IEEE Internet of Things Magazine*, vol. 4, no. 2, pp. 4–9, 2021, doi: 10.1109/IOTM.0011.2100053.
- [14] M. Villalva, “Desarrollo de un Prototipo de Plataforma de Telefisioterapia para Alteraciones en la Función Motora de las Extremidades utilizando Internet de las Cosas Médicas (IoMT) y Telemedicina,” Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2021.
- [15] W. Meng, Y. Cai, L. Yang, and W. Y. Chiu, “Hybrid Emotion-Aware Monitoring System Based on Brainwaves for Internet of Medical Things,” *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 21, pp. 16014–16022, 2021, doi: 10.1109/JIOT.2021.3079461.
- [16] G. P. Soto, “Bases Genéticas y Moleculares del COVID-19 (SARS-CoV-2). Mecanismos de Patogénesis y de Respuesta Inmune,” *International journal of odontostomatology*, vol. 14, no. 3, pp. 331–337, 2020, doi: 10.4067/S0718-381X2020000300331.
- [17] L. Mousavizadeh and S. Ghasemi, “Genotype and phenotype of COVID-19: Their roles in pathogenesis,” *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, vol. 54, no. 2, pp. 159–163, 2020, doi: 10.1016/j.jmii.2020.03.022.
- [18] S. Sanz Olmos, “Fiebre,” *Farmacia Profesional*, vol. 31, no. 6, pp. 18–23, Nov. 2017, [Online]. Available: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-fiebre-X0213932417620584>.
- [19] J. A. Ball, J. E. Dains, J. A. Flynn, B. S. Solommon, and R. W. Stewart, “Manual Seidel de exploración física,” in *Elsevier Health Sciences.*, Madrid, España: Elsevier, 2019, pp. 1–87.
- [20] K. D. R. Chicaiza Moncayo and G. A. Cordero Cerezo, “Desarrollo Sistema Web Para Monitoreo De Temperatura Corporal Con Dispensador Automático Gel Antibacterial Para Prevenir Contagios COVID-19 Locales Comerciales En Guayaquil Mediante El Uso De Arduino,” Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2020.
- [21] F. Suarez, A. Nozariasbmarz, D. Vashae, and M. C. Öztürk, “Designing thermoelectric generators for self-powered wearable electronics,” *Energy and Environmental Science*, vol. 9, no. 6, pp. 2099–2113, 2016, doi: 10.1039/c6ee00456c.
- [22] E. Patient Education, “How to Take Body Temperature (Adult),” *Elsevier*, 2019. <https://elsevier.health/es/preview/body-temperature-adult> (accessed Feb. 14, 2022).
- [23] C. L. T. Galvis, J. P. Carrillo, and M. C. Bola, “Peso, estatura e índice de masa corporal de niños y adolescentes de moderada altitud de Colombia,” *Archivos Argentinos de Pediatría*, vol. 116, no. 2, pp. 241–250, 2018, doi: 10.5546/aap.2018.e241.
- [24] L. E. Torres Valdez, “Índice de masa corporal (IMC) como factor de riesgo de insulinoresistencia en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad,” Universidad

Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2018.

- [25] W. Suárez Carmona and A. J. Sánchez Oliver, “Índice de masa corporal: ventajas y desventajas de su uso en la obesidad. Relación con la fuerza y la actividad física,” *Nutrición Clínica en Medicina*, vol. XII, no. 3, pp. 128–139, 2018, doi: 10.7400/NCM.2018.12.3.5067.
- [26] S. K. Chuquitaype Villegas, “Saturación de oxígeno en sangre y frecuencia cardiaca ante el entrenamiento en el personal que asiste a los gimnasios, El Agustino 2019,” Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú, 2021.
- [27] M. Briançon, “Saturación de oxígeno y Covid-19: ¿cuál es la relación?,” *Medio Digital: Valor Agregado*. <https://valoragregado.net/saturacion-de-oxigeno-y-covid-19/> (accessed Jun. 07, 2022).
- [28] D. Quezada Romero, “Diseño de una Cabina de Desinfección como Medida de Bioseguridad Frente al COVID-19,” Universidad Santo Tomás, Bogota D.C, Colombia, 2021.
- [29] D. Veloz Morales, N. Palma Pérez, and L. G. Marrero, “Bases for IoT implementation in the UCI, aimed at protecting the environment,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 13, no. 5, pp. 41–54, 2020, [Online]. Available: <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/568>.
- [30] K. Rose, S. Eldridge, and L. Chapin, “La Internet De Las Cosas— Una Breve Reseña,” USA, 2016. Accessed: Jul. 06, 2022. [Online]. Available: <https://www.internetsociety.org/es/resources/doc/2015/iot-overview/>.
- [31] D. B. Mina Vernaza, “Integración de dispositivos IoMT en una red de amplio alcance y bajo consumo,” Pontificia Universidad Católica Del Ecuador Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador, 2021.
- [32] M. Faizan Siddiqui, “IoMT Potential Impact in COVID-19: Combating a Pandemic with Innovation,” *Studies in Computational Intelligence*, vol. 923, no. 1, pp. 352–437, 2021, doi: 10.1007/978-981-15-8534-0_18.
- [33] IEEE SA, “IEEE Standard for an architectural framework for the Internet of Things (IoT),” *Proceedings of the International Instrumentation Symposium*, 2020. <https://standards.ieee.org/ieee/2413/6226/> (accessed Feb. 24, 2022).
- [34] A. H. Mohd Aman, W. H. Hassan, S. Sameen, Z. S. Attarbashi, M. Alizadeh, and L. A. Latiff, “IoMT amid COVID-19 pandemic: Application, architecture, technology, and security,” *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 174, no. October 2020, p. 102886, 2021, doi: 10.1016/j.jnca.2020.102886.
- [35] Y. V. D. Cecilia, “Arquitectura de Interoperabilidad de dispositivos Físicos para el Internet de las Cosas (IoT),” Universitat Politècnica de València, València, España, 2019.
- [36] A. Gloria, F. Cercas, and N. Souto, “Comparison of communication protocols for low

- cost Internet of Things devices,” *South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference, SEEDA-CECNSM 2017*, vol. 1, pp. 1–6, 2017, doi: 10.23919/SEEDA-CECNSM.2017.8088226.
- [37] M. Bansal, “Performance Comparison of MQTT and CoAP Protocols in Different Simulation Environments,” *Inventive Communication and Computational Technologies Proceedings of ICICCT 2020*, vol. 145, no. 1, pp. 557–569, 2021, doi: 10.1007/978-981-15-7345-3_47.
- [38] C. A. Nacipucha Nacipucha and J. J. Frías Pérez, “Diseño de un Prototipo de Control de Acceso a través de Reconocimiento Facial Mediante la Creación de un Algoritmo Basado en Software Libre Utilizando LattePanda,” Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador Sede Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2020.
- [39] G. F. Suárez Pesántez and V. D. J. Karina, “Desarrollo de un sistema de alarma domiciliaria con reconocimiento facial y alerta temprana. Caso de estudio: vivienda del Barrio Corazón de María, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay,” *Polo del Conocimiento*, vol. 6, no. 7, pp. 935–956, 2021, doi: 10.23857/pc.v6i7.2900.
- [40] J. Domínguez Chávez, “Trabajando con vistas (views) en MariaDB y/o MySQL,” *Academia*, vol. 1, pp. 1–5, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/320112201>.
- [41] S. Luján Mora, “Desarrollo de Aplicaciones Web. Práctica 9: PHP 3 (MySQL y acceso a una base de datos),” Universidad de Alicante., Alicante, España, 2021.
- [42] M. G. Vicente Teófilo, “Desarrollo de una aplicación web de análisis y consultas en una base de datos biológica,” Universidad Politécnica de València, València, España, 2017.
- [43] B. C. Gupta, *Statistical Quality Control Using MiniTab, R, JPM, And Python*, First Edit. Maine, USA: Wiley, 2021.
- [44] T. T. Allen, *Introduction to engineering statistics and lean six sigma: Statistical quality control and design of experiments and systems*, Third Edit. Columbus, USA: Springer, 2019.
- [45] J. Anotony, R. W. Hoerl, and R. D. Snee, “Lean Six Sigma: Yesterday, Today, and Tomorrow,” *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 34, no. 7, pp. 1073–1093, doi: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2016-0035>.
- [46] L. Li, L. Wu, J. Mei, and G. Wu, “Hardware circuit design and development of health care intelligent life system,” *Highlights in Science, Engineering and Technology*, vol. 7, pp. 189–194, 2022, doi: 10.54097/hset.v7i.1056.
- [47] D. A. Quiroz Mendez, “Prototipo Holter Cardíaco con Visualización en Página Web,” Universidad Católica de Colombia, Bogotá DC., Colombia, 2021.
- [48] C. A. Silva Baque, “Diseño Y Desarrollo De Un Prototipo Oxímetro Para Medir La Cantidad De Oxígeno En La Sangre Y Temperatura Corporal De Aquellos Pacientes

- Que Presenten Síntomas Respiratorios Anormales, Sospechosos Por Covid-19, Con Indicador De Alarma Por Voz Bajo Platafo,” Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2021.
- [49] J. S. S. de Melo and L. E. E. López, “Arduino Uno, Edison, Galileo Gen 2 Y Raspberry Pi 3 como tecnologías digitales para la robótica y la enseñanza de las ciencias,” *Salón Nacional de Robótica (MNR)*, pp. 54–75, 2022, doi: 10.22533/at.ed.7382202026.
- [50] G. Sabogal Cespedes, “Sistema E-HEALTH de adquisición y almacenamiento de variables fisiológicas, obtenidas de dispositivos comerciales, necesarias para predecir el nivel de insulina,” Universidad Católica de Colombia, Bogota D.C, Colombia, 2020.
- [51] G. Bustos, “¿Qué es GitHub y Cómo Usarlo?,” *Hostinger Tutoriales*, 2022. <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-github> (accessed Jul. 18, 2022).
- [52] R. K. Kodali and V. S. K. Gorantla, “Weather tracking system using MQTT and SQLite,” *Proceedings of the 2017 3rd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology*, vol. 1, pp. 205–208, 2018, doi: 10.1109/ICATCCT.2017.8389134.
- [53] G. Ramírez Valverde and B. Ramírez Valverde, “Programa estadístico R , Herramienta clave en el análisis y visualización de datos,” *Agro Divulgación*, vol. 1, Estado de México, pp. 2–6, Apr. 2022.
- [54] D. Ramírez Lobo and E. Pizarro Carrillo, “R-Commander para la enseñanza de la Estadística en Educación Diversificada,” *Memorias del VII Encuentro Provincial de Educación Matemática*, vol. 1, Costa Rica, pp. 1–3, 2019.
- [55] Redacción Sociedad, “La estatura de los ecuatorianos se incrementó en cuatro décadas,” *El Telégrafo*, 2017. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/la-estatura-de-los-ecuatorianos-se-incremento-en-cuatro-decadas> (accessed Jul. 07, 2022).
- [56] R. Singh, A. Gehlot, V. Jain, and P. Kumar Malik, *Handbook of Research on the Internet of Things Applications in Robotics and Automation*, First Edit., vol. I. Italy: IGI Global book, 2020.
- [57] D. Selvamuthu and D. Das, *Introduction to Statistical Methods, Design of Experiments and Statistical Quality Control*, First Edit. Auckland, New Zealand: Springer, 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Cartas de Apoyo y financiamiento de Instituciones y Organizaciones

- Carta de apoyo y financiamiento de la Unidad Educativa Intercultural Bilingüe Oswaldo Guayasamín.



- Carta de apoyo y financiamiento de la Fundación EcoSur Ecuador.



la red para el hábitat económico y ecológico
Riobamba, 18 de febrero de 2022.

A la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Chimborazo.

De nuestra mayor consideración:

Por este medio damos a conocer nuestro apoyo total y su respectivo financiamiento, basado en el convenio que nuestra institución mantiene con la UNACH, para el desarrollo del trabajo de investigación titulado "IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA SANITIZANTE CON TECNOLOGÍA IOMT PARA MEDIR TEMPERATURA, O₂SAT E IMC, EN LA UEIB OSWALDO GUAYASAMÍN (COLTA-CHIMBORAZO)." que el Dr. Marlon Basantes Valverde, Ph. D y sus estudiantes egresados Romero Morán Paúl Ramiro y Yautibug Apugllón Daniel Patricio, desarrollarán como proyecto de tesis de grado para la obtención del título de Ingenieros en Electrónica y Telecomunicaciones.

Con el firme compromiso de desarrollar estas actividades de Investigación, en cooperación mutua en el marco ético y de acuerdo con lo establecido en el convenio entre nuestras Instituciones, informamos que dicha investigación es de gran importancia y forma de los ejes transversales dentro de los Proyectos que nuestra Institución desarrolla en Cooperación con Entidades Nacionales e Internacionales con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables que habitan en zonas que reciben poca o nula atención de nuestra sociedad.

El Dr. Basantes Valverde y sus estudiantes quedan comprometidos a cumplir con los objetivos planteados en su trabajo de investigación y los resultados obtenidos serán debidamente socializados entre todas las Instituciones que formamos parte de este Proyecto.

Somos conscientes de que la colaboración entre instituciones es vital para el avance científico y tecnológico de nuestro país, por lo que reiteramos nuestro total compromiso de seguir colaborando con ustedes en el desarrollo sostenible de estos proyectos sociales.

ATENTAMENTE

Ing. Diego Coloma
DIRECTOR EJECUTIVO FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR

c/c al Archivo ECOSUR

Fundación EcoSur Ecuador

Anexo 2. Presupuesto del trabajo Investigativo.

El presupuesto del proyecto Investigativo está dividido en dos partes, la primera parte del presupuesto se muestra en la Tabla 28 y fue designado para la construcción de la Cabina IoMT y el segundo presupuesto que se visualiza en la Tabla 29, se designó para la construcción de la Cabina Sanitizante.

- **Presupuesto 1:** Construcción de la Cabina con Tecnología IoMT

Tabla 28 Presupuesto de la Cabina con Tecnología IoMT

Fuente: Autores

Presupuesto de la Cabina IoMT					
ID	Cant.	P. Unitario	P. Total	Material	Descripción
Materiales: Implementación del Módulo - Temperatura					
1	1	\$15.00	\$15.00	Módulo MLX90614	Sensor de Temperatura Corporal
2	1	\$2.50	\$2.50	Módulo HC - SR04	Sensor de Distancia
3	1	\$20.00	\$20.00	Tira Led RGB	Indicador Luz RGB - Dis. 5m, 12v
4	1	\$4.00	\$4.00	Módulo Relé	Interruptor mecánico 5v de 2 canales
5	1	\$0.60	\$0.60	Buzzer	Zumbador Activo 5v
6	2	\$0.15	\$0.30	Led: 1 Rojo, 1Azul	Diodos Leds 5mm - bajo brillo
7	2	\$0.05	\$0.10	Resistencias 330 ohm	1/2 watt
Materiales: Implementación del Módulo - Peso					
8	1	\$150.00	\$150.00	Báscula 400kg	Celda de Carga 400kg y Estructura
9	1	\$4.50	\$4.50	Módulo HX711	Transmisor para celdas de carga
10	1	\$2.50	\$2.50	Módulo HC - SR04	Sensor de Distancia
11	1	\$0.60	\$0.60	Buzzer	Zumbador Activo 5v
12	2	\$0.15	\$0.30	Led: 1 Rojo, 1Azul	Diodos Leds 5mm - bajo brillo
13	2	\$0.05	\$0.10	Resistencias 330 ohm	1/2 watt
Materiales: Implementación del Módulo -Estatura					
14	1	\$2.50	\$2.50	Módulo HC - SR04	Sensor de Distancia
15	1	\$0.60	\$0.60	Buzzer	Zumbador Activo 5v
16	2	\$0.15	\$0.30	Led: 1 Rojo, 1Azul	Diodos Leds 5mm - bajo brillo
17	2	\$0.05	\$0.10	Resistencias 330 ohm	1/2 watt
Materiales: Implementación del Módulo -Oximetria					
18	1	\$12.00	\$12.00	Módulo MAX 30100	Sensor de Frecuencia Cardiaca y O2Sat
19	1	\$2.50	\$2.50	Módulo HC - SR04	Sensor de Distancia
20	3	\$0.15	\$0.45	Led: 1 Rojo, 1Azul, 1Verde	Diodos Leds 5mm - bajo brillo
21	3	\$0.05	\$0.15	Resistencias 330 ohm	1/2 watt
22	1	\$0.60	\$0.60	Buzzer	Zumbador Activo 5v
23	1	\$12.00	\$12.00	Arduino Nano	Atmega 328P
Materiales: Implementación del Reconocimiento Facial					
24	1	\$180.00	\$180.00	Raspberry Pi 4 Model B	Ram: 4gb,
25	1	\$30.00	\$30.00	Camara OV5647	5MPX - Sensor Ajustable
26	1	\$125.00	\$125.00	Pantalla Touch Raspberry Pi4	7 Pulgadas 1024x600 con case
Materiales: Implementación del Control y Visualización					
27	1	\$25.00	\$25.00	Arduino Mega	Atmega 2560 R3
28	5	\$3.50	\$17.50	Módulo TM1637	Display 4 Dígitos 4 Bits
29	5	\$0.15	\$0.75	Led: Verde	Diodos Leds 5mm - bajo brillo
30	5	\$0.05	\$0.25	Resistencias 330 ohm	1/2 watt
31	1	\$15.00	\$15.00	Fuente Conmutada	5 voltios a 5 amperios
32	1	\$5.00	\$5.00	Corta Pico	6 salidas a 110v
33	1	\$15.00	\$15.00	Dispensador de Alcohol	Automatico, capacidad 700ml a 6v
Materiales: Implementación de la Estructura para Cabina					
34	1	\$160.00	\$160.00	Estructura de acero Inoxidable	Dimencion: 1.20mx30cmx10cm
35	1	\$5.00	\$5.00	Plancha de Madera	Dimencion: 1.00mx25cmx2cm
36	1	\$10.00	\$10.00	Case módulo de Temperatura	Impresión 3D
37	1	\$10.00	\$10.00	Case módulo de Estatura	Impresión 3D
38	1	\$10.00	\$10.00	Case módulo de Peso	Impresión 3D
39	1	\$10.00	\$10.00	Case módulo de Oxímetro	Impresión 3D
Materiales: Implementación de componentes adicionales para la Construcción					
40	1	\$12.00	\$12.00	Cable Ethernet	20 metros
41	1	\$8.00	\$8.00	Cables N-14	10 metros - AWG - AC
42	1	\$15.00	\$15.00	Estaño + Acido+Acetato+Brocas	Kit para Crear la Placa de Control
43	1	\$20.00	\$20.00	Componentes (Res.+Cap.)	Componentes Electrónicos
44	2	\$10.00	\$20.00	Baquelita PCB doble Cara A4	Base para Comp. Elec.
45	1	\$10.00	\$10.00	Cable de 10 Hilos	10 metros N° 16
46	1	\$20.00	\$20.00	Juego de tornillos para máquina	M2, M3, M4 e Industriales
47	1	\$20.00	\$20.00	Switch+Pulsadores+Conectores	Pulsadores de Control
48	1	\$20.00	\$20.00	Conectores Molex Hembra - Macho	Pines 2,4,6,8,12
49	8	\$2.00	\$16.00	Conectores RJ45 Hembra	para PCB
50	10	\$0.60	\$6.00	Conectores RJ45 Macho	para cable
51	2	\$5.00	\$10.00	Regulador de Voltage (6v y12v)	Regulador de 110v a :6Volt.y 12volt.
52	1	\$5.00	\$5.00	Plancha de Acrílico	Dimenciones:16cmx6cmx0.5cm
53	4	\$2.00	\$8.00	Tornillos de Acero	Con Tuerca, Arandela de Presion
53	1	\$2.00	\$2.00	Etiquetas	Etiquetas adhesivas de papel
Total			\$1,042.20		

- **Presupuesto 2:** Construcción de la Cabina Sanitizante

Tabla 29 Presupuesto de la Cabina Sanitizante

Fuente: Autores

Presupuesto de la Cabina Sanitizante					
ID	Cant.	P. Unitario	P. Total	Material	Descripción
1	1	\$85.00	\$85.00	Plancha de Policarbonato	BMM (2,10*11,80)
2	4	\$2.25	\$9.00	Plástico de Mica	30 MM
3	5	\$1.00	\$5.00	Angulos Galvanizado	40*3MTS
4	1	\$2.50	\$2.50	Caja de Tornillos	PUN/Broca 1x8 Cabeza Ancha
5	1	\$4.11	\$4.11	Silicona Transparente	Abro 1200
6	1	\$8.40	\$8.40	Balde	20ltrs Comercial
7	1	\$80.00	\$80.00	kit Nebulizador Sanitizante	De 6 Boquillas
8	1	\$78.00	\$78.00	Plancha de Aluminio	Alum 1,5 MM
9	5	\$16.94	\$84.70	Tubo HG	1X1,5 MM
10	2	\$2.50	\$5.00	Suelda	Aga LB
11	1	\$12.00	\$12.00	Arduino Nano	Atmega 328P
12	1	\$17.00	\$17.00	Módulo JSN-SR04t	Sensor de Distancia Impermeable
13	1	\$4.50	\$4.50	Módulo Relé	De 5V - 2 Canales
14	1	\$4.50	\$4.50	Conectores de Corriente DC	Hembra - Macho
15	1	\$5.00	\$5.50	Cargador de Voltage	5 Voltios
16	1	\$2.50	\$2.50	Cable arduino	Longitud 1,80 mts
17	1	\$1.10	\$1.10	Canaleta	1 tira
18	1	\$7.00	\$7.00	Caja de Control	Metálica
19	1	\$2.00	\$2.00	Cinta doble Faz	1metro
20	1	\$2.00	\$2.00	Juego de Cables	Hembra y macho
21	2	\$1.00	\$2.00	Tubo de luz	De 1/2 Rival Pesado
22	3	\$0.25	\$0.75	Codos de luz	De 1/2
Total			\$422.56		

- **Presupuesto Total:** Presupuesto final para la construcción de la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT

Tabla 30 Presupuesto Total del Proyecto de Investigación

Fuente: Autores

Presupuesto de la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT	
Cabina IoMT	\$1,042.20
Cabina Sanitizante	\$422.56
Total	\$1,464.76

Anexo 3. Planos de la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT.

La cabina inteligente que se muestra en la siguiente ilustración fue diseñada y ensamblada en el software de modelado 3D Autodesk Inventor 2020. El diseño de la cabina inteligente se divide en dos diseños, como son: Cabina de Desinfección y Cabina con Tecnología IoMT. Cada diseño realizado es independiente del uno con el otro.



Ilustración 47 Diseño 3D de la Cabina Inteligente – Vista: Frontal e isométrica.
Fuente: Autores

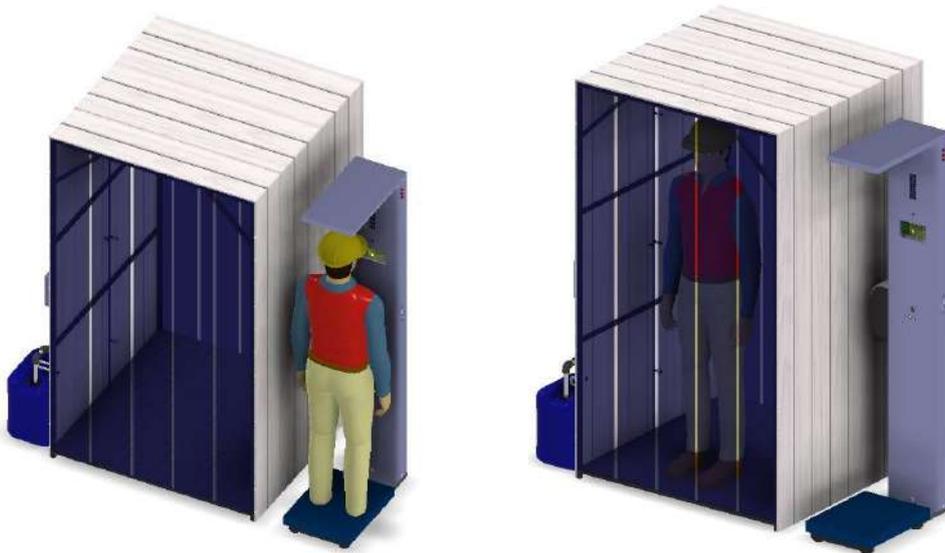


Ilustración 48 Diseño 3D de la Cabina Inteligente – Vista: isométrica.
Fuente: Autores

A continuación, se detallan los planos principales de: diseño, conjunto y montaje de la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT. Cada plano fue elaborado el software de modelado 3D Autodesk Inventor 2020.

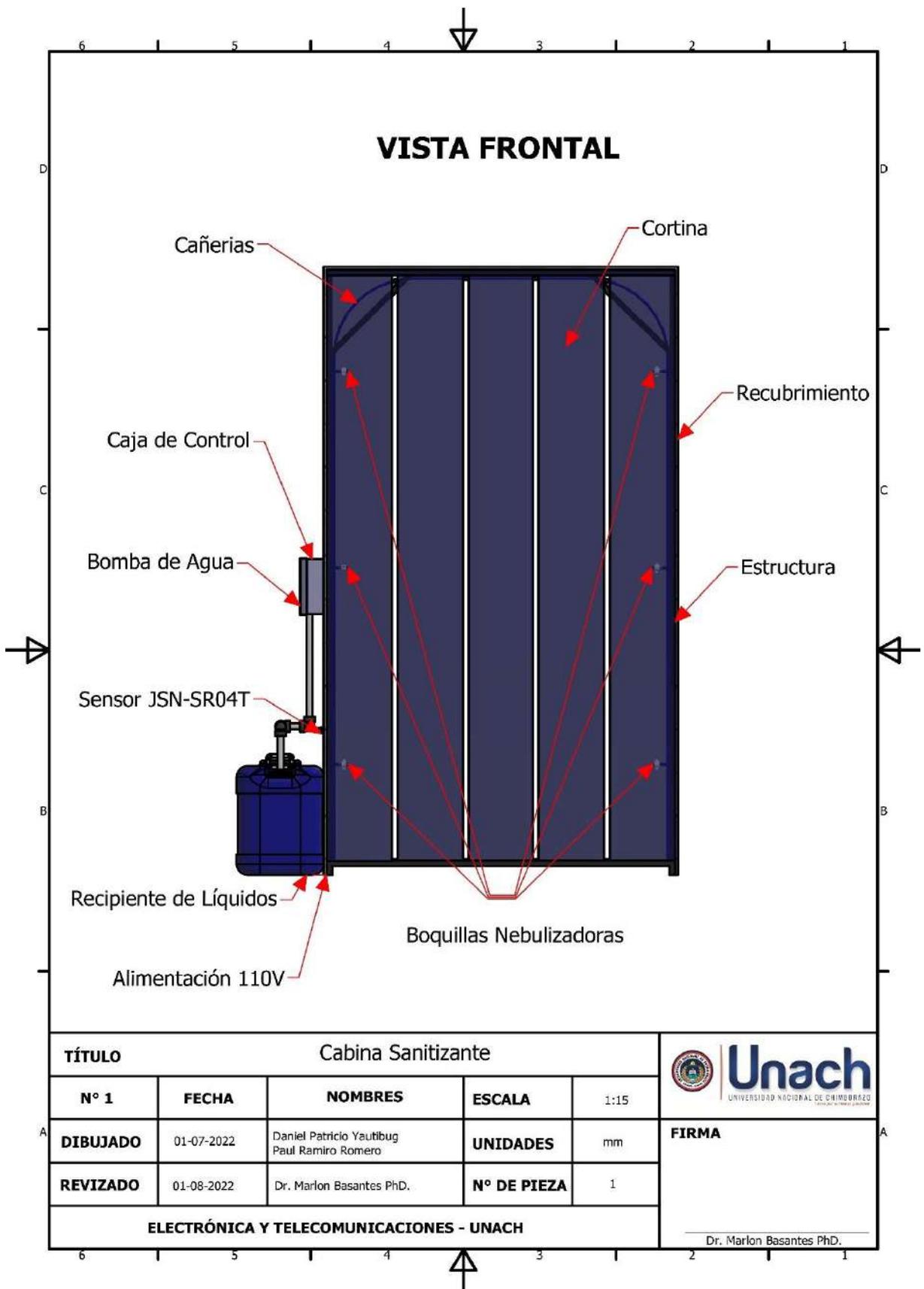
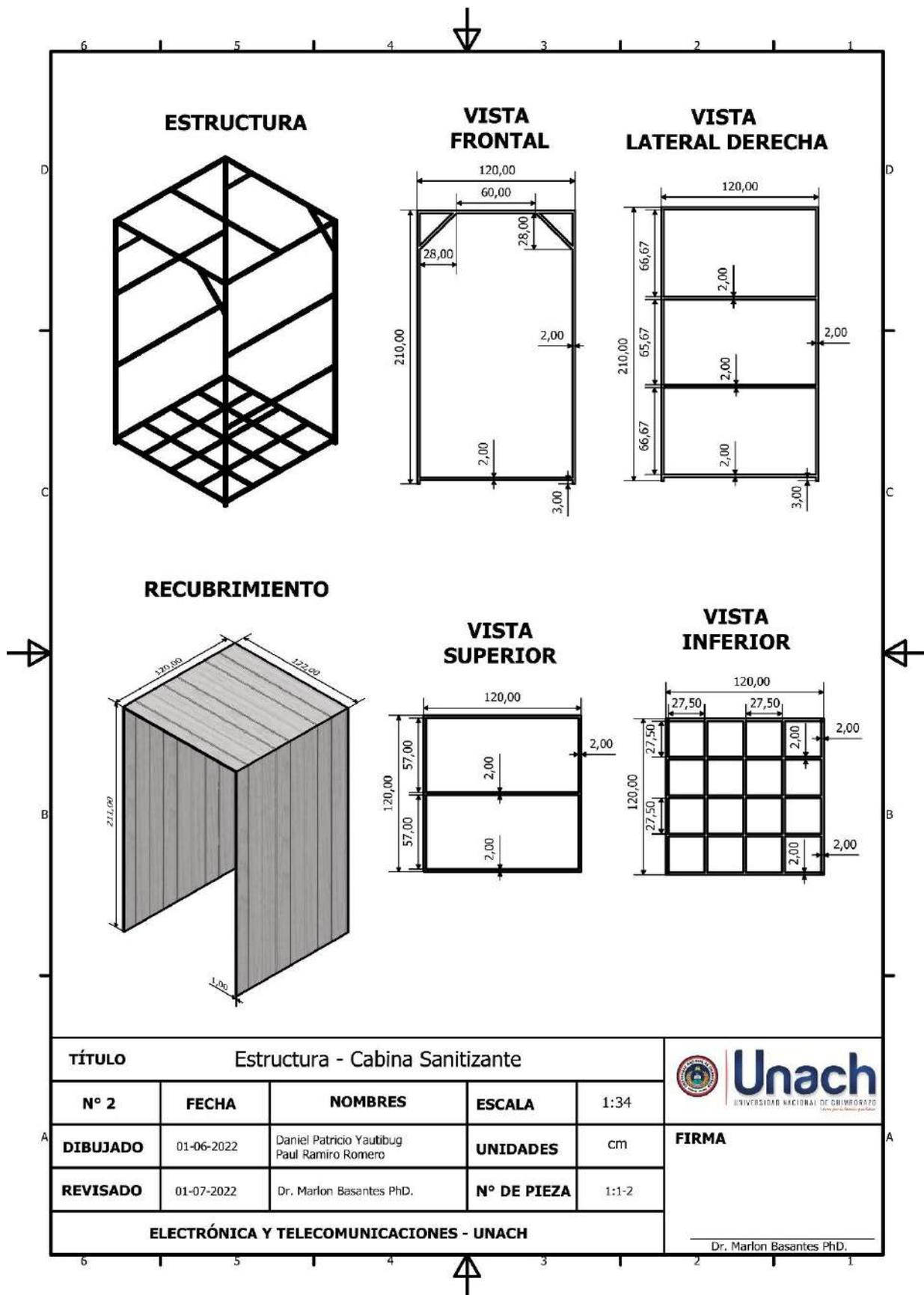
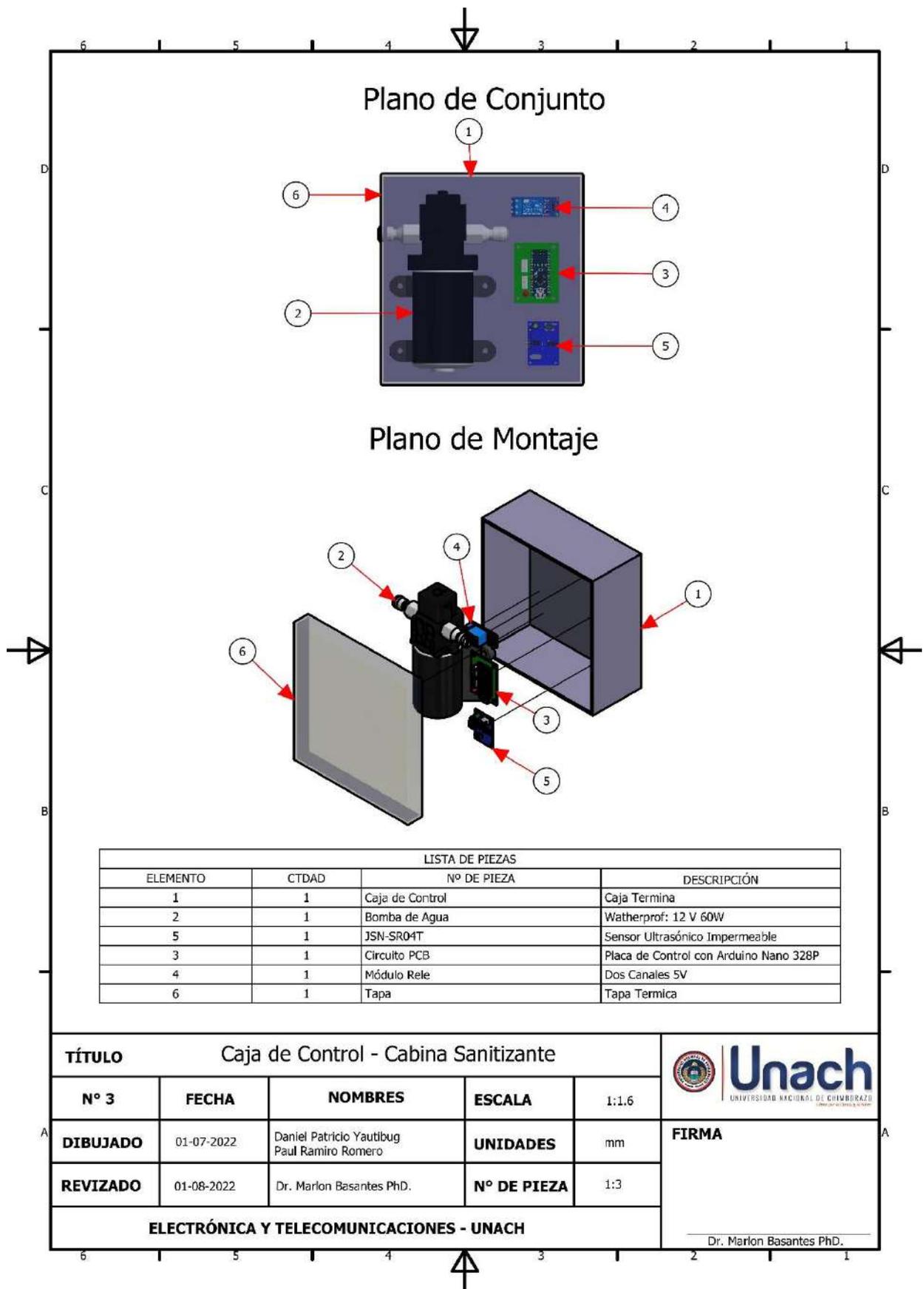


Ilustración 49 Diseño 3D de la Cabina Sanitizante.
Fuente: Autores



*Ilustración 50 Plano de diseño de la Cabina Sanitizante.
Fuente: Autores*



*Ilustración 51 Plano de conjunto y de montaje de la Caja de Control.
Fuente: Autores*

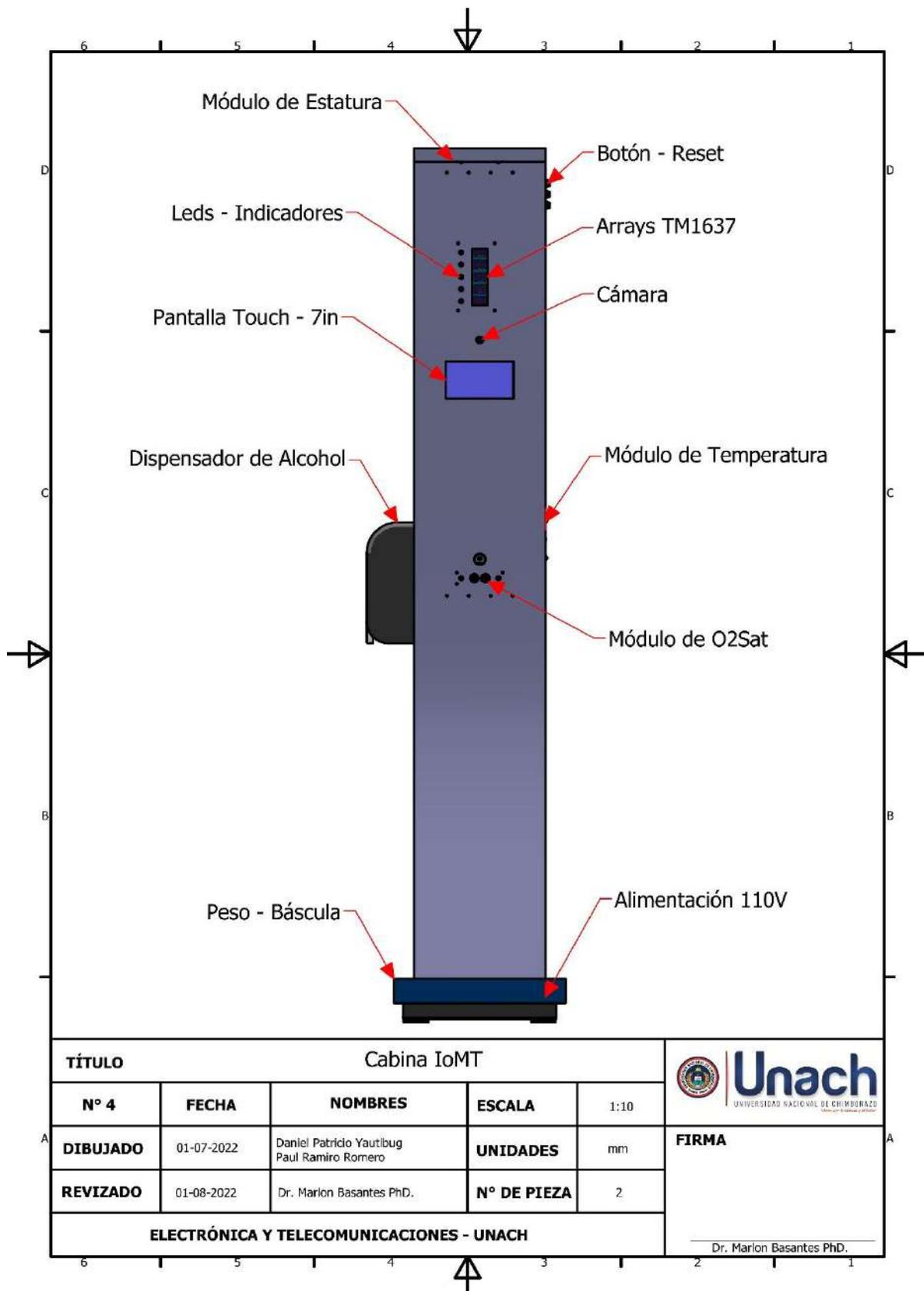


Ilustración 52 Diseño 3D de la Cabina con tecnología IoMT.

Fuente: Autores

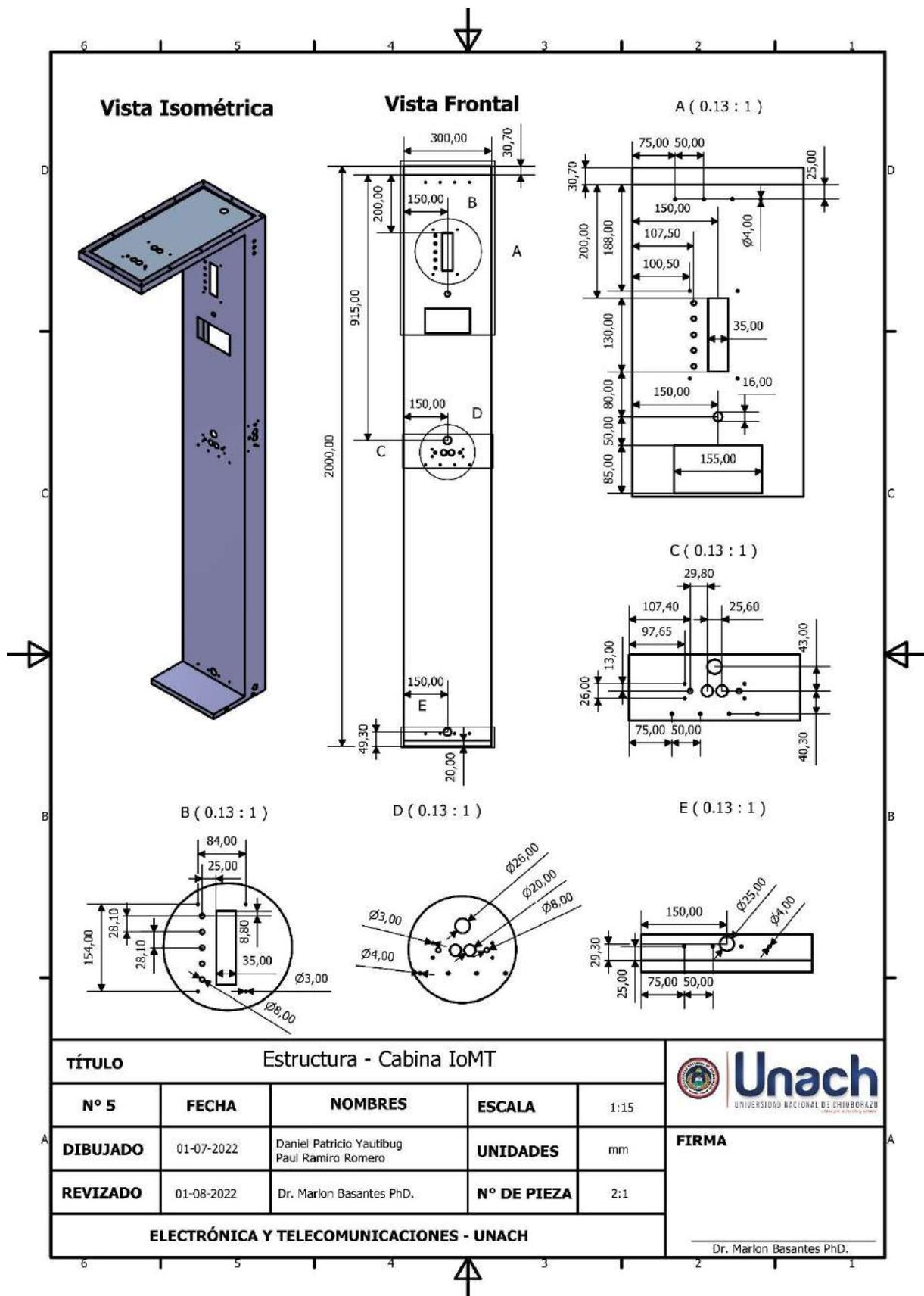


Ilustración 53 Plano de diseño 1 de la Cabina con tecnología IoMT.

Fuente: Autores

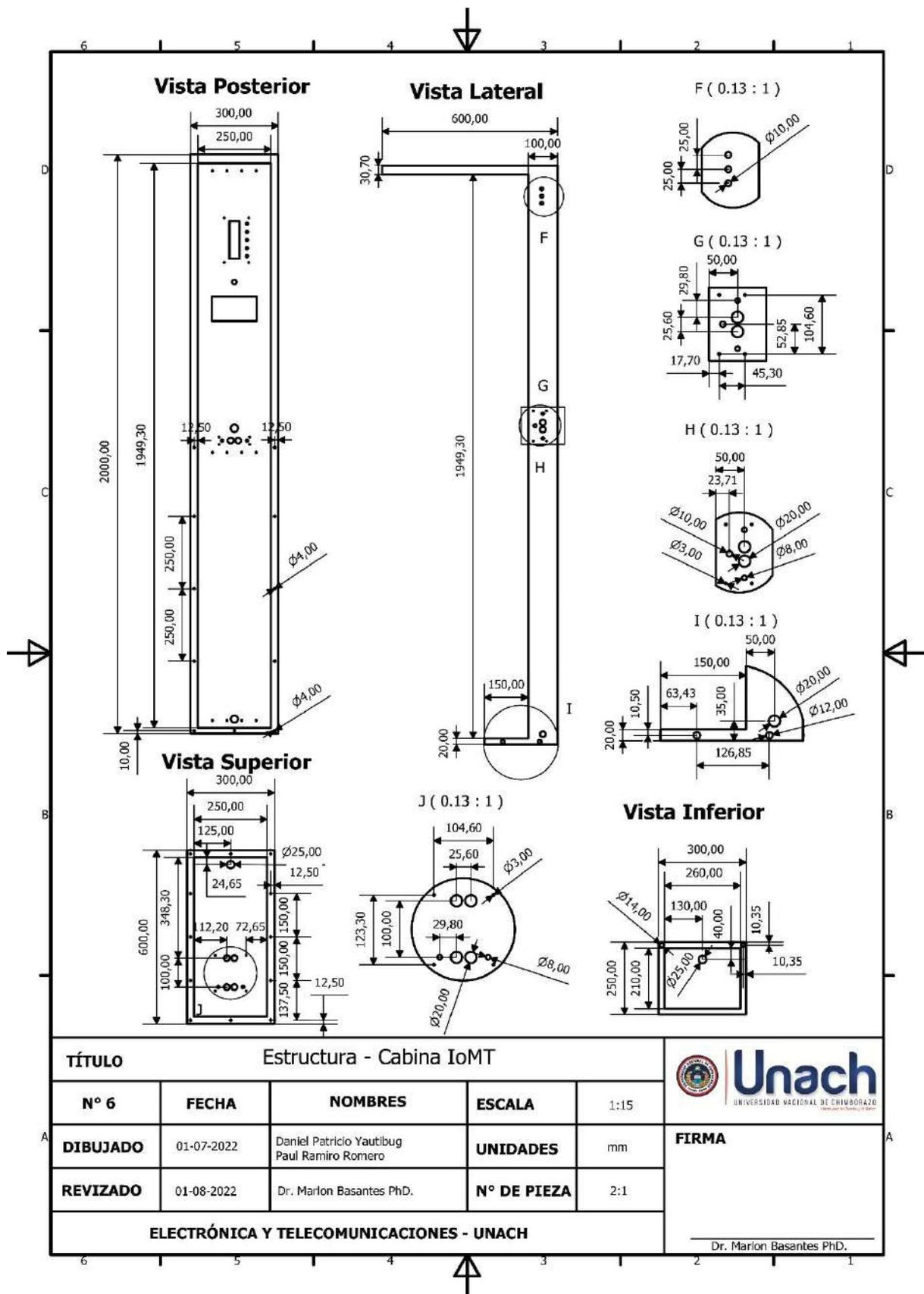


Ilustración 54 Plano de diseño 2 de la Cabina con tecnología IoMT.

Fuente: Autores

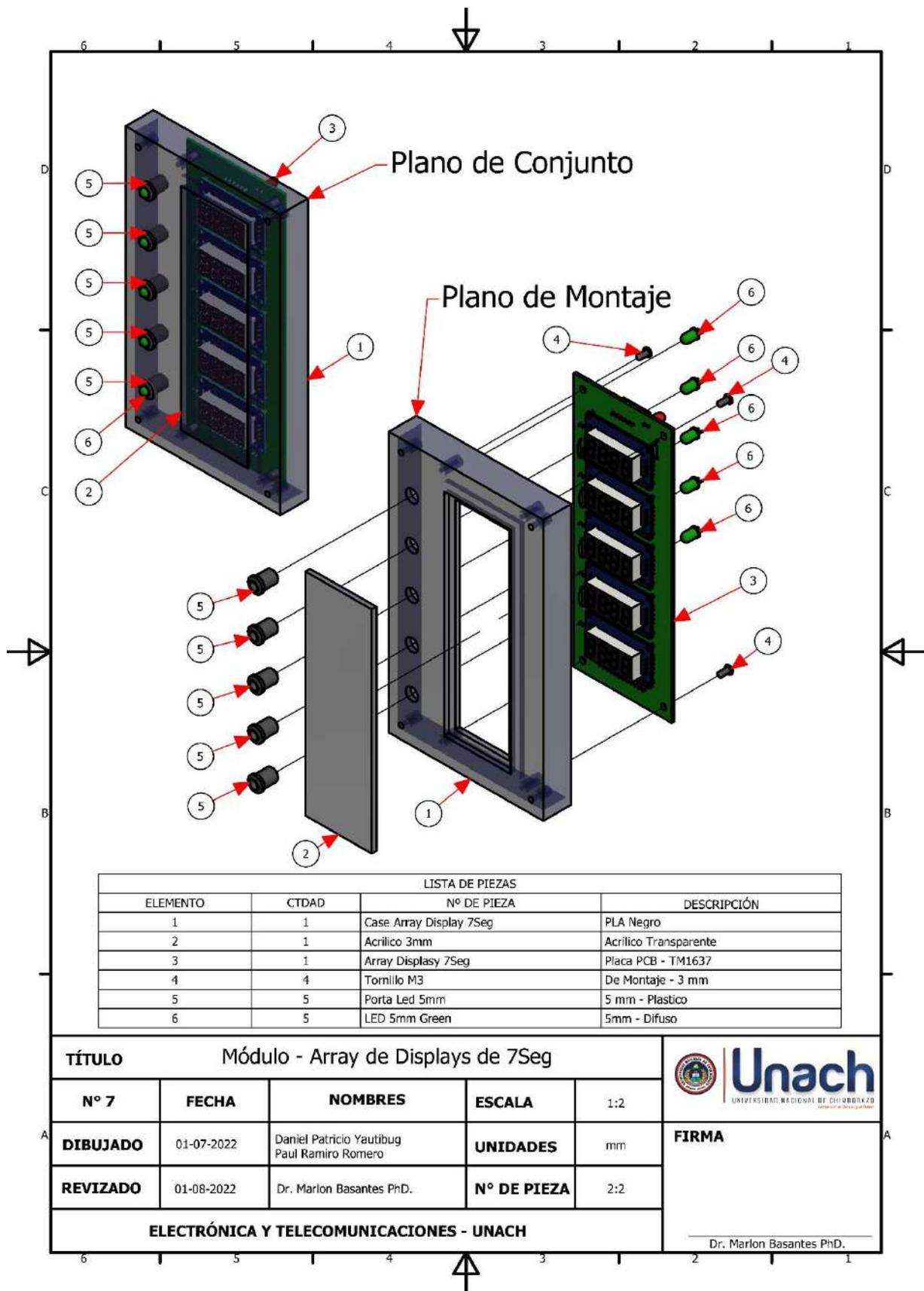
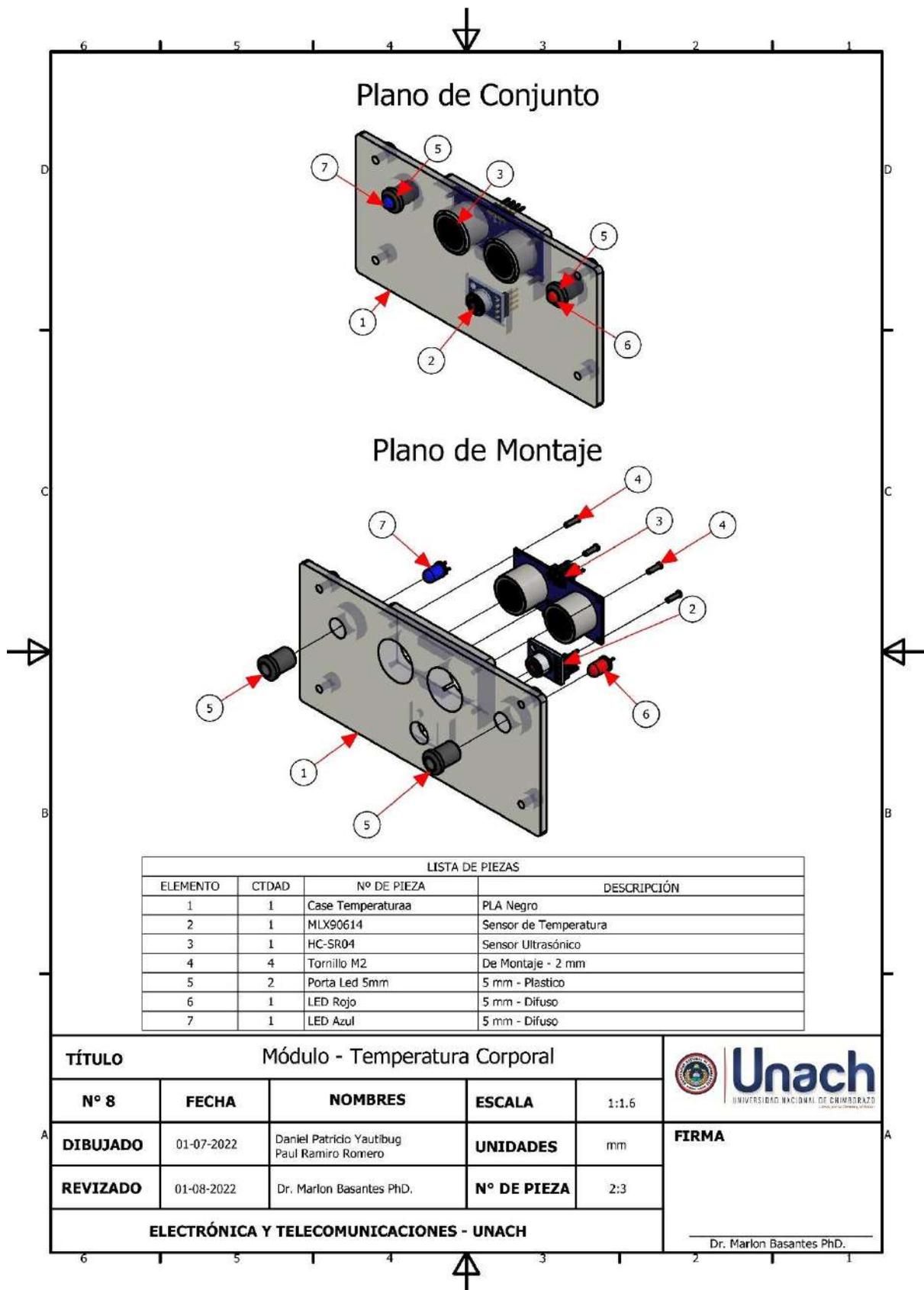
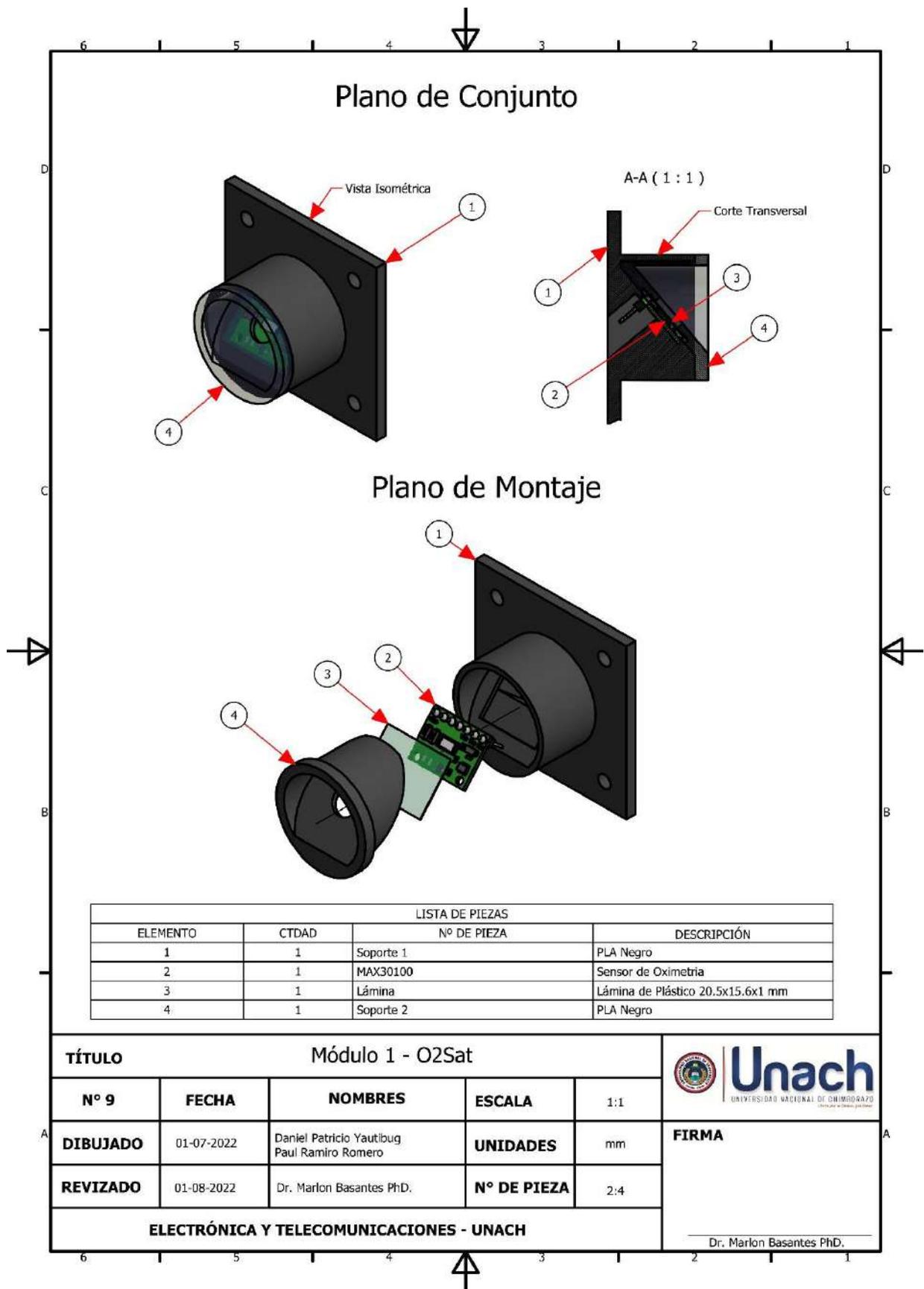


Ilustración 55 Plano de conjunto y de montaje del Arrays de TM1637

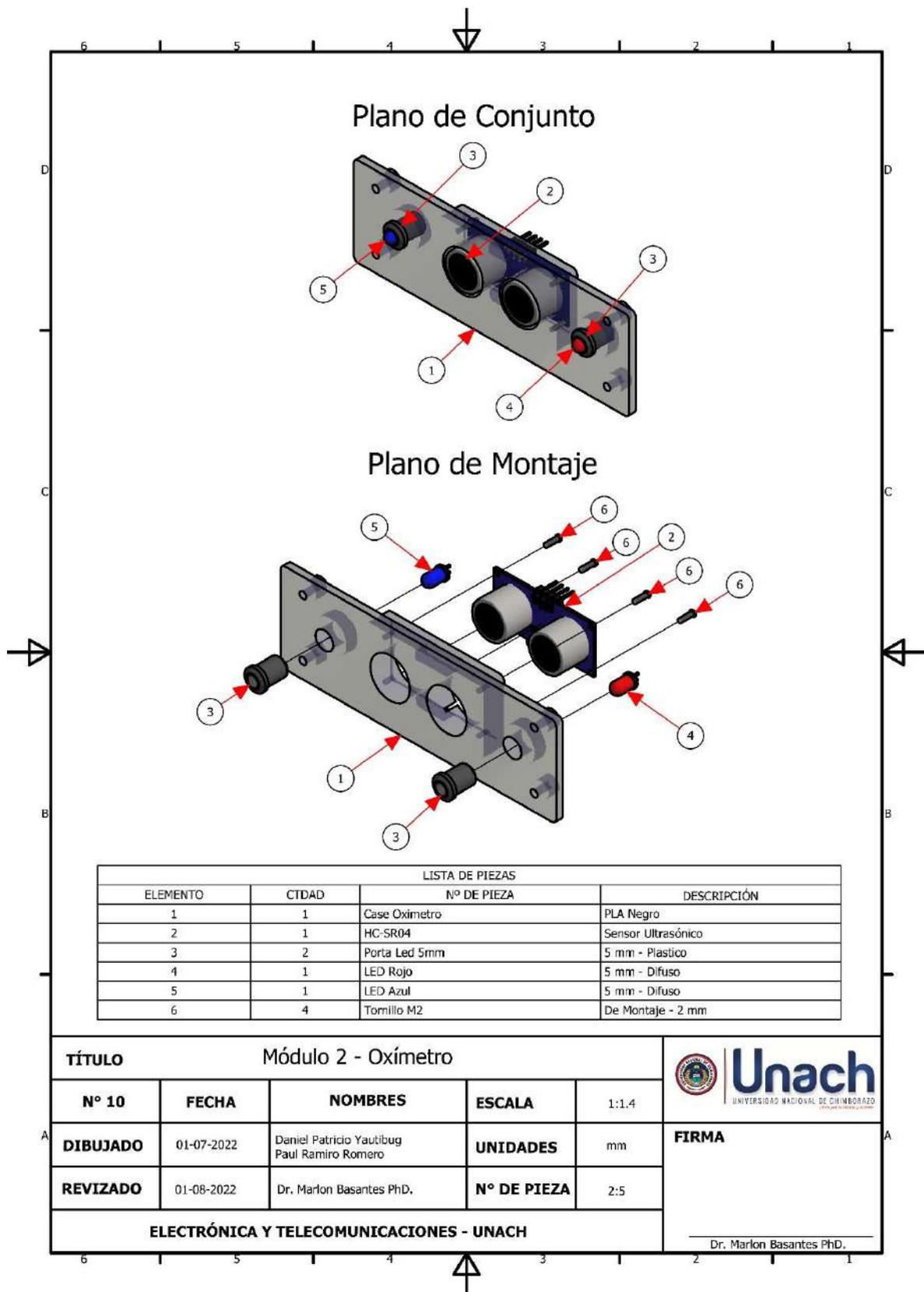
Fuente: Autores



*Ilustración 56 Plano de conjunto y de montaje del Módulo de TC.
Fuente: Autores*



*Ilustración 57 Plano de conjunto y de montaje 1 del Módulo de O₂Sat.
Fuente: Autores*



*Ilustración 58 Plano de conjunto y de montaje 2 del Módulo de O₂Sat.
Fuente: Autores*

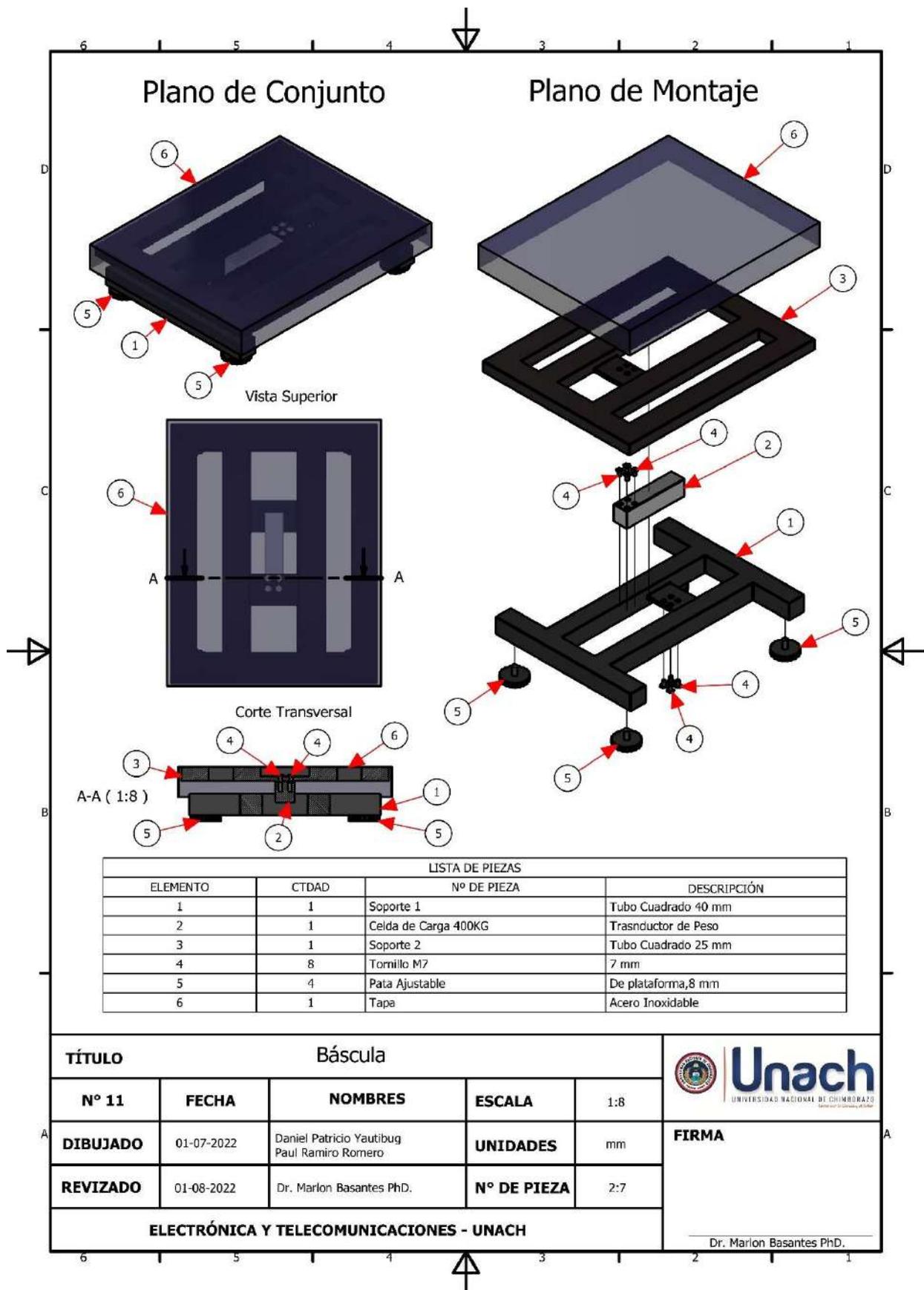


Ilustración 59 Plano de conjunto y de montaje de la Báscula
Fuente: Autores

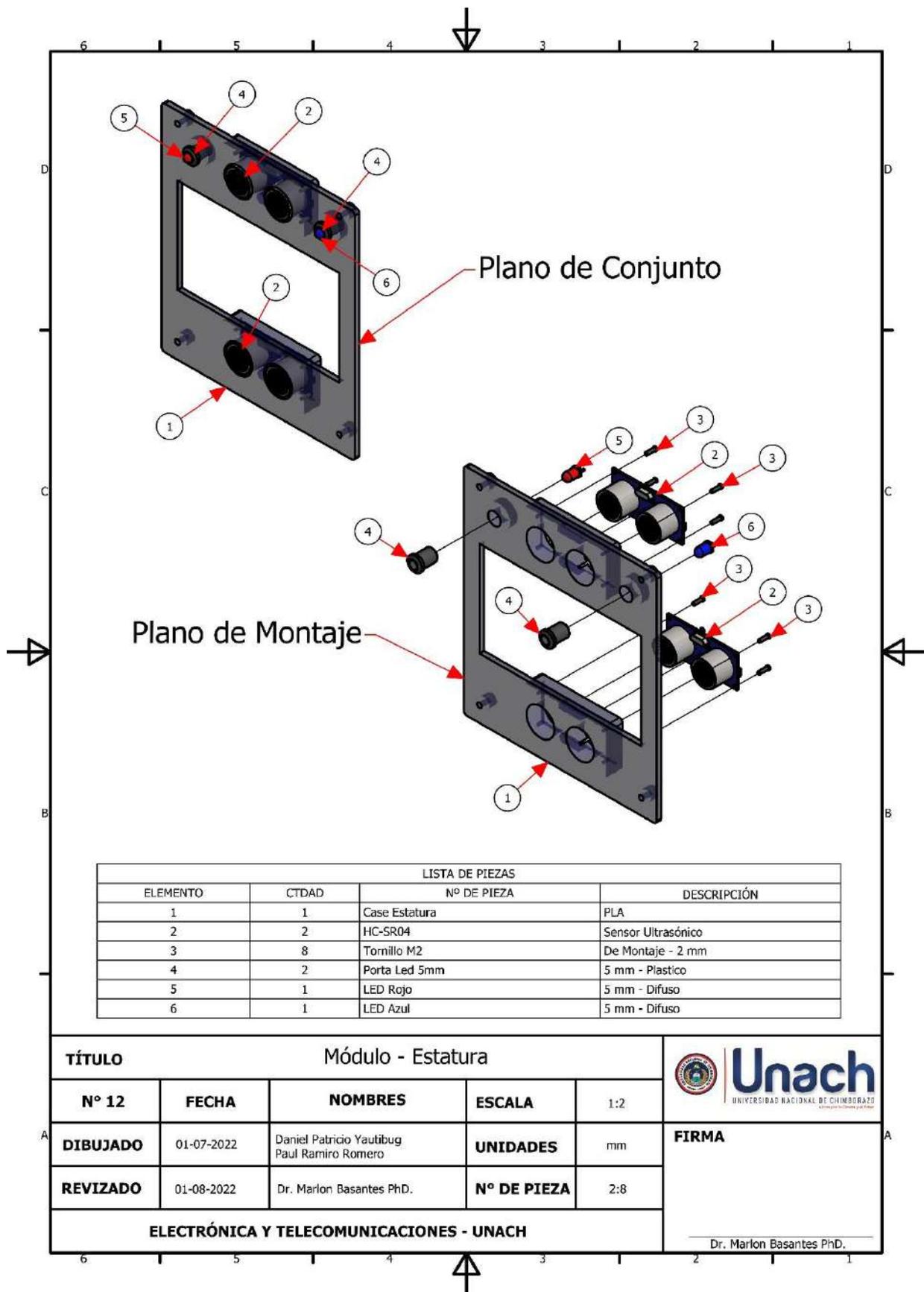


Ilustración 60 Plano de conjunto y de montaje del Módulo de Estatura
Fuente: Autores

Anexo 4. Módulos que incorporan la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT

Los módulos electrónicos que incorpora la cabina inteligente (Capa Dispositivos - IoMT) fueron diseñados en el software de automatización de diseño electrónico “Fritzing 0.9.10”. En este apartado se puede visualizar los sensores y actuadores que conforman cada módulo. A continuación, se detallan los módulos diseñados para la cabina inteligente.

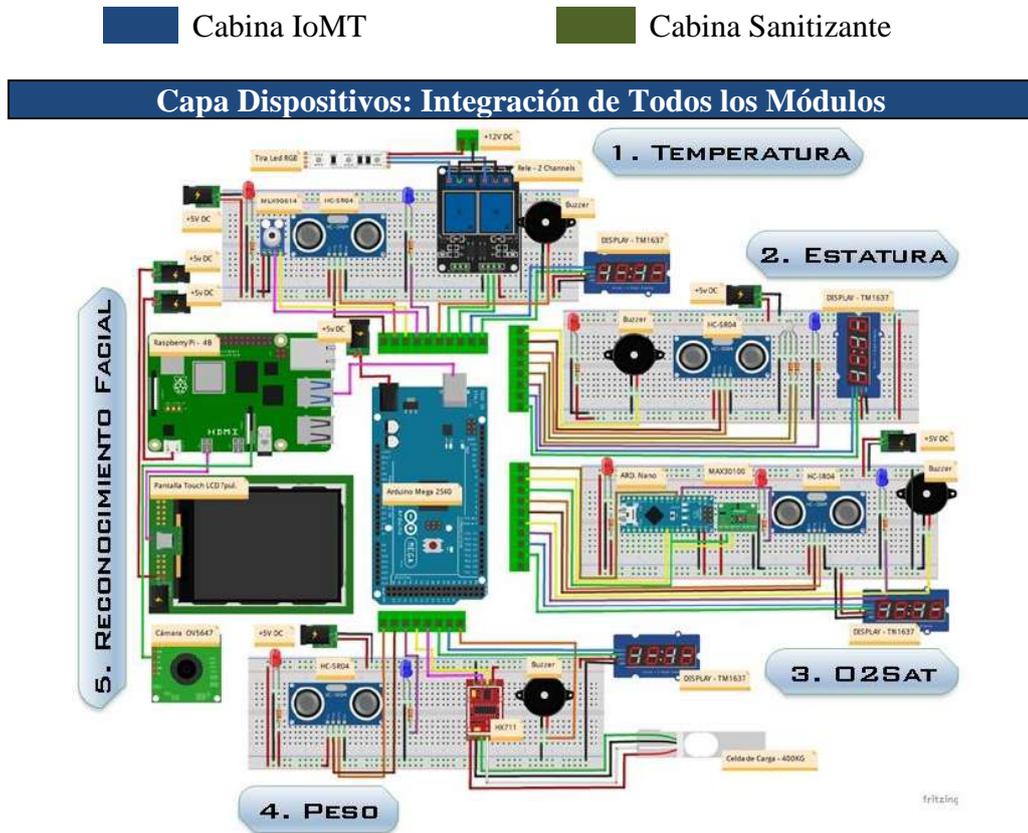


Ilustración 61 Circuito electrónico de la de la Cabina IoMT
Fuente: Autores

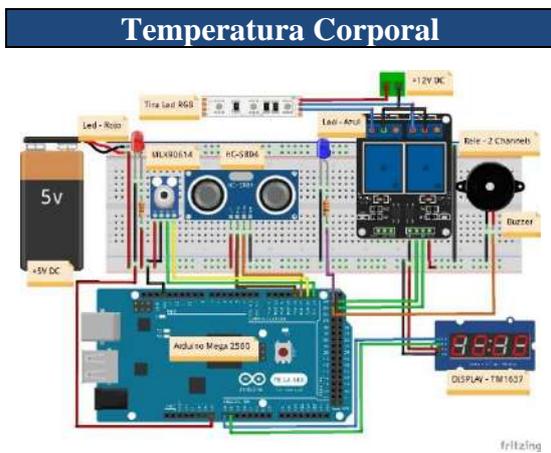


Ilustración 62 Módulo de Temperatura
Fuente: Autores

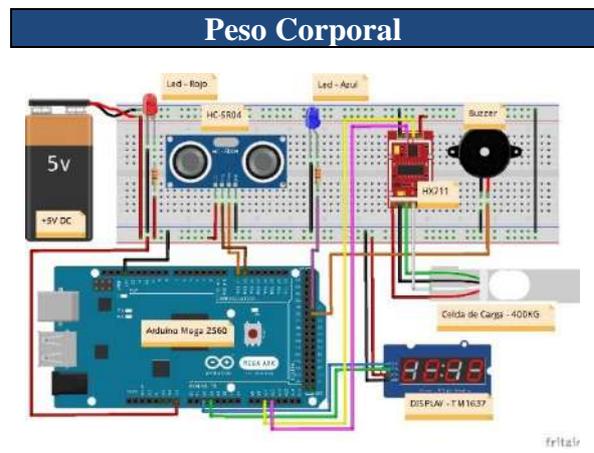


Ilustración 63 Módulo de Peso
Fuente: Autores

Estatura

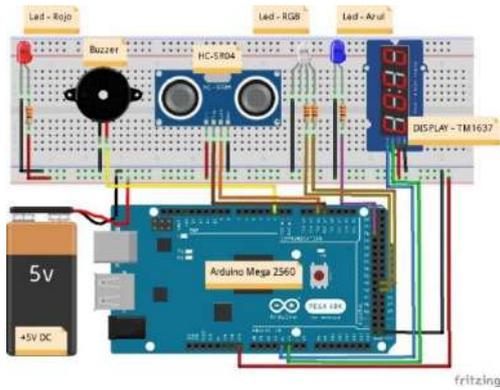


Ilustración 64 Módulo de Estatura
Fuente: Autores

O₂Sat

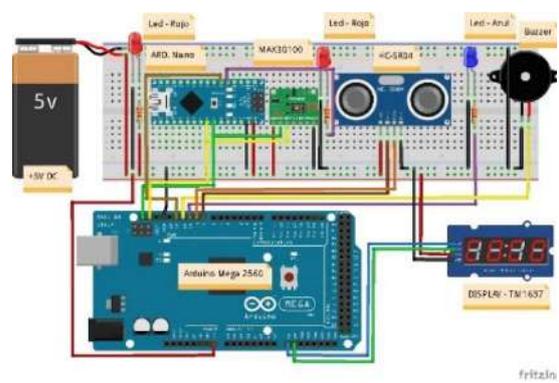


Ilustración 65 Módulo del O₂Sat
Fuente: Autores

Reconocimiento Facial

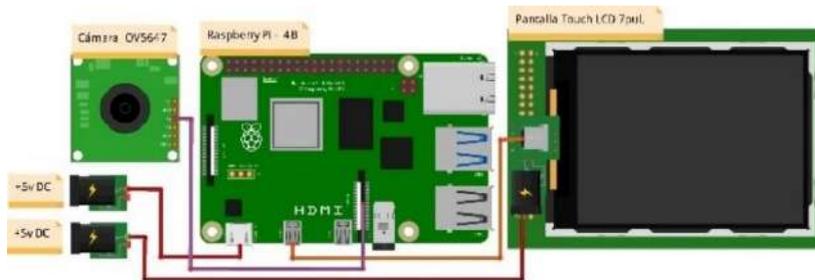


Ilustración 66 Sistema Electrónico del Reconocimiento Facial
Fuente: Autores

Sistema de Automatización – Cabina Sanitizante

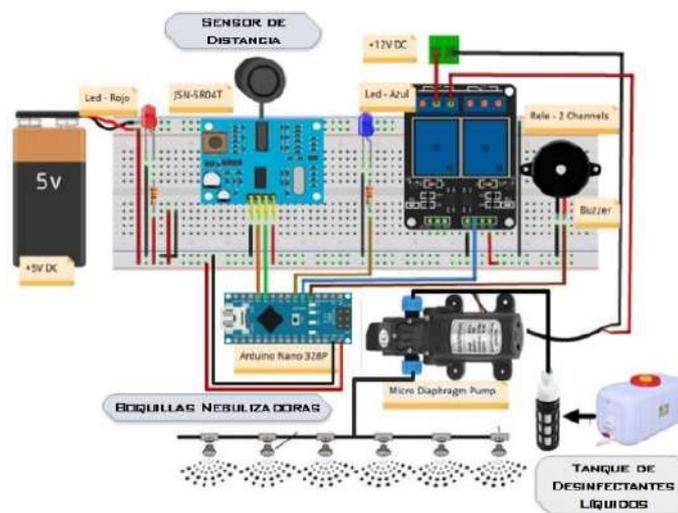


Ilustración 67 Sistema Electrónico de la Cabina Sanitizante
Fuente: Autores

Anexo 5. Diagrama de conexiones para el circuito electrónico de la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT.

Las placas del circuito impreso (PCB) para la Cabina sanitizante con tecnología IoMT se diseñaron en el Software de diseño electrónico Proteus 8.12. Se diseñaron 6 circuitos PCB, que son distribuidos estratégicamente en la Cabina IoMT, la estructura general de todo el circuito esta basada en la topología estrella, es decir, el circuito electronico de la Ilustración 68, es el nodo central de toda la topología, los demas circuitos seran los nodos secundarios que conforman dicha topologia mencionada. A continuación, se muestran los circuitos PCB diseñados.

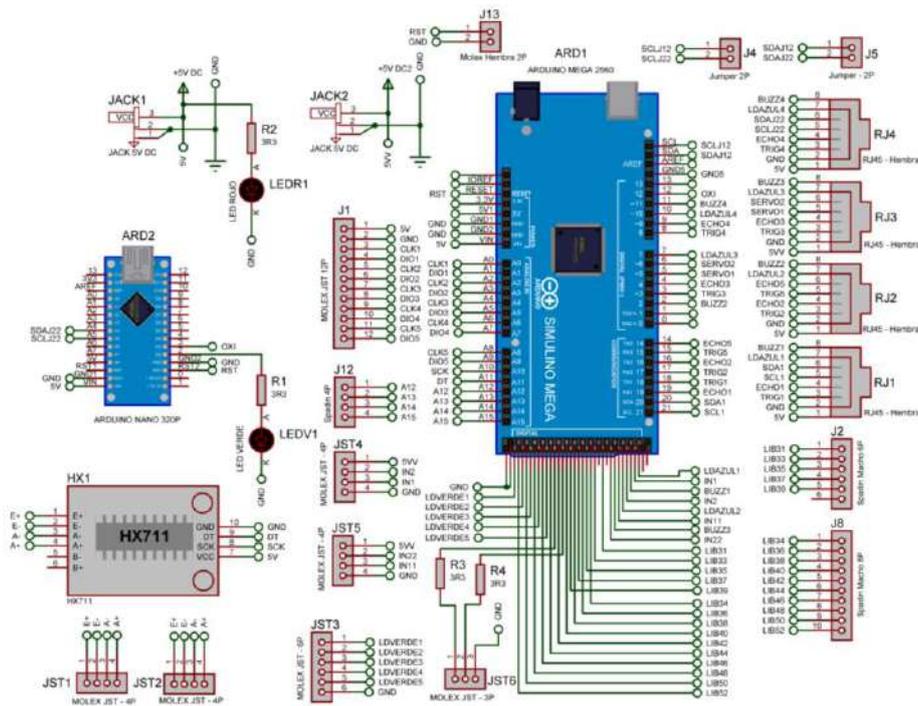


Ilustración 68 Circuito electrónico del Control Principal de la Cabina IoMT
Fuente: Autores

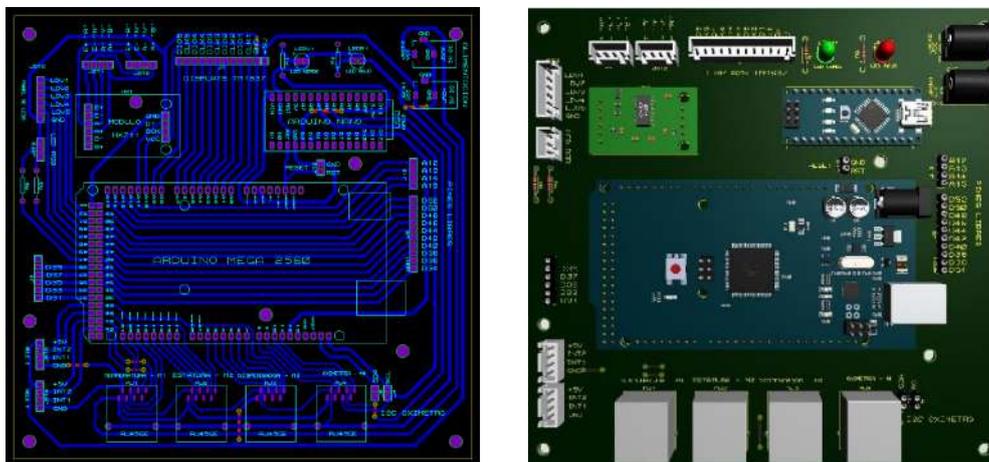


Ilustración 69 PCB y diseño 3D del Control Principal de la Cabina IoMT
Fuente: Autores

En la mayoría de los circuitos PCB diseñados, se utilizaron conectores Molex JST (hembra y macho) de 2,4,6,8 y 12 pines. Los conectores Molex nos facilita conectar y desconectar los diferentes componentes electrónicos que estén conectados a ella, además, estos conectores facilitan la distribución de los componentes electrónicos en la cabina. Los circuitos impresos PCB fueron implementados en placas denominadas FR4 o Fibra de Vidrio PCB. Para conectar los módulos de TC, Estatura y O₂Sat al módulo central se utilizaron conectores RJ45 Hembra para los circuitos PCB y cable Ethernet para unir dichos PCB.

Cabina IoMT

Cabina Sanitizante

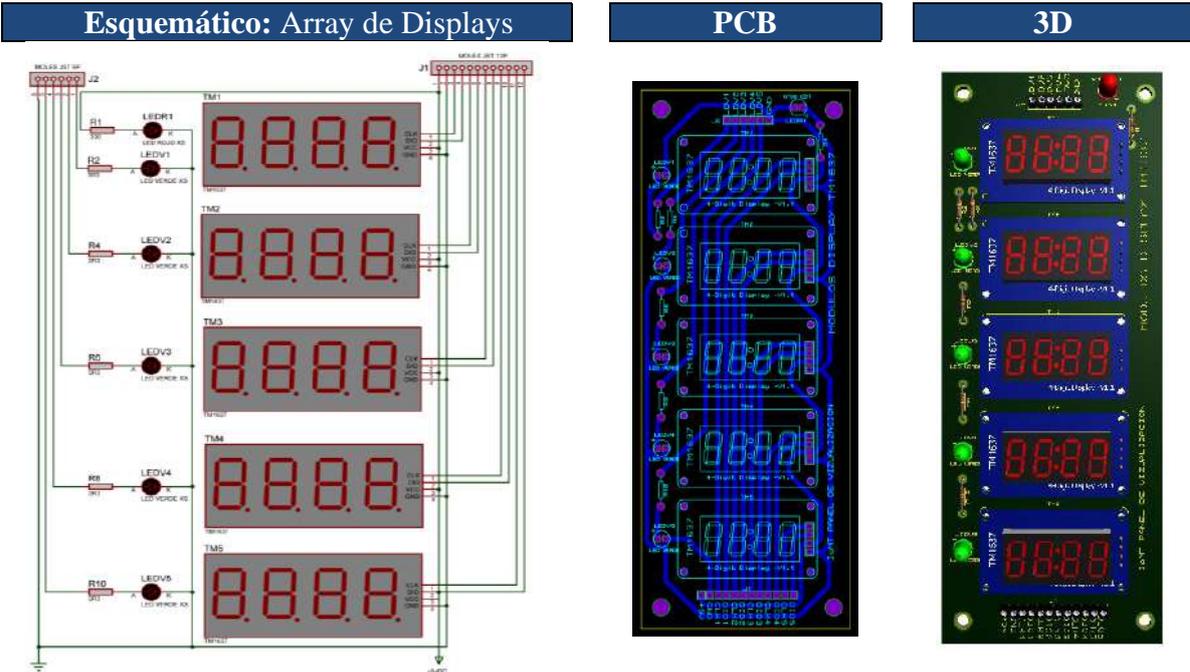


Ilustración 70 Diseño 3D y PCB del Array de Displays

Fuente: Autores

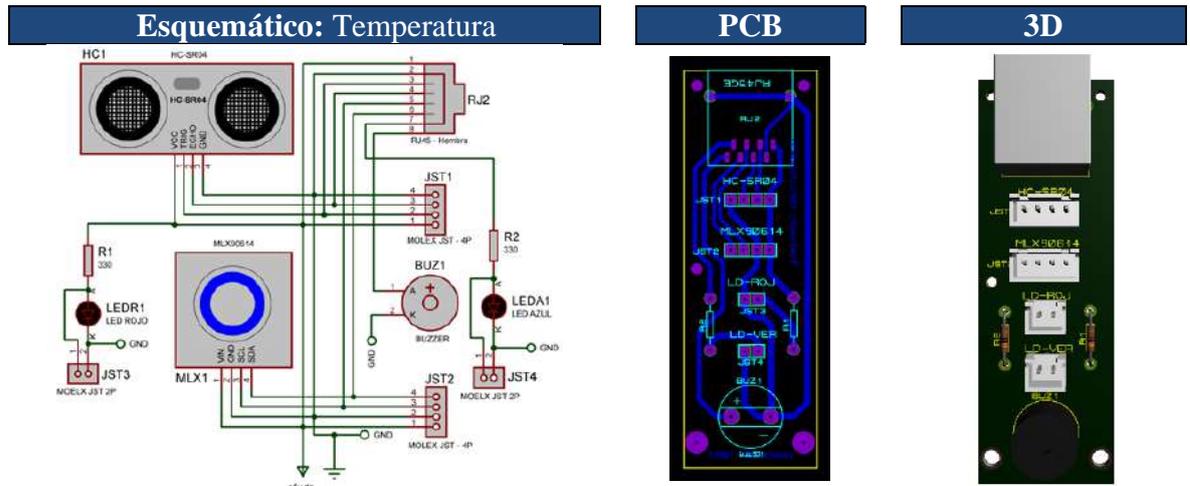


Ilustración 71 Diseño 3D y PCB del Módulo de Temperatura

Fuente: Autores

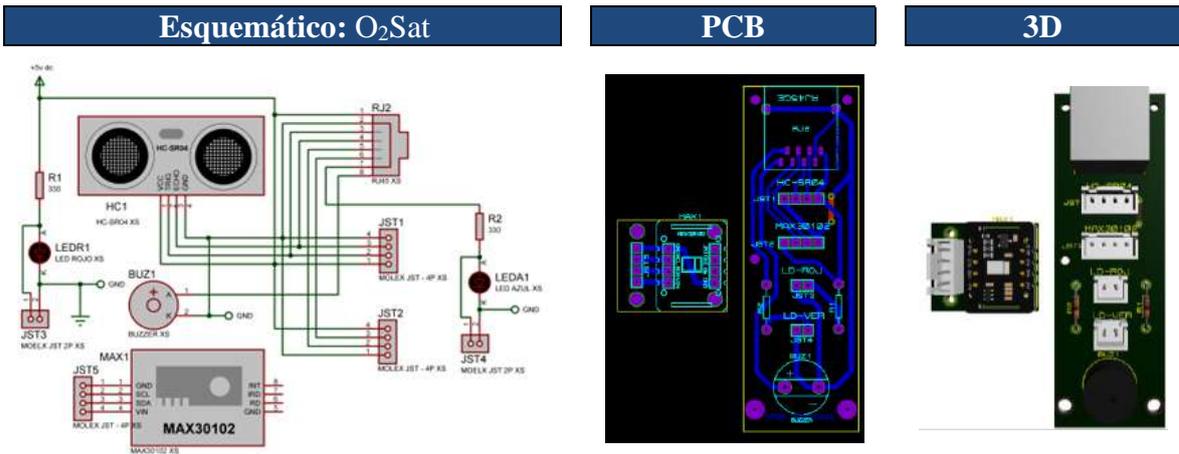


Ilustración 72 Diseño 3D y PCB del Módulo del O₂Sat

Fuente: Autores

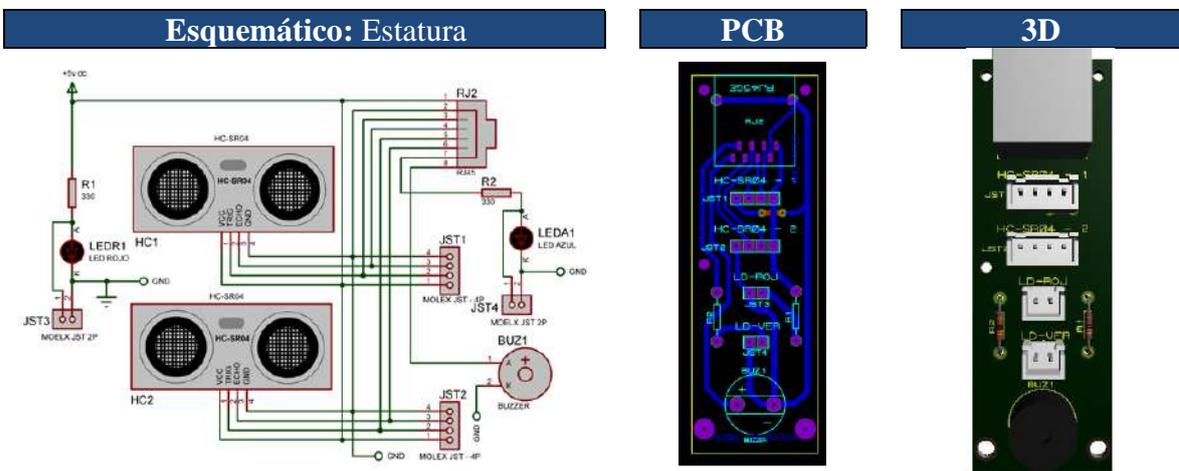


Ilustración 73 Diseño 3D y PCB del Módulo de Estatura

Fuente: Autores

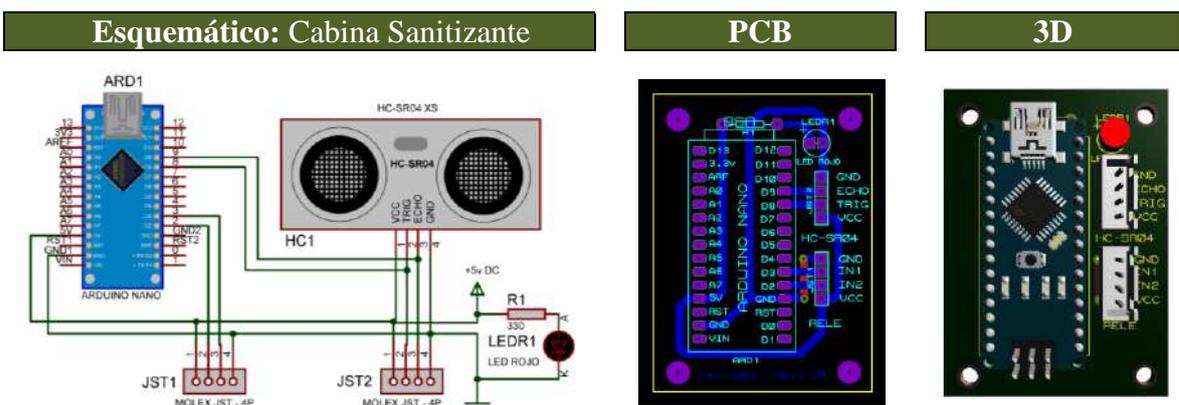


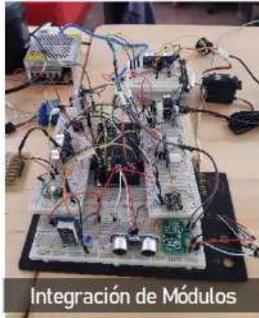
Ilustración 74 Diseño 3D y PCB del Módulo Para la Cabina Sanitizante

Fuente: Autores

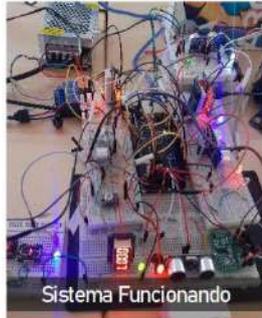
El módulo del Peso se encuentra integrada en el circuito PCB central (Ilustración 68). Para el IMC y sistema de reconocimiento facial no se utilizaron circuitos impresos PCB.

Anexo 6. Fotos del proceso de: Diseño, construcción e implementación de la Cabina Sanitizante con Tecnología IoMT en la UEIB Oswaldo Guayasamín.

Diseño y construcción del circuito electrónico de la cabina Inteligente



Integración de Módulos



Sistema Funcionando



Circuito PCB



Construcción del PCB

Implementación del circuito electrónico en la cabina Inteligente IoMT



Construcción del PCB



PCB Terminadas



Implementación del PCB

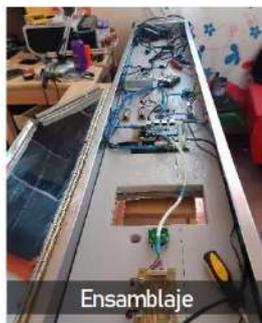


Implementación del PCB

Construcción e Implementación de la Cabina Inteligente IoMT



Estructura



Ensamblaje



Circuito Electrónico



Implementación

Construcción e Implementación de la Cabina Sanitizante



Estructura



Ensamblaje



Caja de Control



Implementación

Calibración de los Dispositivos y Control de calidad



Gestiones y Actividades en la UEIB. Oswaldo Guayasamín



Recolección de Datos en la UEIB. Oswaldo Guayasamín



Recolección de Datos en la UEIB. Oswaldo Guayasamín



Gestiones y Actividades en la UEIB. Oswaldo Guayasamín por parte de la Fundación EcoSur



Inspección del Proyecto de Investigación por parte de la Fundación EcoSur



Entrega oficial del Proyecto de Investigación a la UEIB. Oswaldo Guayasamín



Anexo 7. Algoritmos de la Capa Dispositivos y Desinfección Corporal.

Para el sistema de recolección de datos (TC, IMC, O₂Sat) y el sistema de desinfección corporal de la cabina inteligente, se implementaron tres algoritmos, que fueron desarrollados en el lenguaje de programación C a través de la plataforma Arduino IDE 1.8.16. A continuación, se describen los tres algoritmos implementados.

Tabla 31 Algoritmos Implementados en la Capa Dispositivos

Fuente: (Autores)

Algoritmo	Tarjeta	Implementación	Descripción
Código 1	Arduino Nano 328P - 1	Cabina Sanitizante	Desinfección Corporal
Código 2	Arduino Nano 328P - 2	Cabina IoMT	Oxímetro – O ₂ Sat
Código 3	Arduino Mega 2560	Cabina IoMT	Recolección de datos

• Código 1: Desinfección Corporal

```
//DECLARACIÓN DE PINES
const int trigPin = 8;
const int echoPin = 9;
//DECLARACIÓN DE VARIABLES
int relebomba=3;
long duracion;
int distancia;

void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(relebomba, OUTPUT);
  digitalWrite(relebomba , HIGH);
  delay(4000);
  digitalWrite(relebomba , LOW);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  //ULTRASONICO
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duracion = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distancia = (duracion * 0.034) / 2;
  Serial.println(distancia);
  //CONDICIÓN ACTIVAR/DESACTIVAR
  if(distancia >= 26 && distancia <= 100){
    delay(500);
    digitalWrite(relebomba , HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(relebomba , LOW);}

  else{
    digitalWrite(relebomba , LOW); }
}
```

• Código 2: O₂Sat

```
//DECLARACIÓN DE LIBRERIAS
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
#define TMuestreo 1000
//DECLARACIÓN DE PINES
#define Control 3
#define Led 2
//DECLARACIÓN DE VARIABLES
int Resultado=0;
```

```
int Lectura=0;
PulseOximeter pox;
uint32_t TAnterior = 0;
void onBeatDetected(){
  Serial.println("Inicio");}

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  pinMode(Control, INPUT);
  pinMode(Led, OUTPUT);
  digitalWrite(Led, HIGH);
  if (!pox.begin()) {
    Serial.println("Falla en el Oxímetro ");
    for(;;);}
  else {
    Serial.println("Oxímetro Detectado.");}
  pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_7_6MA);
  pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
  digitalWrite(Led, LOW);
}

void loop() {
  pox.update();
  if (digitalRead(Control)==HIGH){
    digitalWrite(Led, HIGH);
    if (millis() - TAnterior > TMuestreo) {
      Resultado=pox.getSpO2();
      Wire.beginTransaction(1);
      Wire.write(Resultado);
      Wire.endTransmission();
      TAnterior = millis();}

  else if (digitalRead(Control)==LOW){
    digitalWrite(Led, LOW);}
}
```

• Código 3: Recolección de Datos

```
//DECLARACIÓN DE LIBRERIAS
#include <Wire.h>
#include "HX711.h"
#include "TM1637.h"
#include "MAX30105.h"
#include "spo2_algorithm.h"
#include <TM1637Display.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <Ticker.h>

//DECLARACIÓN DE PINES - TEMPERATURA
#define DispTemClk A0 //PIN DISPLAY1 - CLK
#define DispTemDio A1 //PIN DISPLAY1 - DIO
```

```

#define UltTempTrig 18 //PIN ULTRASO1 - TRIG
#define UltTempEcho 19 //PIN ULTRASO1 - ECHO
#define LDVeTemp 53 //PIN LED VERDE
#define LDAzTemp 22 //PIN LED AZUL
#define ReleRGBTemV 23 //PIN TIRA LED VERDE
#define ReleRGBTemR 25 //PIN TIRA LED ROJO
#define BuzzTemp 2 //PIN BUZZER

//DECLARACIÓN DE PINES - BASCULA
#define DispBasClk A2 //PIN DISPLAY2 - CLK
#define DispBasDio A3 //PIN DISPLAY2 - DIO
#define UltBasTrig 15 //PIN ULTRASO2 - TRIG
#define UltBasEcho 14 //PIN ULTRASO2 - ECHO
#define ModBasDT A11 //PIN BASCULA - DATA
#define ModBasCSK A10 //PIN BASCULA - CSK
#define LDVeBas 51 //LED VERDE
#define BuzzBas 24 //BUZZER BACULA

//DECLARACIÓN DE PINES - ALTURA
#define DispAltClk A4 //PIN DISPLAY3 - CLK
#define DispAltDio A5 //PIN DISPLAY3 - DIO
#define UltAltTrig 17 //PIN ULTRASO3 - TRIG
#define UltAltEcho 16 //PIN ULTRASO3 - ECHO
#define LDAzAlt 26 //PIN LED AZUL
#define LDVeAlt 49 //LED VERDE

//DECLARACIÓN DE PARAMETROS OXIMETRO
#define DispOxiClk A8 //PIN DISPLAY4 - CLK
#define DispOxiDio A9 //PIN DISPLAY4 - DIO
#define UltOxiTrig 8 //PIN ULTRASO4 - TRIG
#define UltOxiEcho 9 //PIN ULTRASO4 - ECHO
#define LDVeOxi 45 //LED VERDE
#define LDAzOxi 10 //LED AZUL
#define BuzzOxi 11 //BUZZER OXIMETRO
#define ActivaOxi 12

//DECLARACIÓN DE PARAMETROS IMC
#define IMCClk A6 //PIN DISPLAY5 - CLK
#define IMCDio A7 //PIN DISPLAY5 - DIO
#define LDVeIMC 47 //LED VERDE

//VARIABLES RESULTANTES DE EVALUACION FISICA
float ResTemp, ResTemperatura=0;
float ResPes, ResPeso=0;
float DistAlt=0, ResAltura=0, ResEst,
ResEstatura=0;
float ResOxi, ResOximetro=0;
float ResIMC;
char c='F';

//CONDICIONES DE LOS SENSORES
int DistTemp=0, DistBas=0, DistAlt2=0, DistOxi=0;
int DistMaxTemp=5, DistMaxBas=160,
DistMaxAlt=160, DistMaxOxi=5;
int TempMax=37.2, TempMin=30;

//PARAMETROS DEL TIEMPO PARA EL PROCESO
int Tiempo=0, TDispl=10000, TEnv=200;
int
Estado1=0, UltimoCambio1=0, TiempoCambio1=0;
int Estado2=0, UltimoCambio2=0, TiempoCambio2=0;
int Estado3=0, UltimoCambio3=0, TiempoCambio3=0;
int Estado4=0, UltimoCambio4=0, TiempoCambio4=0;
int Estado5=0, UltimoCambio5=0, TiempoCambio5=0;
int Estado6=0, UltimoCambio6=0, TiempoCambio6=0;
int EstTemperatura
=0, UltCambTemp=0, TCambTemp=0;

//DECLARACIÓN DE INICIALES - MODULOS
HX711 Bascula;
TM1637Display DispTemperatura (DispTemClk,
DispTemDio);
TM1637Display DispAltura (DispAltClk,
DispAltDio);
TM1637Display DispBascula (DispBasClk,
DispBasDio);
TM1637Display DispOximetro (DispOxiClk,
DispOxiDio);
TM1637Display DispIMC (IMCClk, IMCDio);
Adafruit_MLX90614 Termometro =
Adafruit_MLX90614 ();

void setup() {
Serial.begin(9600);
Condicion_Pines();
Wire.begin(1); //OXIMETRO
Termometro.begin(0x5A);
Bascula.begin(ModBasDT, ModBasCSK);
Wire.onReceive(Oximetria);
DispTemperatura.setBrightness(6);
DispAltura.setBrightness(6);
DispBascula.setBrightness(6);
DispOximetro.setBrightness(6);
DispIMC.setBrightness(6);
Inicio_Parametros();
Inicio_Bascula();}

void loop() {

TiempoSistema();
Ultrasonico_Temperatura();
Ultrasonico_Bascula();
Ultrasonico_Altura();
Ultrasonico_Oximetro();
Leer();

//PROCESO - TEMPERATURA
//-----
if(DistTemp<=DistMaxTemp){
Temperatura_Corporal();
Vizualizar_Temperatura(ResTemperatura);
Condicion_Temperatura();
digitalWrite(LDVeTemp, HIGH);
Estado1=0;}
else{
digitalWrite(BuzzTemp, LOW);
switch (Estado1){
case 0:
if (TiempoCambio1>=10000){
UltimoCambio1=Tiempo;
Vizualizar_Temperatura(ResTemperatura);
Condicion_Temperatura();
digitalWrite(LDVeTemp, HIGH);
Estado1=1;}
break;
case 1:
if (TiempoCambio1>=1000){
UltimoCambio1=Tiempo;
DispTemperatura.showNumberDec(0, false);
digitalWrite(ReleRGBTemV, HIGH);
digitalWrite(ReleRGBTemR, HIGH);
digitalWrite(LDVeTemp, LOW);
ResTemperatura=0;
Estado1=1;}
break;}}

//PROCESO - BASCULA E IMC
//-----
if(DistBas<=DistMaxBas || DistAlt<=DistMaxBas){
Balanza();
IMC();
Vizualizar_Bascula(ResPeso);
Vizualizar_IMC(ResIMC);
digitalWrite(LDVeBas, HIGH);
digitalWrite(LDVeIMC, HIGH);
Estado2=0;}
else{
switch (Estado2){
case 0:

```

```

        if(TiempoCambio2>=5000){
            UltimoCambio2=Tiempo;
            Vizualizar_IMC(ResIMC);
            Vizualizar_Bascula(ResPeso);
            digitalWrite(LDVeBas,HIGH);
            digitalWrite(LDVeIMC,HIGH);
            Estado2=1;}
break;
case 1:
    if(TiempoCambio2>=1000){
        UltimoCambio2=Tiempo;
        DispBascula.showNumberDec(0,false);
        DispIMC.showNumberDec(0,false);
        digitalWrite(LDVeBas,LOW);
        digitalWrite(LDVeIMC,LOW);
        ResPeso=0;
        Estado2=1;}
break; } }

//PROCESO - ALTURA
//-----
if(DistAlt<=DistMaxAlt){
    Estatura();
    Vizualizar_Altura(ResEstatura);
    digitalWrite(LDVeAlt,HIGH);
    Estado3=0; }
else{
    switch (Estado3){
        case 0:
            if(TiempoCambio3>=8000){
                UltimoCambio3=Tiempo;
                Vizualizar_Altura(ResEstatura);
                digitalWrite(LDVeAlt,HIGH);
                Estado3=1;}
            break;
        case 1:
            if(TiempoCambio3>=1000){
                UltimoCambio3=Tiempo;
                DispAltura.showNumberDec(0,false);
                digitalWrite(LDVeAlt,LOW);
                ResEstatura=0;
                Estado3=1;}
            break; } }

//PROCESO - OXIMETRO
//-----
if(DistOxi<=DistMaxOxi){
    Oximetria();
    digitalWrite(ActivaOxi , HIGH);
    Vizualizar_Oximetro(ResOximetro);
    digitalWrite(LDVeOxi,HIGH);
    Estado4=0; }
else{
    digitalWrite(ActivaOxi , LOW);
    switch (Estado4){
        case 0:
            if(TiempoCambio4>=10000){
                UltimoCambio4=Tiempo;
                Vizualizar_Oximetro(ResOximetro);
                digitalWrite(LDVeOxi,HIGH);
                Estado4=1;}
            break;
        case 1:
            if(TiempoCambio4>=1000){
                UltimoCambio4=Tiempo;
                DispOximetro.showNumberDec(0,false);
                digitalWrite(LDVeOxi,LOW);
                ResOximetro=0;
                Estado4=1;}
            break; } }

//ENVIAR DATOS A LA TARJETA RASPBERRY PI 4
switch (Estado5){
    case 0:
        if(TiempoCambio5>=TEnv){
            UltimoCambio5=Tiempo;
            Serial.println(String(ResTemperatura)+'
            '+String(ResPeso)+'+String(ResEstatura)+'+'+
            String(1) +'+'+String(ResOximetro));
            Estado5=1;}
            break;
        case 1:
            if(TiempoCambio5>=TEnv){
                UltimoCambio5=Tiempo;
                Estado5=0;}
            break; } }

//TIEMPO DEL SISTEMA
void TiempoSistema(){
    Tiempo=millis();
    TiempoCambio1=Tiempo-UltimoCambio1;
    TiempoCambio2=Tiempo-UltimoCambio2;
    TiempoCambio3=Tiempo-UltimoCambio3;
    TiempoCambio4=Tiempo-UltimoCambio4;
    TiempoCambio5=Tiempo-UltimoCambio5;
    TiempoCambio6=Tiempo-UltimoCambio6;
    TCambTemp=Tiempo-UltCambTemp; }

//FUNCION RECOLECTAR - TEMPERATURA
void Temperatura_Corporal(){
    ResTemp =
    Termometro.readObjectTempC();//RESULTADO
    TEMPERATURA CORPORA
        if(ResTemperatura<ResTemp){
            ResTemperatura=ResTemp; } }

void Condicion_Temperatura(){
    if(ResTemperatura <= TempMin){
        digitalWrite(ReleRGBTemV,HIGH);
        digitalWrite(ReleRGBTemR,HIGH);}
    else if (ResTemperatura >
    TempMin&&ResTemperatura < TempMax) {
        digitalWrite(ReleRGBTemV,LOW);
        digitalWrite(ReleRGBTemR,HIGH);}
    else if (ResTemperatura >= TempMax) {
        Buzzer_Temperatura();
        digitalWrite(ReleRGBTemV,HIGH);
        digitalWrite(ReleRGBTemR,LOW);} }

//FUNCION RECOLECTAR - ESTATURA
void Estatura(){
    ResAltura=1.90-(DistAlt/100);
    if(ResAltura<=0){
        ResEstatura=0;}
    else{
        if(ResEstatura<ResAltura){
            ResEstatura=ResAltura;} } }

//FUNCION RECOLECTAR - BASCULA
void Balanza(){
    ResPes=abs(Bascula.get_units(2));
    if(ResPes<0){
        ResPes=(ResPes)*(-1);}
    else{
        ResPeso=ResPes; } }

//FUNCION RECOLECTAR - OXIMETRO
void Oximetria(){
    if (Wire.available() == 1) {
        ResOxi = Wire.read(); }
        if(ResOximetro<ResOxi){
            ResOximetro=ResOxi; } }

//FUNCION RECOLECTAR - IMC
void IMC(){
    ResIMC=ResPeso/(ResEstatura*ResEstatura);
}

//ULTRASONICO TEMPERATURA

```

```

void Ultrasonico_Temperatura() {
    long Duracion, Distancia;
    digitalWrite(UltTempTrig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(UltTempTrig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(UltTempTrig, LOW);
    Duracion = pulseIn(UltTempEcho, HIGH);
    Distancia = (Duracion/2) / 29;
    DistTemp=Distancia;
    if(Distancia <=DistMaxTemp){
        digitalWrite(LDAzTemp,HIGH);}
    else{
        digitalWrite(LDAzTemp,LOW);} }

void Ultrasonico_Bascula() {
    long Duracion, Distancia;
    digitalWrite(UltBasTrig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(UltBasTrig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(UltBasTrig, LOW);
    Duracion = pulseIn(UltBasEcho, HIGH);
    Distancia = (Duracion/2) / 29;
    DistBas=Distancia; }

//ULTRASONICO ALTURA
void Ultrasonico_Altura() {
    long Duracion, Distancia;
    digitalWrite(UltAltTrig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(UltAltTrig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(UltAltTrig, LOW);
    Duracion = pulseIn(UltAltEcho, HIGH);
    Distancia = (Duracion/2) / 29;
    DistAlt=Distancia;
    if(Distancia <=DistMaxAlt){
        digitalWrite(LDAzAlt,HIGH);}
    else{
        digitalWrite(LDAzAlt,LOW);} }

//ULTRASONICO OXIMETRO
void Ultrasonico_Oximetro() {
    long Duracion, Distancia;
    digitalWrite(UltOxiTrig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(UltOxiTrig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(UltOxiTrig, LOW);
    Duracion = pulseIn(UltOxiEcho, HIGH);
    Distancia = (Duracion/2) / 29;
    DistOxi=Distancia;
    if(Distancia <=DistMaxOxi){
        digitalWrite(LDAzOxi,HIGH);}
    else{
        digitalWrite(LDAzOxi,LOW);}
    }

//DISPLAY TEMPERATURA
void Vizualizar_Temperatura(float
Dato) {
    uint8_t DPP1;
    int DP1=(int(Dato)%100)/10;
    int DP2=int(Dato)%10;
    int DP3=int(Dato/0.1)%1000;
    int DP4=int(Dato/0.01)%10000;
    DPP1 = 0x80 | DispTemperatura.encodeDigit(DP2);
    DispTemperatura.showNumberDec(DP1,false,1,0);
    DispTemperatura.setSegments(&DPP1, 1, 1);
    DispTemperatura.showNumberDec(DP3,false,1,2);
    DispTemperatura.showNumberDec(DP4,false,1,3);
}

//DISPLAY ALTURA
void Vizualizar_Altura(float Dato) {
    uint8_t DPP1;
    int DP1=(int(Dato)%100)/10;
    int DP2=int(Dato)%10;
    int DP3=int(Dato/0.1)%1000;
    int DP4=int(Dato/0.01)%10000;
    DPP1 = 0x80 | DispAltura.encodeDigit(DP2);
    DispAltura.showNumberDec(DP1,false,1,0);
    DispAltura.setSegments(&DPP1, 1, 1);
    DispAltura.showNumberDec(DP3,false,1,2);
    DispAltura.showNumberDec(DP4,false,1,3);}

//DISPLAY BASCULA
void Vizualizar_Bascula(float Dato) {
    uint8_t DPP1;
    int DP1=(int(Dato)%100)/10;
    int DP2=int(Dato)%10;
    int DP3=int(Dato/0.1)%1000;
    int DP4=int(Dato/0.01)%10000;
    DPP1 = 0x80 | DispBascula.encodeDigit(DP2);
    DispBascula.showNumberDec(DP1,false,1,0);
    DispBascula.setSegments(&DPP1, 1, 1);
    DispBascula.showNumberDec(DP3,false,1,2);
    DispBascula.showNumberDec(DP4,false,1,3);}

//DISPLAY OXIMETRO
void Vizualizar_Oximetro(float Dato) {
    uint8_t DPP1;
    int DP1=(int(Dato)%100)/10;
    int DP2=int(Dato)%10;
    int DP3=int(Dato/0.1)%1000;
    int DP4=int(Dato/0.01)%10000;
    DPP1 = 0x80 | DispOximetro.encodeDigit(DP2);
    DispOximetro.showNumberDec(DP1,false,1,0);
    DispOximetro.setSegments(&DPP1, 1, 1);
    DispOximetro.showNumberDec(DP3,false,1,2);
    DispOximetro.showNumberDec(DP4,false,1,3);}

//DISPLAY OXIMETRO
void Vizualizar_IMC(float Dato) {
    uint8_t DPP1;
    int DP1=(int(Dato)%100)/10;
    int DP2=int(Dato)%10;
    int DP3=int(Dato/0.1)%1000;
    int DP4=int(Dato/0.01)%10000;
    DPP1 = 0x80 | DispIMC.encodeDigit(DP2);
    DispIMC.showNumberDec(DP1,false,1,0);
    DispIMC.setSegments(&DPP1, 1, 1);
    DispIMC.showNumberDec(DP3,false,1,2);
    DispIMC.showNumberDec(DP4,false,1,3);}

void Buzzer_Temperatura() {
    switch (EstTemperatura) {
        case 0:
            if (TCambTemp>=200) {
                ULTCambTemp=Tiempo;
                digitalWrite(BuzzTemp, HIGH);
                EstTemperatura=1;}
            break;
        case 1:
            if (TCambTemp>=300) {
                ULTCambTemp=Tiempo;
                digitalWrite(BuzzTemp, LOW);
                EstTemperatura=0;}
            break; } }

//BUZER IOMT
void Buzzer_IOMT() {
    switch (Estado6) {
        case 0:
            if (TiempoCambio6>=800) {
                UltimoCambio6=Tiempo;
                digitalWrite(BuzzOxi, LOW);
                Estado6=1;}
    }
}

```

```

        break;
        case 1:
            if(TiempoCambio6>=80){
                UltimoCambio6=Tiempo;
                digitalWrite(BuzzOxi, HIGH);
                Estado6=0;}
            break;}}

//INICIO Y CALIBRACION BASCULA
void Inicio_Bascula(){
    Bascula.read();
    Bascula.read_average(20);
    Bascula.get_value(5);
    Bascula.get_units(5);
    Bascula.set_scale(11072.45); //N° ESCALAR
    Bascula.tare();
    Bascula.read();
    Bascula.read_average(20);
    Bascula.get_value(5);
    Bascula.get_units(5);
    digitalWrite(BuzzBas, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(BuzzBas, LOW); }

void Inicio_Altura(){
    long Duracion, Distancia;
    digitalWrite(UltAltTrig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(UltAltTrig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(UltAltTrig, LOW);
    Duracion = pulseIn(UltAltEcho, HIGH);
    Distancia = (Duracion/2) / 29; }

//CONDICIONES DE LOS PINES ENTRADAS/SALIDAS
void Condicion_Pines(){
    pinMode(UltTempTrig, OUTPUT); //TEMPERATURA
    pinMode(UltTempEcho, INPUT);
    pinMode(LDVeTemp, OUTPUT);
    pinMode(LDAzTemp, OUTPUT);
    pinMode(ReleRGBTemV, OUTPUT);
    pinMode(ReleRGBTemR, OUTPUT);
    pinMode(BuzzTemp, OUTPUT);

    pinMode(UltBasTrig, OUTPUT); //BASCULA
    pinMode(UltBasEcho, INPUT);
    pinMode(LDVeBas, OUTPUT);
    pinMode(LDVeIMC, OUTPUT);
    pinMode(BuzzBas, OUTPUT);

    pinMode(UltAltTrig, OUTPUT); //ALTURA
    pinMode(UltAltEcho, INPUT);
    pinMode(LDAzAlt, OUTPUT);
    pinMode(LDVeAlt, OUTPUT);

    pinMode(UltOxiTrig, OUTPUT); //OXIMETRO
    pinMode(UltOxiEcho, INPUT);
    pinMode(LDAzOxi, OUTPUT);
    pinMode(LDVeOxi, OUTPUT);
    pinMode(BuzzOxi, OUTPUT);
    pinMode(ActivaOxi, OUTPUT);}

//ESTADO INICIAL DE CADA PIN
void Inicio_Parametros(){
    //TEMPERATURA
    digitalWrite(LDVeTemp, LOW);
    digitalWrite(LDAzTemp, LOW);
    digitalWrite(ReleRGBTemV, HIGH);
    digitalWrite(ReleRGBTemR, HIGH);
    digitalWrite(BuzzTemp, LOW);
    //BASCULA
    digitalWrite(LDVeBas, LOW);
    digitalWrite(LDVeIMC, LOW);
    digitalWrite(BuzzBas, LOW);
    //ALTURA
    digitalWrite(LDAzAlt, LOW);
    digitalWrite(LDVeAlt, LOW);
    //OXIMETRO
    digitalWrite(LDAzOxi, LOW);
    digitalWrite(LDVeOxi, LOW);
    digitalWrite(BuzzOxi, LOW);
    digitalWrite(ActivaOxi, LOW);
    DISP_BIENVENIDA(); }

void DISP_CERO(){
    DispTemperatura.showNumberDec(0, false);
    DispAltura.showNumberDec(0, false);
    DispBascula.showNumberDec(0, false);
    DispOximetro.showNumberDec(0, false);
    DispIMC.showNumberDec(0, false); }

//INDICADOR IOMT - ESTA RECOLECTANDO DATOS
void Leer() {
    if (Serial.available()>0) {
        char c = Serial.read();
        if (c == 'O') {
            Buzzer_IOMT(); }
        else{
            digitalWrite(BuzzOxi, LOW); } }
    else{
        digitalWrite(BuzzOxi, LOW); } }

//MENSAJE DE BIENVENIDA DE LOS DISP TM1637
void DISP_BIENVENIDA(){
    const uint8_t HOLA[]={
        SEG_B|SEG_C|SEG_E|SEG_F|SEG_G,
        SEG_A|SEG_B|SEG_C|SEG_D|SEG_E|SEG_F,
        SEG_D|SEG_E|SEG_F,
        SEG_A|SEG_B|SEG_C|SEG_E|SEG_F|SEG_G};

    const uint8_t
    U[]={SEG_A|SEG_B|SEG_D|SEG_E|SEG_G,
        SEG_D,SEG_D,SEG_B|SEG_C|SEG_D|SEG_E|SEG_F};
    const uint8_t
    N[]={SEG_A|SEG_B|SEG_D|SEG_E|SEG_G,
        SEG_D,SEG_D,SEG_A|SEG_B|SEG_C|SEG_E|SEG_F|SEG_G
    };
    const uint8_t
    A[]={SEG_A|SEG_B|SEG_C|SEG_D|SEG_E|SEG_F,
        SEG_D,SEG_D,SEG_A|SEG_B|SEG_C|SEG_E|SEG_F};
    const uint8_t
    C[]={SEG_A|SEG_B|SEG_D|SEG_E|SEG_G,
        SEG_D,SEG_D,SEG_A|SEG_E|SEG_F|SEG_D};
    const uint8_t H[]={SEG_D,
        SEG_D,SEG_D,SEG_B|SEG_C|SEG_E|SEG_F|SEG_G};

    DispTemperatura.setSegments(U, 4, 0);
    DispAltura.setSegments(N, 4, 0);
    DispBascula.setSegments(A, 4, 0);
    DispOximetro.setSegments(C, 4, 0);
    DispIMC.setSegments(H, 4, 0);
    delay(500);

    DispTemperatura.setSegments(HOLA, 4, 0);
    DispAltura.setSegments(HOLA, 4, 0);
    DispBascula.setSegments(HOLA, 4, 0);
    DispOximetro.setSegments(HOLA, 4, 0);
    DispIMC.setSegments(HOLA, 4, 0);
    delay(1000);
    DISP_CERO(); }

```

Anexo 8. Algoritmos de la Capa Plataforma y Capa Aplicacion

En la capa plataforma y capa aplicación de la cabina inteligente IoMT, se implementaron tres algoritmos. El primer algoritmo (código 4) fue desarrollado en el lenguaje de programación Python en la versión 3.10.7. y se lo implemento en la capa plataforma de la cabina. Los dos últimos algoritmos (código 5, código 6) fueron desarrollados en el lenguaje de programación JavaScript, HTML y CSS a través del editor de código Sublime Text 3 y se implementó en la capa aplicación.

Tabla 32 Algoritmos Implementados en la Capa Plataforma y Capa Aplicación.

Fuente: (Autores)

Algoritmo	Sitio	Implementación	Descripción
Código 4	Raspberry PI 4	Cabina IoMT	Capa Plataforma y R. Facial
Código 5	GitHub - Heroku	Internet	Monitoreo IoMT
Código 6	GitHub - GitHub Page	Internet	Gestión de Datos (Nube)

- Algoritmo de la Capa Plataforma

Código 4: Gestión, Administración y control de la Cabina.

Este código sirve para: Recolectar los datos provenientes de la capa dispositivos, Ejecutar el sistema de reconocimiento facial, Ejecutar la Interfaz de usuario GUI Gestionar y actualizar la base de datos local y en la nube.

<https://github.com/daniels36999/Codigos-IoMT/tree/main/2.%20Codigos%20-%20Python>

- Algoritmos de la Capa Aplicación

Código 5: Monitoreo IoMT

El código 5, ejecuta una página web en internet y brinda servicio de monitorización de datos IoMT (TC, IMC y O₂Sat) en tiempo real.

<https://github.com/daniels36999/Codigos-IoMT/tree/main/3.%20Codigos%20-%20HTML/Codigo%205%20-%20Monitoreo%20IoMT>

Código 6: Gestión de Datos en la Nube

El código 6, permite gestionar los datos IoMT (Historial) almacenados en internet.

<https://github.com/daniels36999/Codigos-IoMT/tree/main/3.%20Codigos%20-%20HTML/Codigo%206%20-%20Gestion%20de%20Registro%20M%C3%A9dico>

Anexo 9. Análisis y propagación Estadístico de los Datos Recolectados.

A continuación, se detalla el análisis y propagación de los datos procesados en el software estadístico R y R-commander.

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS POR LA CABINA CON TECNOLOGÍA IOMT

ANÁLISIS DESCRIPTIVO

A continuación, en la siguiente tabla se detalla los análisis descriptivos de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat para una población de 2236 personas.

Análisis descriptivo de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat

Fuente: Autores

Variables	Mean	sd	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
Edad [años]	13.65	7.24	5.25	4	10	13	15.25	57	2236
Temperatura [°C]	31.54	4.58	3.87	0	30.04	31.78	33.91	38.65	2236
Peso [kg]	41.79	16.42	29.18	15.1	26.44	40.4	55.63	87.83	2236
Estatura [m]	1.35	0.19	0.34	0.95	1.2	1.36	1.54	1.71	2236
IMC [kg/m ²]	21.66	3.52	4.76	13.8	18.99	21.5	23.75	34.82	2236
O ₂ Sat [%]	92.57	16.35	1	0	95	95	96	99	2236

- Promedio y Desviación Típica

En la siguiente tabla se detalla el promedio y la desviación típica de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat para una población de 2236 personas.

Promedio y Desviación Típica de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat

Fuente: Autores

Variables	Promedio	Desviación Típica
Edad [años]	13.68	7.24
Temperatura [°C]	31.54	4.58
Peso [kg]	41.79	16.42
Estatura [m]	1.35	0.19
IMC [kg/m ²]	21.66	3.52
O ₂ Sat [%]	92.57	16.35

Discusión:

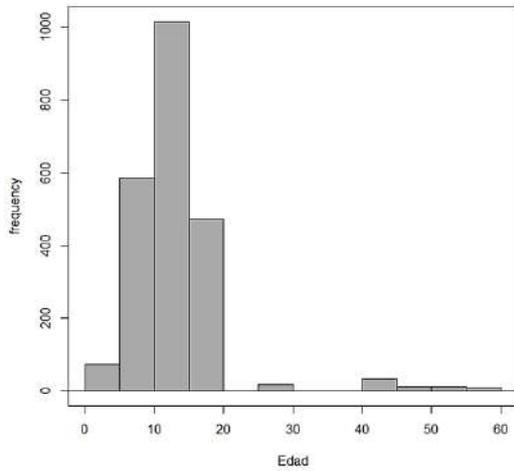
De acuerdo con los parámetros establecidos por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, se concluye que:

- El promedio de estatura determina una población dentro de los parámetros normales
- El promedio de la temperatura establece un índice por debajo del normal (36.5°C), debido a la calibración inicial de los instrumentos. Sin embargo, la varianza determina una temperatura promedio aceptable con una nula presencia de infecciones en el momento de la toma de los datos
- El peso promedio determina una relativa normalidad sin presencia evidente de índices de desnutrición infantil.
- El índice de masa corporal establece una distribución normal para las personas del Unidad Educativa
- Y el índice de saturación de Oxígeno determina un promedio normal.

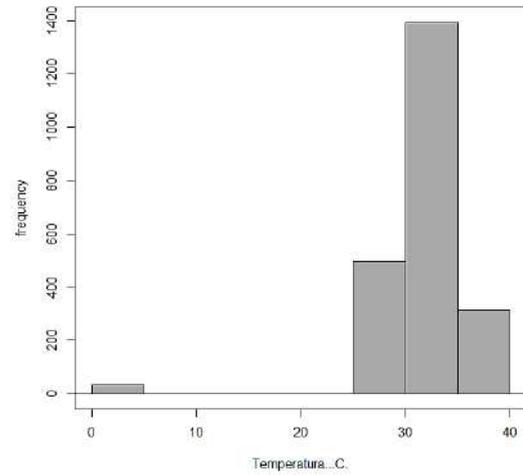
GRÁFICA Y TENDENCIAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS

- Histogramas de Frecuencia

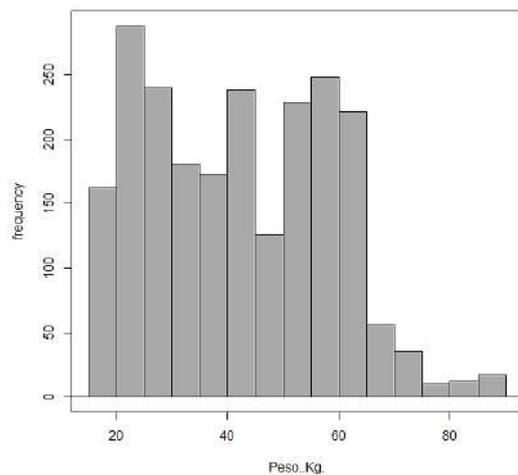
Edad



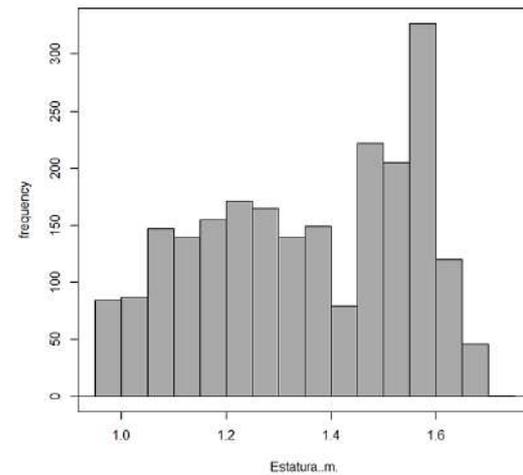
Temperatura Corporal



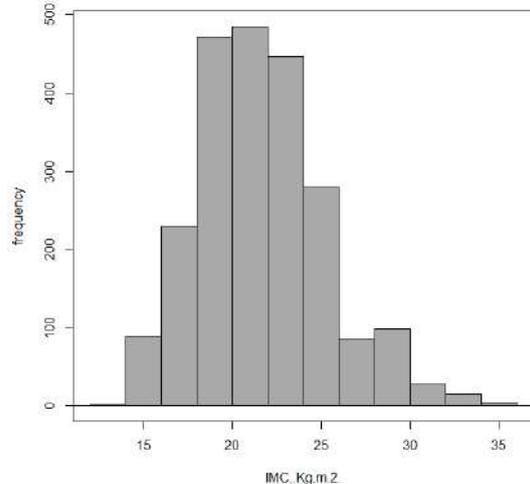
Peso



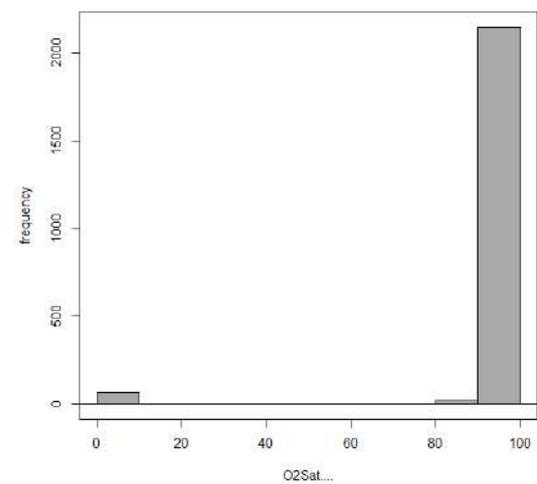
Estatura



IMC



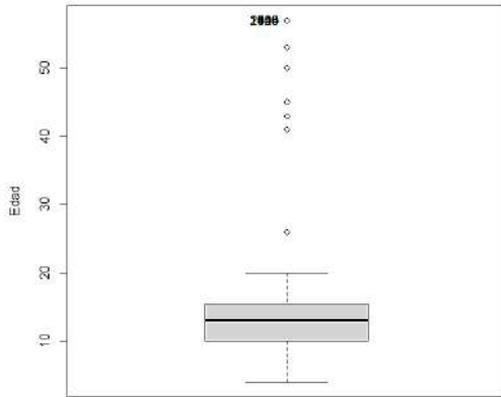
O₂Sat



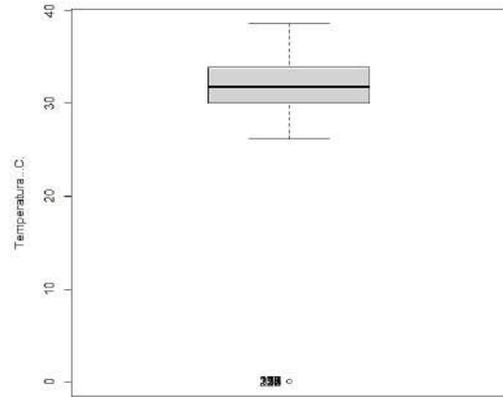
Histogramas de Frecuencias de: Edad, TC, Peso, Estatura, IMC y O₂Sat
Fuente: Autores

- Diagramas de Caja

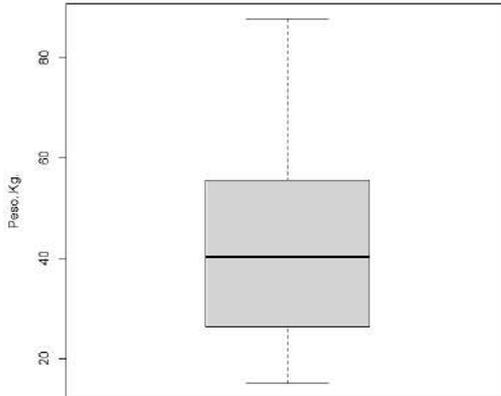
Edad



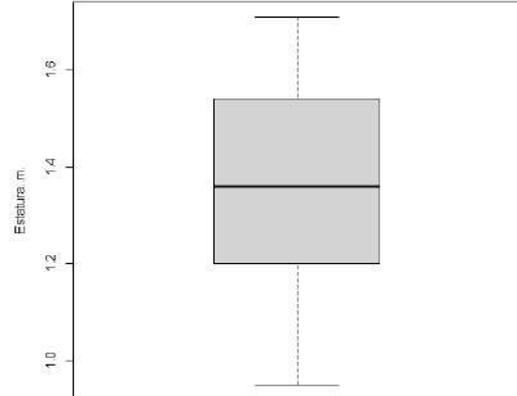
Temperatura Corporal



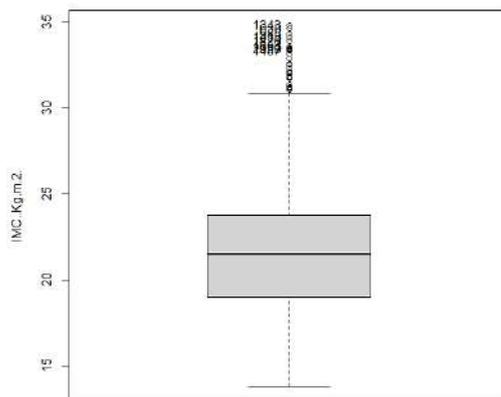
Peso



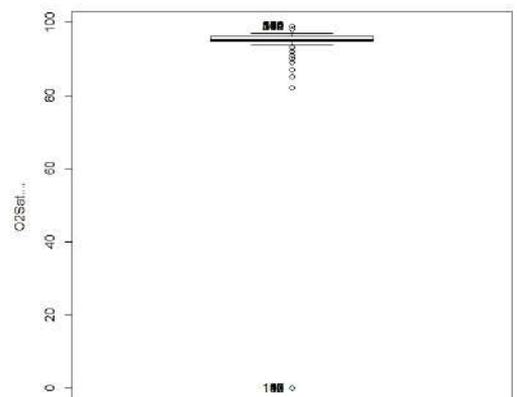
Estatura



IMC



O₂Sat



Diagramas de Caja de: Edad, TC, Peso, Estatura, IMC y O₂Sat

Fuente: Autores

Discusión:

En los diagramas de caja Temperatura, IMC y O₂Sat se nota claramente un grupo de personas con algunos problemas de salud, aunque no alarmantes.

TEST DE NORMALIDAD DE LOS DATOS

Para esta prueba se utiliza un “Test de Normalidad” de Pearson por el número de datos poblacionales.

Test de Normalidad de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat

Fuente: Autores

Variables	D	p-valor	Interpretación
Edad [años]	0.21898	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%), los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
Temperatura [°C]	0.21658	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%), los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
Peso [kg]	0.092009	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%), los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
Estatura [m]	0.11949	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%), los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
IMC [kg/m ²]	0.047946	p-v = 5.965e-13	Con un p-valor menor a 0.05 (5%), los datos tienen una distribución de probabilidad normal.
O ₂ Sat [%]	0.45617	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%), los datos tienen una distribución de probabilidad normal.

Discusión:

Todos los datos tienen una distribución de probabilidad Normalizada. Entonces se procede al estudio dentro de la Parametricidad.

ESTUDIO DE CORRELACIÓN BIVARIADA UTILIZADO EL TEST DE CORRELACIÓN DE PEARSON

- Pearson correlations

Correlación de Pearson de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat

Fuente: Autores

Variables	Edad [años]	Temperatura [°C]	Peso [kg]	Estatura [m]	IMC [kg/m ²]	O ₂ Sat [%]
Edad [años]	1.0000	0.0151	0.7554	0.6319	0.7269	-0.0667
Temperatura [°C]	0.0151	1.0000	0.0285	0.0248	0.0163	0.0345
Peso [kg]	0.7554	0.0285	1.0000	0.9342	0.8425	-0.0910
Estatura [m]	0.6319	0.0248	0.9342	1.0000	0.6231	-0.0735
IMC [kg/m ²]	0.7269	0.0163	0.8425	0.6231	1.0000	-0.0763
O ₂ Sat [%]	-0.0667	0.0345	-0.0910	-0.0735	-0.0763	1.0000

- Pairwise two-sided p-values

p-valor por pares de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat

Fuente: Autores

Variables	Edad [años]	Temperatura [°C]	Peso [kg]	Estatura [m]	IMC [kg/m ²]	O ₂ Sat [%]
Edad [años]	--	0.4763	<.0001	<.0001	<.0001	0.0016
Temperatura [°C]	0.4763	--	0.1784	0.2405	0.4407	0.1025
Peso [kg]	<.0001	0.1784	--	<.0001	<.0001	<.0001
Estatura [m]	<.0001	0.2405	<.0001	--	<.0001	0.0005
IMC [kg/m ²]	<.0001	0.4407	<.0001	<.0001	--	0.0003
O ₂ Sat [%]	0.0016	0.1025	<.0001	0.0005	0.0003	--

- Adjusted p-values (Holm's method)

p-valor ajustados de: Edad, TC, peso, estatura, IMC y O2Sat

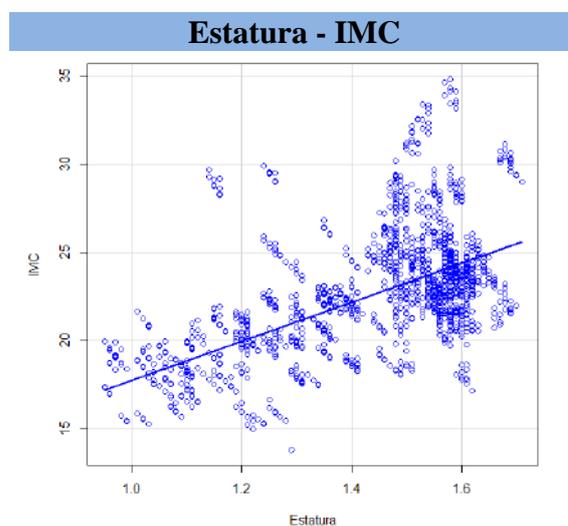
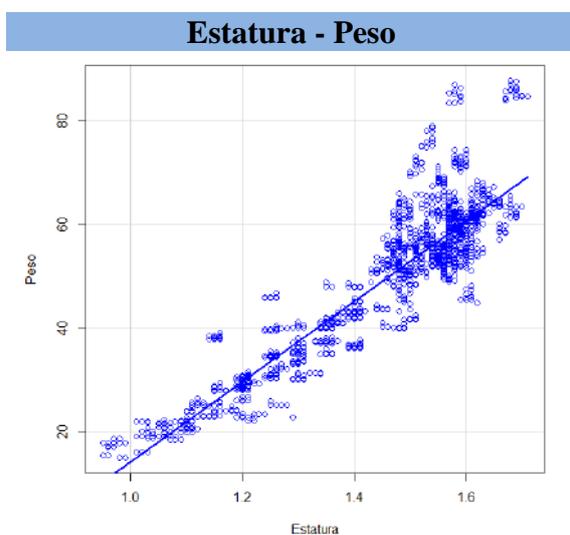
Fuente: Autores

Variabes	Edad [años]	Temperatura [°C]	Peso [kg]	Estatura [m]	IMC [kg/m ²]	O ₂ Sat [%]
Edad [años]	--	0.8815	<.0001	<.0001	<.0001	0.0095
Temperatura [°C]	0.8815	--	0.7138	0.7216	0.8815	0.5123
Peso [kg]	<.0001	0.7138	--	<.0001	<.0001	0.0001
Estatura [m]	<.0001	0.7216	<.0001	--	<.0001	0.0036
IMC [kg/m ²]	<.0001	0.8815	<.0001	<.0001	--	0.0024
O ₂ Sat [%]	0.0095	0.5123	0.0001	0.0036	0.0024	--

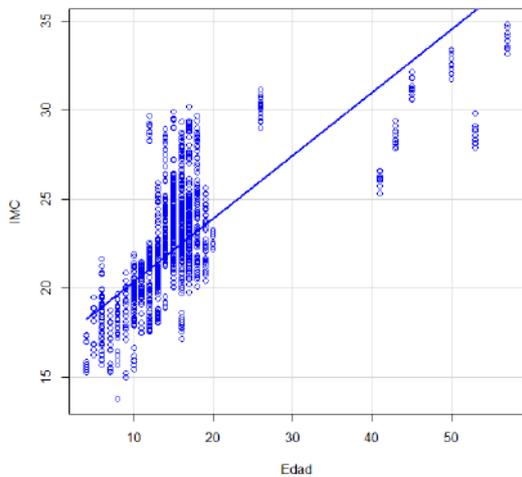
Discusión:

- Hay una muy fuerte correlación entre la estura y el peso (0.93)
- Hay una fuerte correlación entre la estatura y el IMC (0.62)
- Hay una fuerte correlación entre la edad y el IMC (0.72)
- Hay una fuerte correlación entre el peso y el IMC (0.84)
- Hay una fuerte correlación entre la edad y el peso (0.75)
- No hay ninguna correlación entre la edad y el O2Sat (-0.06)
- No hay ninguna correlación entre la edad y la temperatura (0.01)
- No hay ninguna correlación entre la estatura y el O2Sat (0.07)
- No hay ninguna correlación entre la estatura y la temperatura (0.02)
- No hay ninguna correlación entre El IMC y el O2Sat (-0.07)
- No hay ninguna correlación entre el IMC y la temperatura (0.01)

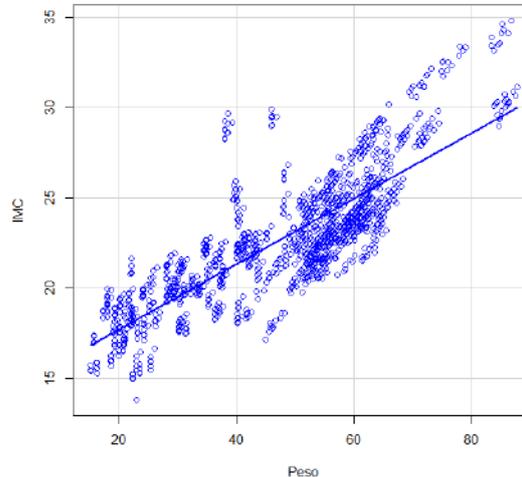
DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN ENTRE VARIABLES CORRELACIONADAS



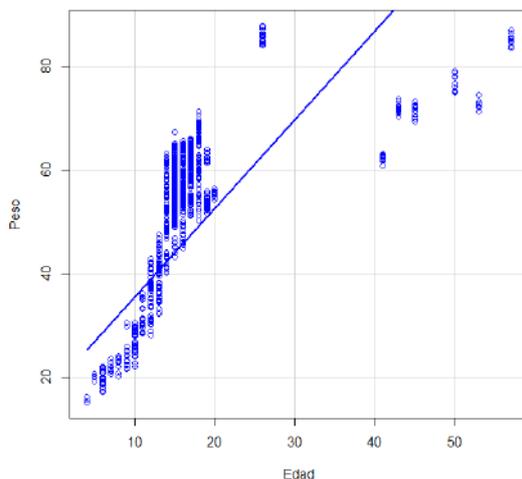
Edad - IMC



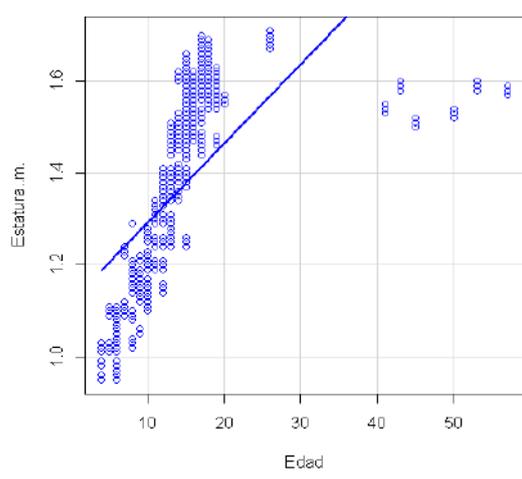
Peso – IMC



Edad – Peso



Edad - Estatura



*Diagramas de Dispersión de: Edad, TC, Peso, Estatura, IMC y O₂Sat
Fuente: Autores*

COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE TEST T PARA UNA MUESTRA

Debido a la parametricidad de la normalidad de los datos, es posible utilizar un Test T-Student para una comparación de medias entre muestras dependientes. Test T para datos emparejados con una Hipótesis alternativa Bilateral y un nivel de confianza del **97%**.

- Test T para: Estura y el peso

*Test T-Student para: Estatura y el Peso.
Fuente: Autores*

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		Media de las diferencias	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
-117.78	2235	p-v < 2.2e-16	-41.18250	-39.69144	-40.43697	True difference in means is not equal to 0
El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.						

- Test T para: Estatura y el IMC

Test T-Student para: Estatura y el IMC.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		Media de las diferencias	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
-282.29	2235	p-v < 2.2e-16	-20.46928	-20.15677	-20.31303	True difference in means is not equal to 0
El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.						

- Test T para: Edad y el IMC

Test T-Student para: Edad y el IMC.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		Media de las diferencias	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
-71.853	2235	p-v < 2.2e-16	-8.251625	-7.767507	-8.009566	True difference in means is not equal to 0
El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.						

- Test T para: Peso y el IMC

Test T-Student para: Peso y el IMC.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		Media de las diferencias	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
70.045	2235	p-v < 2.2e-16	19.50008	20.74781	20.12394	True difference in means is not equal to 0
El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.						

- Test T para: Edad y el peso

Test T-Student para: Edad y el Peso.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		Media de las diferencias	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
111.48	2235	p-v < 2.2e-16	-28.68150	-27.58552	-28.13351	True difference in means is not equal to 0
El p-valor determina una fuerte relación entre las medias muestrales.						

AJUSTE DE CURVAS: MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA DATOS EMPAREJADOS

- **Modelo de Regresión Lineal para : Estura y el peso**

Modelo de regresión Lineal para: Estatura y el Peso.

Fuente: Autores

Residuals	Min	IQ	Median	3Q	Max
	-0.28568	-0.03920	0.00284	0.04497	0.22860

Coefficients		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
	Intercept	0.88179887	0.00410631	214.7	<2e-16
Peso [kg]	0.01131939	0.00009145	123.8	<2e-16	

Residual standard error:	0.07099 on 2234 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0.8727
Adjusted R-squared:	0.8727
F-statistic:	1.532e+04 on 1 and 2234 DF
p-value:	< 2.2e-16

Discusión: Ecuación de la recta del modelo lineal:

$$\text{Estatura} = 0.8817 \text{ Peso} + 0.113 + \varepsilon$$

- **Modelo de Regresión Lineal para: Estatura y el IMC**

Modelo de regresión Lineal para: Estatura y el IMC.

Fuente: Autores

Residuals	Min	IQ	Median	3Q	Max
	-0.49610	-0.11062	-0.00986	0.12674	0.42413

Coefficients		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
	Intercept	0.5923523	0.0205146	28.88	<2e-16
IMC [kg/m2]	0.0351905	0.0009345	37.66	<2e-16	

Residual standard error:	0.1556 on 2234 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0.3883
Adjusted R-squared:	0.388
F-statistic:	1418 on 1 and 2234 DF
p-value:	< 2.2e-16

Discusión: Ecuación de la recta del modelo lineal:

$$\text{Estatura} = 0.5923 \text{ IMC} + 0.035 + \varepsilon$$

- **Modelo de Regresión Lineal para: Edad y el IMC**

Modelo de regresión Lineal para: Edad y el IMC.

Fuente: Autores

Residuals	Min	IQ	Median	3Q	Max
	-13.6044	-2.0800	-0.5554	1.2970	30.0712

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
	Intercept	-18.72929	0.65581	-28.56
IMC [kg/m2]	1.49473	0.02987	50.03	<2e-16

Residual standard error:	4.976 on 2234 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0.5284
Adjusted R-squared:	0.5282
F-statistic:	2503 on 1 and 2234 DF
p-value:	< 2.2e-16

Discusión: Ecuación de la recta del modelo lineal:

$$Edad = -18.729IMC + 1.494 + \varepsilon$$

- **Modelo de Regresión Lineal para: Peso y el IMC**

Modelo de regresión Lineal para: Peso y el IMC.

Fuente: Autores

Residuals	Min	IQ	Median	3Q	Max
	-34.636	-5.822	-1.146	7.149	20.970

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
	Intercept	-43.29684	1.16602	-37.13
IMC [kg/m2]	3.92695	0.05312	73.93	<2e-16

Residual standard error:	8.847 on 2234 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0.7099
Adjusted R-squared:	0.7097
F-statistic:	5466 on 1 and 2234 DF
p-value:	< 2.2e-16

Discusión: Ecuación de la recta del modelo lineal:

$$Peso = -43.296IMC + 3.926 + \varepsilon$$

- **Modelo de Regresión Lineal para: Edad y el peso**

Modelo de regresión Lineal para: Edad y el peso.

Fuente: Autores

Residuals	Min	IQ	Median	3Q	Max
	-7.1522	-2.0071	-0.1694	0.9020	29.5048

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
	Intercept	-0.268764	0.274624	-0.979
Peso [kg]	0.333249	0.006116	54.486	<2e-16

Residual standard error:	4.748 on 2234 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0.5706
Adjusted R-squared:	0.5704
F-statistic:	2969 on 1 and 2234 DF
p-value:	< 2.2e-16

Discusión: Ecuación de la recta del modelo lineal:

$$Edad = -0.268 Peso + 0.333 + \varepsilon$$

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS POR LA CABINA SANITIZANTE

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA CABINA SANITIZANTE: TIEMPO DE UTILIZACIÓN

- Análisis descriptivo

Análisis descriptivo del Tiempo de utilización de la Cabina Sanitizante.

Fuente: Autores

Mean	sd	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
35.008	10.609	18.518	14.833	25.25	34.509	43.768	70.388	2236

- Histograma y Diagrama de Caja

Histograma de Frecuencia

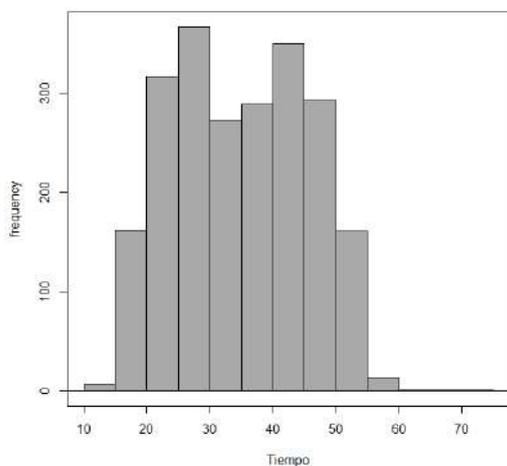
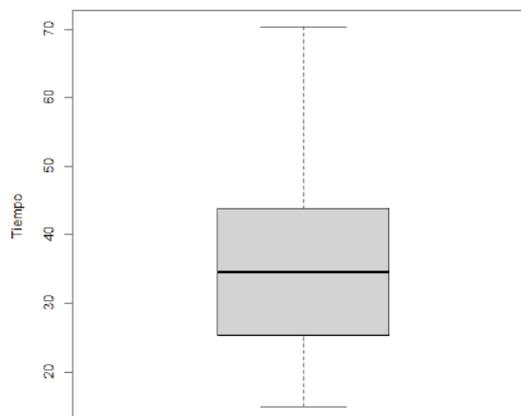


Diagrama de Caja



Histograma y diagrama de Caja del tiempo de utilización de la Cabina Sanitizante

Fuente: Autores

TEST DE NORMALIDAD: SHAPIRO-WILK

Test de normalidad (muestra de más de 50 datos con un Test Shapiro-Wilk)

Test de Normalidad del Tiempo de utilización de la Cabina Sanitizante.

Fuente: Autores

Variabes	W	p-valor	Interpretación
Tiempo de utilización	0.9648	p-v < 2.2e-16	Con un p-valor menor a 0.05 (5%), los datos tienen una distribución de probabilidad normal.

Discusión:

El tiempo promedio del uso de la cabina sanitizante entre el Tiempo de registro de datos y la desinfección corporal es de 35.01 s con una desviación típica de 10.60 s y para un análisis se debe utilizar la no-parametricidad.

ANÁLISIS DE LOS DATOS PARA LA TAZA EFECTIVA DE LA DESINFECCIÓN CORPORAL MEDIDA EN ÁREA DESINFECTADA

- Análisis descriptivo

Análisis descriptivo de la Taza Efectiva de la desinfección corporal.

Fuente: Autores

Mean	sd	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
83.756	4.492	9.304	78.260	78.425	83.333	87.730	91.304	24

- Histograma y Diagrama de Caja

Histograma de Frecuencia

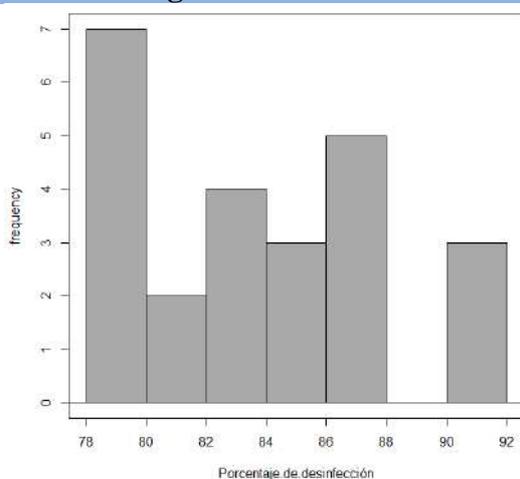
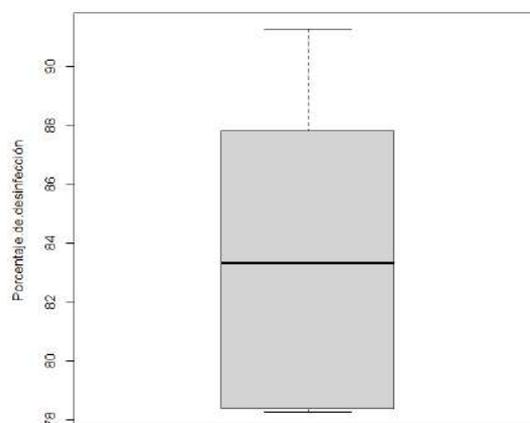


Diagrama de Caja



Histograma y diagrama de la Taza Efectiva de la desinfección corporal

Fuente: Autores

- **Test de normalidad: Kolmogorov-Smirnov**

Test de Normalidad de la Taza Efectiva de la desinfección corporal

Fuente: Autores

Variables	D	p-valor	Interpretación
Taza Efectiva de la desinfección	0.17153	0.0659	Con un p-valor mayor a 0.05 (5%), los datos no tienen una distribución de probabilidad normal.

Discusión:

La tasa de desinfección corporal por parte de la cabina sanitizante es del 83.75% con una desviación típica de 4.49%.

CÁLCULO DEL GRADIENTE DE TENDENCIA DEL TIEMPO DE USO DE LA CABINA SANITIZANTE

Primero se realiza una prueba de Test T para determinar la parametricidad del tiempo de uso de la cabina. Es de interés el tiempo de uso de la cabina con respecto a la edad de las personas

- Diagramas de Dispersión

Diagramas de Dispersión

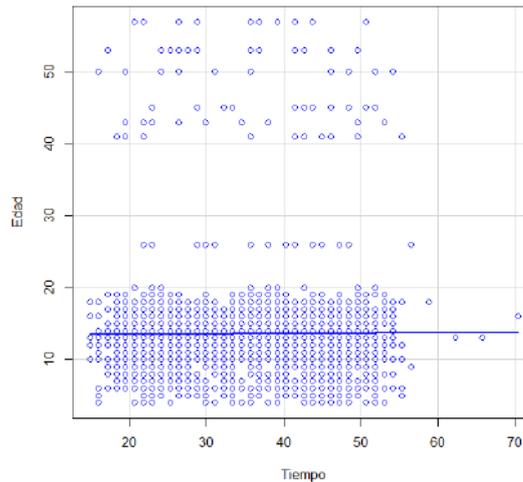


Diagrama de Dispersión de: Edad - Tiempo

Fuente: Autores

- Cálculo del Gradiente de Tendencia de: Tiempo y la Edad

Modelo de regresión Lineal para: Edad - Tiempo.

Fuente: Autores

Residuals	Min	IQ	Median	3Q	Max
	-20.238	-9.677	-0.389	8.798	35.346

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	34.81148	0.47900	72.675	<2e-16
Tiempo [s]	0.01444	0.03098	0.466	0.641

Residual standard error:	10.61 on 2234 degrees of freedom
Multiple R-squared:	9.727e-05
Adjusted R-squared:	-0.0003503
F-statistic:	0.2173 on 1 and 2234 DF
p-value:	0.6411

Ecuación de la recta de regresión modelo lineal:

$$\text{Edad} = 34.81 \text{ Tiempo} + 0.014 + \varepsilon$$

La tendencia de la variación de, tiempo de usos en función de la edad tiene una pendiente positiva igual ala coeficiente de la ecuación de la recta ajustada por el modelo lineal (34.81).

Discusión:

Las personas de menor edad tienen más afinidad con la cabina sanitizante y su funcionamiento.

COMPARACIÓN Y CORRELACIÓN DE DATOS OBTENIDOS

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TEMPERATURA: TC CABINA – TC MULTÍMETRO

- Diagramas de Dispersión

Diagramas de Dispersión

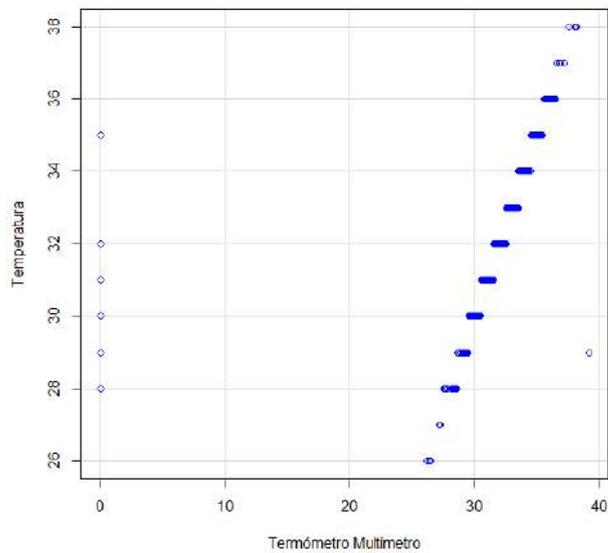


Diagrama de Dispersión de: TC Cabina vs TC multímetro.

Fuente: Autores

- Test de normalidad: TC Cabina (Shapiro-Wilk)

Test de Normalidad de la TC en la Cabina

Fuente: Autores

Variables	W	p-valor	Interpretación
TC - Cabina	0.55441	p-v < 2.2e-16	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada

- Test de normalidad: TC Multímetro (Shapiro-Wilk)

Test de Normalidad de la TC en el multímetro

Fuente: Autores

Variables	W	p-valor	Interpretación
TC - Multímetro	0.96842	p-v = 1.19e-10	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada

CORRELACIÓN DE VARIABLES DE TC DE LA CABINA – TC DEL MULTÍMETRO CON UN TEST DE CORRELACIÓN DE PEARSON BIVARIADO

- TC Cabina – TC Multímetro

Test de Correlación para: TC Cabina – TC Multímetro.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 95% por ciento:		sample estimates: core	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
15.061	651	p-v < 2.2e-16	0.4491122	0.5630855	0.5083214	true correlation is not equal to 0
Se nota una justa correlación entre las dos variables.						

COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES DE TC DE LA CABINA – TC DEL MULTÍMETRO CON UN TEST T-STUDENT A UN 97% DE CONFIABILIDAD

- Test T-Student: TC Cabina

Test T-Student para: TC Cabina

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		sample estimates: mean of x	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
148.24	652	p-v < 2.2e-16	30.54020	31.44969	30.99495	true mean is not equal to 0

- Test T-Student: TC Multímetro

Test T-Student para: TC Multímetro

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		sample estimates: mean of x	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
324.53	652	p-v < 2.2e-16	31.44025	31.86449	31.65237	true mean is not equal to 0

Finalmente, para estos datos pareados:

- Paired Test T-Student: TC Cabina - TC Multímetro

Test T-Student para: TC Cabina – TC Multímetro.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 95% por ciento:		sample estimates: core	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
-3.6468	652	0.0002867	-1.0114168	-0.3034378	-0.6574273	true difference in means is not equal to 0
Para un p-valor menos que 0.05 (5%), hay una fuerte relación entre estas dos variables con una diferencia de medias del 0.065.						

COMPARACIÓN ENTRE MEDIDAS DE PESO: PESO CABINA – PESO BÁSCULA

- Diagramas de Dispersión

Diagramas de Dispersión

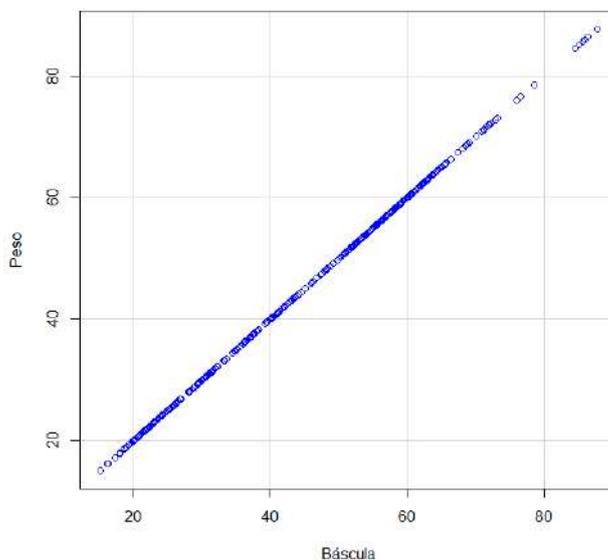


Diagrama de Dispersión de: Peso Cabina – Peso Báscula

Fuente: Autores

- **Test de normalidad:** Peso Cabina (Shapiro-Wilk)

Test de Normalidad del Peso en la Cabina

Fuente: Autores

Variables	W	p-valor	Interpretación
Peso - Cabina	0.95001	4.609e-14	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada

- **Test de normalidad:** Peso Báscula (Shapiro-Wilk)

Test de Normalidad del Peso en una Báscula

Fuente: Autores

Variables	W	p-valor	Interpretación
Peso - Bascula	0.94999	4.565e-14	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada

CORRELACIÓN DE VARIABLES DE: PESO CABINA – PESO BÁSCULA CON UN TEST DE CORRELACIÓN DE PEARSON BIVARIADO

- Peso Cabina – Peso Báscula

Test de Correlación para: Peso Cabina – Peso Báscula.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 95% por ciento:		sample estimates: core	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
29633	651	< 2.2e-16	0.9999996	0.9999997	0.9999996	true correlation is not equal to 0
Se nota una altísima correlación entre las dos variables.						

COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES DE: PESO CABINA – PESO BÁSCULA CON UN TEST T-STUDENT A UN 97% DE CONFIABILIDAD

- Test T-Student: Peso Cabina

Test T-Student para: Peso Cabina

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		sample estimates: mean of x	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
64.25	652	< 2.2e-16	39.29350	42.04687	40.67018	true mean is not equal to 0

- Test T-Student: Peso Báscula

Test T-Student para: Peso Báscula

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		sample estimates: mean of x	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
64.25	652	< 2.2e-16	39.29426	42.04767	40.67096	true mean is not equal to 0

Finalmente, para estos datos pareados:

- Paired Test T-Student: Peso Cabina – Peso Báscula

Test T-Student para: TC Cabina – TC Multímetro.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 95% por ciento:		sample estimates: core	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
1.4328	652	0.01524	-0.000289	0.0018513533	0.0007810107	true difference in means is not equal to 0
Para un p-valor menos que 0.05 (5%), hay una muy fuerte relación entre estas dos variables con una diferencia de medias del 0.0007.						

COMPARACIÓN ENTRE MEDIDAS DE ESTATURA: ESTATURA CABINA – ESTATURA CINTA MÉTRICA

- Diagramas de Dispersión

Diagramas de Dispersión

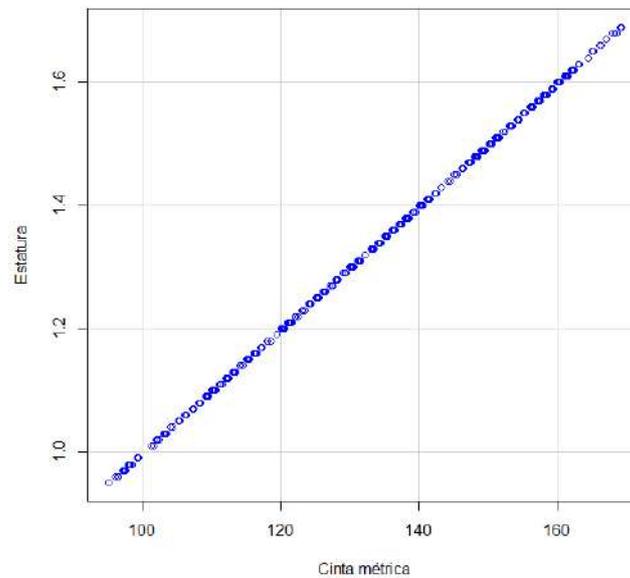


Diagrama de Dispersión de: Estatura Cabina – Estatura Cinta Métrica

Fuente: Autores

- **Test de normalidad:** Estatura Cabina (Shapiro-Wilk)

Test de Normalidad de Estatura Cabina

Fuente: Autores

Variables	W	p-valor	Interpretación
Estatura - Cabina	0.95536	3.576e-13	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada

- **Test de normalidad:** Estatura Cinta Métrica (Shapiro-Wilk)

Test de Normalidad de Estatura Cinta Métrica

Fuente: Autores

Variables	W	p-valor	Interpretación
Estatura – Cinta Métrica	0.95541	3.648e-13	Puesto que el p-valor es menor que 0.05 (5%) los datos obedecen a una distribución de probabilidades normalizada

CORRELACIÓN DE VARIABLES DE: ESTATURA CABINA – ESTATURA CINTA MÉTRICA CON UN TEST DE CORRELACIÓN DE PEARSON BIVARIADO

- Estatura Cabina – Estatura Cinta Métrica

Test de Correlación para: Estatura Cabina – Estatura Cinta Métrica.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 95% por ciento:		sample estimates: core	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
3225.5	651	< 2.2e-16	0.9999635	0.9999732	0.9999687	true correlation is not equal to 0
Se nota una altísima correlación entre las dos variables.						

COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES DE: ESTATURA CABINA – ESTATURA CINTA MÉTRICA CON UN TEST T-STUDENT A UN 97% DE CONFIABILIDAD

- Test T-Student: Estatura Cabina

Test T-Student para: Estatura Cabina

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		sample estimates: mean of x	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
174.93	652	< 2.2e-16	1.322524	1.355823	1.339173	true mean is not equal to 0

- Test T-Student: Estatura Cinta Métrica

Test T-Student para: Estatura Cinta Métrica

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 97% por ciento:		sample estimates: mean of x	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
175.26	652	< 2.2e-16	132.5021	135.8320	134.1671	true mean is not equal to 0

Finalmente, para estos datos pareados:

- Paired Test T-Student: Estatura Cabina – Estatura Cinta Métrica

Test T-Student para: Estatura Cabina – Estatura Cinta Métrica.

Fuente: Autores

T	DF	p-valor	Intervalo de confianza del 95% por ciento:		sample estimates: core	Alternative hypothesis:
			Inferior	Superior		
175.26	652	< 2.2e-16	131.3397	134.3161	0.0001328279	true correlation is not equal to 0
Para un p-valor menos que 0.05 (5%), hay una muy fuerte relación entre estas dos variables con una diferencia de medias del 0.00013.						

INTERVALOS DE CONFIANZA PARA UN MODELO LINEAL

Debido a la fuerte correlación entre las variables medidas con instrumentos estándares y con sensores electrónicos, se pueden calcular intervalos de confianza dentro de los cuales una medida es aceptada como válida.

INTERVALOS DE CONFIANZA : ESTATURA CABINA – ESTATURA CINTA MÉTRICA

Modelo de regresión Lineal para: Estatura Cabina – Estatura Cinta Métrica

Fuente: Autores

Residuals	Min	IQ	Median	3Q	Max
	-0.002513	-0.0014975	0.0004867	0.0014935	0.0025077

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
	Intercept	-0.0024579	0.0004203	-5.847
Cinta métrica [m]	0.0099997	0.0000031	3225.496	< 2e-16

Residual standard error:	0.001549 on 651 degrees of freedom
Multiple R-squared:	0.9999
Adjusted R-squared:	0.9999
F-statistic:	1.04e+07 on 1 and 651 DF
p-value:	< 2.2e-16

Donde la ecuación de la recta de ajuste sería:

	Estimate	Std.	2.5 %	97.5 %
Intercept	-0.002457913	-0.003283293	-0.001632532	
Cinta métrica [m]	0.009999703	0.009993616	0.010005791	

Discusión: Ecuación de la recta del modelo lineal:

$$\text{Estatura Cabina} = -0.0024 \text{ Cinta Métrica} + 0.0099 + \varepsilon$$

Con una confiabilidad del 97.5%.

INTERVALOS DE CONFIANZA : PESO CABINA – PESO BÁSCULA

Modelo de regresión Lineal para: Peso Cabina – Peso Báscula

Fuente: Autores

Residuals	Min	IQ	Median	3Q	Max
	-0.0195412	-0.0094126	0.0006641	0.0109111	0.0212275

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
	Intercept	-0.00026812	0.00147689	-0.182
Peso Báscula [kg]	0.99998739	0.00003375	29632.965	<2e-16

Residual standard error:	0.01394 on 651 degrees of freedom
Multiple R-squared:	1
Adjusted R-squared:	1
F-statistic:	8.781e+08 on 1 and 651 DF
p-value:	< 2.2e-16

Donde la ecuación de la recta de ajuste sería:

	Estimate Std.	2.5 %	97.5 %
Intercept	-0.0002681211	-0.00316816	0.002631918
Cinta métrica [m]	0.9999873893	0.99992113	1.000053653

Discusión: Ecuación de la recta del modelo lineal:

$$\text{Peso Cabina} = -0.00026 \text{ PesoBáscula} + 0.9999 + \varepsilon$$

Con una confiabilidad del 97.5%.

CONTROL DE CALIDAD Y ESTUDIO DE LA MÉTRICA 6σ

Dentro del estudio del control de calidad de un prototipo son importantes:

- La calidad y competitividad
- La productividad
- La medición del desempeño
- La variabilidad

Dentro del ciclo de calidad es necesario desarrollar proyectos de mejora: planear, hacer, verificar y actuar (PHVA).

PHVA (PLANEAR, HACER, VERIFICAR Y ACTUAR)

Un PHVA se puede realizar en ocho pasos:

1. Seleccionar y caracterizar cualquier problema en el diseño e implementación del prototipo
2. Buscar todas las posibles causas del problema
3. Investigar las causas más importantes
4. Considerar las medidas de remediación
5. Implementar las posibles medidas de remedio
6. Revisar los resultados obtenidos
7. Prevenir la recurrencia del problema (si este persiste)
8. Y finalmente, concluir con una mejora en la calidad

En este trabajo de investigación, el control de calidad del prototipo de la cabina sanitizante se basa en la comparación de los sensores y equipos utilizados, de los materiales, de la implementación del sistema de control, del tiempo de uso de la cabina, del porcentaje de desinfección corporal y de eficiencia en el manejo de los datos y resultados.

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DEL TIEMPO DE USO

- Coeficiente de variación del tiempo de uso
 $CV = (10.60919/35.00877) * 100 = 30.30\%$
- Coeficiente de variación del porcentaje de desinfección
 $CV = (4.492571/83.75676) * 100 = 5.36\%$

Discusión:

Existe una menor variación en el porcentaje de desinfección frente al tiempo de usos de la cabina, lo que hace que la desafección sea más eficiente.

ÍNDICE DE CAPACIDAD POTENCIAL DE PROCESO

$$Cp = \frac{(ES - EI)}{6\sigma} = \frac{\text{Variación Tolerada}}{\text{Variación Real}}$$

Donde:

ES: Es la especificación superior para la característica de calidad

EI: Es la especificación inferior para la característica de calidad

6σ es 6 veces la desviación estándar, es la variación real debido a las distribuciones normales donde se afirma que entre $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra 99.73% de los valores de una variable con distribución normal.

Índice de Capacidad: Tiempo

Se toma la variación tolerada como 90 s, (al 97% de confiabilidad)

$$Cp = \frac{(90)}{6(10.60919)} = 1.4137$$

Conclusión:

Puesto que $Cp=1.4137$ es mayor que 1.33, la clase del proceso es 1 con una decisión ADECUADA

Índice de Capacidad: Desinfección

Se toma la variación tolerada como 50%, (al 97% de confiabilidad)

$$Cp = \frac{(50)}{6(4.4925)} = 1.8549$$

Conclusión:

Puesto que $Cp=1.8549$ es mayor que 1.33, la clase del proceso es 1 con una decisión ADECUADA

Se debe tener en cuenta que, para un Cp mayor o igual que 2, la clase del proceso es "Clase Mundial" y se tiene CALIDAD 6 SIGMA.

RAZÓN DE CAPACIDAD POTENCIAL

$$C_p = \frac{6\sigma}{(ES - EI)}$$

- Tiempo
 $Cr = 0.7073$, el proceso cumple con un 70.73% de la banda de especificaciones.
- Desinfección
 $Cr = 0.5391$, el proceso cumple con un 53.91% de la banda de especificaciones.

ÍNDICES C_{pi} , C_{ps} y C_{pk}

- Índice de capacidad para especificación inferior

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

- Índice de capacidad para especificación superior

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

- Índice de capacidad del proceso

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

Índice de capacidad del proceso del Tiempo y la desinfección

Fuente: Autores

	C_{pi}	C_{ps}	C_{pk}
Tiempo	0.78	1.44	0.78
Desinfección	0.81	1.92	0.81

Conclusión:

Tanto para el tiempo como para el porcentaje de desinfección, la recomendación es mejorar el proceso porque el C_{pi} es bastante inferior al C_p (esto resulta claro y coherente puesto que el C_p para las dos variables es solamente ADECUADO).

Anexo 10. Carta de Aval de la UEIB. Oswaldo Guayasamin (Colta-Chimborazo):
Validacion del proyecto de investigacion.



UNIDAD EDUCATIVA COMUNITARIA INTERCULTURAL
BILINGÜE
"MAESTRO OSWALDO GUAYASAMIN CALERO"
Secao San Jose-Columbe-colta



Secao San José, 14 de noviembre de 2022.

Señores.

Escuela de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.

Presente.-

De mi consideración:

A nombre de la UEIB. OSWALDO GUAYASAMÍN (COLTA-CHIMBORAZO). hago extensivo mis saludos y desearles éxitos en sus funciones que muy acertadamente las realiza en búsqueda de la excelencia académica.

Con la finalidad de validar el proyecto de investigación de tesis **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA SANITIZANTE CON TECNOLOGÍA IOMT PARA MEDIR TEMPERATURA, O₂SAT E IMC, EN LA UEIB. OSWALDO GUAYASAMÍN (COLTA-CHIMBORAZO)"** desarrollado por los estudiantes: **Paúl Ramiro Romero Morán** y **Daniel Patricio Yaufibug Apugllón**; en virtud de lo solicitado se procedió a constatar el diseño, construcción y la funcionalidad del dispositivo en las instalaciones de nuestra Institución, Entonces, cumplimos con informar que esta investigación cumple con todos los objetivos y requerimientos planteados por nosotros lo cual conllevará posteriormente a la socialización de este proyecto ante todas aquellas entidades que podrían ser partícipes de la tecnología desarrollada. Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad

Por la atención que se sirva dar al presente anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente;



Abg. Vicente Anilema
RECTOR DE LA UEIB. OSWALDO WAYASAMÍN



Anexo 11. Carta de Aval de la Fundacion EcoSur-Riobamba: Validacion del proyecto de investigacion implementado en la UEIB. Oswaldo Guayasamin (Colta-Chimborazo).



Riobamba, a 16 de noviembre de 2022

Señores

ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNACH.

Presente

De nuestra consideración.

La Fundación EcoSur Ecuador les extiende sus más sinceros saludos y les desea éxitos en sus funciones que muy acertadamente realizan en la búsqueda de la excelencia académica.

Con la finalidad de validar el proyecto de investigación de tesis "IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA SANITIZANTE CON TECNOLOGÍA IOMT PARA MEDIR TEMPERATURA, O₂SAT E IMC, EN LA UEIB. OSWALDO GUAYASAMÍN (COLTA- CHIMBORAZO)" desarrollado por los señores estudiantes Romero Morán Paúl Ramiro y Yautibug Apugllón Daniel Patricio, se procedió a constatar de manera presencial el diseño, la implementación y el funcionamiento de la Cabina Inteligente, propiedad de la UEIB Oswaldo Guayasamín con la colaboración de Fundación EcoSur Ecuador. Entonces, cumplimos con informar que esta investigación cumple con todos los objetivos y requerimientos planteados por nosotros lo cual conllevará posteriormente a la socialización de este proyecto ante todas aquellas entidades que podrían ser partícipes de la tecnología desarrollada.

Es todo cuanto podemos informar en honor a la verdad.

Por la atención que se sirvan dar a la presente, anticipamos nuestros sinceros agradecimientos.

Atentamente,

Ing. Diego Coloma

Director Ejecutivo

FUNDACIÓN ECOSUR ECUADOR
RUC: 0691719766001

Fundación EcoSur Ecuador

Brasil y Boyacá Riobamba, Ecuador +593.9.92746524

Anexo 12. Aporte del proyecto de Investigación al Plan institucional de retorno seguro a las actividades presenciales en la Universidad Nacional de Chimborazo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
SECRETARÍA GENERAL

Oficio No. 0310-UNACH-SG-2022
Riobamba, 31 de octubre de 2022.

Señores
Dra. Lida Barba M., Ph.D.
VICERRECTORA ACADÉMICA.
Dr. Luis Alberto Tuaza C., Ph.D.
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN, VINCULACIÓN Y POSGRADO.
Ms. Yolanda Salazar G.
VICERRECTORA ADMINISTRATIVA.
Dra. Amparo Cazorla B., Ph.D.
Dr. Gonzalo Bonilla P.
Dr. Patricio Sánchez C., Ph.D.
Dr. Patricio Villacrés C., Ph.D.
DECANOS.
PROCURADOR GENERAL.
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN DEL TALENTO HUMANO.
DIRECTOR ADMINISTRATIVO.
PRESIDENTE ASO. DE PROFESORES.
PRESIDENTES ASO. EMPLEADOS Y SERVIDORES.
SECRETARIO SINDICATO DE TRABAJADORES.
Presente .-

De mi consideración:

Cumplo con el deber de notificar a ustedes que, el Consejo Universitario en sesión de fecha 28 de octubre de 2022, resolvió, lo siguiente:

- **REFORMAS Y CODIFICACIÓN A: PLAN INSTITUCIONAL DE RETORNO SEGURO A LAS ACTIVIDADES PRESENCIALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO; y, DIRECTRICES DE GESTIÓN DE TALENTO HUMANO.**

RESOLUCIÓN No. 0300-CU-UNACH-SE-ORD-28-10-2022.

EL CONSEJO UNIVERSITARIO
Considerando:

Que, el Vicerrectorado Administrativo, mediante oficio No. 1601-VA-UNACH-2022, manifiesta:

"... Con un cordial saludo, dando cumplimiento a lo dispuesto en la RESOLUCIÓN No. 0292-CU-UNACH-SE-ORD-23/28-09-2022, nos permitimos remitir a Usted, para que por su intermedio se ponga en conocimiento de Consejo Universitario:

1. *Reforma al PLAN INSTITUCIONAL DE RETORNO SEGURO A LAS ACTIVIDADES PRESENCIALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO (aprobado mediante resolución 0050-CU-UNACH-SE-ORD- 14-03-2022 y reformado mediante resolución No. 0222-CU-UNACH-SE-EXT-29-07-2022), adecuado a la normativa vigente y de acuerdo al retorno a la presencialidad en un 100% en las carreras.*
2. *Reformas a la DIRECTRICES DE GESTIÓN DE TALENTO HUMANO, (aprobadas mediante resoluciones No. 0099-CU-UNACH-SE-ORD-31-03/07;25- 04-2022 y 0159-CU-UNACH-SE-ORD-24-05-2022),*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
SECRETARÍA GENERAL

presentadas mediante Oficio Nro. O-1974-UNACH-DATH-2022 por el señor Director de Administración de Talento Humano, y revisadas por los dos Vicerrectorados (...)”.

Que, el **PLAN INSTITUCIONAL DE RETORNO SEGURO A LAS ACTIVIDADES PRESENCIALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**, determina:

• **“(…) 2. JUSTIFICACIÓN**

La necesidad de retorno para la ejecución de actividades presenciales cuyos procesos demandan una interrelación directa de los actores en la institución, requieren el establecimiento de directrices que permitan un retorno seguro a la Universidad Nacional de Chimborazo.

Adicionalmente se considera el cumplimiento de las disposiciones legales, particularmente, las establecidas mediante Acuerdo Ministerial MDT-2021-215, de 9 de julio del año 2021, cuyo artículo 4 dispone : “Art. 4.- De la potestad de las máximas autoridades o de sus delegados.- Las máximas autoridades o sus delegados tendrán la potestad de determinar qué servidores públicos o trabajadores, inmunizados o no, deberán laborar presencialmente, siempre que no se contraponga a las disposiciones establecidas en la Guía y Plan General para el Retorno Progresivo y Seguro a las Actividades Laborales Presenciales Nro. MTT6-003, Versión 7.0, del 29 de junio de 2021, aprobada por el Comité de Operaciones de Emergencia Nacional (COE-N), y al presente Acuerdo Ministerial.”

En lo que respecta a las actividades académicas que ejecuta la UNACH, conforme las resoluciones del COE Nacional y la Política Pública para el retorno seguro a la Educación Superior – 5da edición y sus Recomendaciones Generales, se ha dispuesto el retorno al 100% de las actividades de manera presencial.

• **3. OBJETIVOS**

3.1 General:

- *Establecer directrices para el retorno seguro a las actividades presenciales, que permitan reducir el riesgo de contagio de la COVID-19 en los miembros de la comunidad universitaria (estudiantes, profesores, investigadores, administrativos y personal del Código de Trabajo), clientes y usuarios de la Universidad Nacional de Chimborazo.*

3..2 Específicos:

- a. *Difundir a la comunidad universitaria el PLAN INSTITUCIONAL DE RETORNO SEGURO A LAS ACTIVIDADES PRESENCIALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, para conocimiento y puesta en práctica de medidas preventivas de bioseguridad frente al riesgo de contagio por coronavirus – SARS COV 2.*
- b. *Establecer los procedimientos para la atención de salud preventiva, de seguimiento y control por parte del Servicio Integrado de Salud Universitaria y Salud Ocupacional.*
- c. *Exhortar a los miembros de la Comunidad Universitaria sobre el compromiso y corresponsabilidad para reducir el riesgo de contagio de la COVID-19, con el cumplimiento de las medidas establecidas en el Plan Institucional de Retorno Seguro a las Actividades Presenciales en la Universidad Nacional de Chimborazo (...)*”.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
SECRETARÍA GENERAL

Que, la Constitución de la República consagra que, es obligación del Estado proteger a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y el mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad;

Que, la Norma Suprema, en el artículo 355 consagra que, el Estado reconocerá a las universidades y escuelas politécnicas, autonomía académica, administrativa, financiera y orgánica, acorde con los objetivos del régimen de desarrollo y los principios establecidos en la Constitución;

Que, mediante Acuerdo Ministerial No. 00126-2020, de fecha 11 de marzo de 2020, el Ministerio de Salud Pública declaró el Estado de Emergencia Sanitaria en todo el país (...) por la inminente posibilidad del efecto provocado por el coronavirus (COVID-19), y prevenir un posible contagio masivo en la población;

Que, mediante Acuerdo Interministerial No. 00000001, de fecha 12 de marzo de 2020, el Ministerio de Gobierno y el Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, dispusieron medidas de prevención para evitar la propagación del coronavirus (COVID-19);

Que, es necesario generar medidas adicionales de prevención a fin de que los servidores y estudiantes universitarios, puedan cumplir sus actividades utilizando mecanismos que salvaguarden el derecho supremo a la salud y a la vida;

Que, el artículo 34 del Estatuto Institucional, estipula que el Consejo Universitario es el órgano colegiado superior y se constituye en la máxima instancia de gobierno de la Universidad Nacional de Chimborazo en el marco de los principios de autonomía y cogobierno.

Con fundamento en la normativa enunciada y conforme las atribuciones determinadas por el artículo 35 del Estatuto vigente, en forma unánime, **RESUELVE:**

Primero: CONOCER, ADMITIR y APROBAR, las reformas y codificación propuestas por el Vicerrectorado Académico y Vicerrectorado Administrativo, a:

- **PLAN INSTITUCIONAL DE RETORNO SEGURO A LAS ACTIVIDADES PRESENCIALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.**
- **DIRECTRICES PARA LA GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO.**

Segundo: DICTAMINAR, que, se realicen las acciones necesarias, para que, al menos, en un 30% de los proyectos de investigación que se implementen, vayan dirigidos a la atención de aspectos que involucren el bienestar de salud física y mental, de los estamentos universitarios; de manera preferente, al manejo postpandemia de la covid-19.

Tercero: DISPONER, la difusión respectiva, de la presente resolución,

Por consiguiente, con sustento en los principios de eficacia, eficiencia y calidad, que rigen la actuación de la Administración Pública; en aplicación de la facultad dispuesta en el art. 90 del Código Orgánico Administrativo, se procede a notificar con la presente resolución, a los correos electrónicos respectivos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
SECRETARÍA GENERAL

Atentamente,



NESTOR ARTURO
GUERRERO HEREDIA

Dr. Arturo Guerrero Heredia, Mgs.
SECRETARIO GENERAL

Anexos:

C.C. Archivo
Elab: Dr. Arturo Guerrero Heredia
Notif: Ms. MAcevedo.