



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA:

“Adecuación del módulo de inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2.”

AUTOR: Erika María Rea Lozada

DIRECTOR: PhD. Marco Antonio Ciaccia Sortino

2021
IBARRA – ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Instituciones, para lo cual pongo a disposición de la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100392897-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Rea Lozada Erika María		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Isla San Salvador y Latacunga, 2-78.		
EMAIL:	emreal@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062 545646	TELÉFONO MÓVIL:	0985853509

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Adecuación del módulo de inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2.”
AUTOR:	Rea Lozada Erika María
FECHA (DD/MM/AAAA):	22 de mayo del 2021
PROGRAMA:	Pregrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR/DIRECTOR:	PhD. Marco Antonio Ciaccia Sortino

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de junio del 2021

EL AUTOR:

Rea Lozada Erika María

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “Adecuación del módulo de inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2.”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la egresada Rea Lozada Erika María, bajo mi supervisión.

PhD. Marco Ciaccia

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por su apoyo continuo; por permitirme empezar de cero muchas veces, a mi tutor PhD. Marco Ciaccia por ser la persona ejemplar que un día espero llegar a ser, a todos los docentes que me compartieron sus conocimientos y me ayudaron a crecer profesionalmente, a Jonathan porque estuvo a mi lado cuando pensaba que era el fin y todo se desmoronaba y me agradezco a mí, por haberme despertado todos los días con las ganas de llegar a mi meta.

Rea Lozada Erika María

DEDICATORIA

Este logro lo dedico a mis padres por su paciencia, amor y lucha constante.

Rea Lozada Erika María

Resumen

El primer brote de COVID-19 la enfermedad respiratoria grave generada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 se notificó en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei en China el 31 de diciembre del 2019 y se ha diseminado por todo el mundo. En el Ecuador presentamos una tasa de letalidad, fallecidos respecto a confirmados, del 5,77 % ubicándonos en el tercer puesto de países con mayor letalidad en el continente.

La condición actual de los baños públicos es ineficiente y ligado a la falta de costumbres de aseo en la sociedad, estos han representado un peligro biológico para los usuarios, por ello es necesario realizar propuestas de cambio para que se pueda contar con un espacio adecuado para el uso y con las medidas necesarias de bioseguridad.

En el marco teórico se detalla la investigación utilizada para realizar la propuesta de la adecuación del módulo de inodoro, los requisitos de diseño se obtuvieron a partir de la metodología de la casa de la calidad (QFD).

En base a la mejor opción se obtiene el diseño del sistema, tomando en cuenta los dispositivos disponibles en el mercado nacional, se realiza el diseño CAD y una simulación a partir del funcionamiento final del sistema planteado para evitar el uso de las manos dentro del módulo de inodoro. La propuesta indicada en este documento se encuentra diseñada para su fabricación bajo pequeñas modificaciones dependiendo del tipo de inodoro en el cual se planea su implementación.

Abstract

The first outbreak of COVID-19, the severe respiratory disease generated by the new SARS-CoV-2 coronavirus, was reported in the city of Wuhan, Hubei province in China on December 31, 2019 and has spread worldwide. In Ecuador we have a lethality rate, deaths with respect to confirmed cases, of 5.77 %, placing us in third place among the countries with the highest lethality in the continent.

The current condition of public toilets is inefficient and linked to the lack of cleanliness habits in society, these have represented a biological hazard for users, so it is necessary to make proposals for change in order to have an adequate space for use and with the necessary biosecurity measures.

The theoretical framework details the research used to make the proposal for the adequacy of the toilet module, the design requirements were obtained from the quality house methodology (QFD).

Based on the best option, the design of the system is obtained, considering the devices available in the national market, the CAD design, and a simulation of the final operation of the proposed system to avoid the use of hands inside the toilet module is carried out. The proposal indicated in this document is designed to be manufactured under small modifications depending on the type of toilet in which its implementation is planned.

ÍNDICE GENERAL

Introducción.....	14
1. Planteamiento del Problema.....	14
2. Objetivos.....	14
2.1. Objetivo General	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. Alcance	15
4. Justificación	15
5. Antecedentes	15
CAPÍTULO I.....	18
1.1. Origen del Virus SARS-CoV-2.....	18
1.1.1. Coronavirus.....	18
1.1.2. SARS-CoV.....	18
1.1.3. COVID-19.....	18
1.2. Medios de Contagio del Virus SARS-CoV-2.....	19
1.2.1. Transmisión Animal-Humano	19
1.2.2. Transmisión Persona-Persona	19
1.2.3. Transmisión Superficie-Persona.....	20
1.2.4. Transmisión Fecal-Oral.....	20
1.3. Inodoros de Estudio.	21
1.3.1. Términos y Definiciones Involucrados en el Módulo de Inodoro.....	21
1.4. Detección de Superficies con Mayor Contaminación en el Módulo de Inodoro.....	22
CAPÍTULO II.....	24
2.1. Investigación	24
2.2. Encuesta	24
2.3. Análisis QFD	24
2.3.1. Voz del Cliente.....	24
2.3.2. Voz del Ingeniero.....	24
2.4. Diagramas Funcionales	24
CAPÍTULO III	25
3.1. Análisis de la Matriz QFD	25
3.2. Requisitos de Diseño.....	26
3.3. Planteamiento de Posibles Soluciones.....	26
3.3.1. Diagramas Funcionales	26
3.3.2. Módulos	27
3.3.3. Análisis del módulo uno: Ingreso.....	27
3.3.4. Alternativas del módulo uno: Ingreso.....	31
3.3.5. Análisis del módulo dos: Apertura y Cierre de Tapa.....	33

3.3.6.	Alternativas del módulo dos: Apertura y Cierre de Tapa.....	34
3.3.7.	Análisis del módulo tres: Descarga	36
3.3.8.	Alternativas del módulo 3: Descarga.....	38
3.3.9.	Análisis del módulo cuatro: Limpieza y Desinfección	39
3.3.10.	Alternativas del módulo 4: Limpieza y Desinfección.....	41
3.4.	Selección de la Mejor Propuesta	43
3.4.1.	Diagrama de Flujo del Funcionamiento	44
3.5.	Selección de Materiales.....	45
3.6.	Diseño del Sistema Electrónico.....	45
3.6.1.	Torque Requerido para Elevar la Tapa del Inodoro.....	45
3.6.2.	Torque Requerido para Elevar la Válvula de Descarga	46
3.6.3.	Esquema del Circuito	47
3.7.	Diseño de los Elementos Estructurales.....	47
3.7.1.	Soporte para el pie.....	47
3.7.2.	Simulación estática del soporte para pie.....	48
3.8.	Mejora Opcional	50
3.9.	Simulación CAD de la propuesta	51
3.10.	Manual de Usuario	53
3.10.1.	Datos importantes.....	53
3.10.2.	Pasos para el uso del sistema.....	54
3.11.	Protocolo de Uso	55
3.11.1.	Objetivos de implementación de un protocolo de uso	55
3.11.2.	Definiciones importantes.....	55
3.11.3.	Protocolo para la Utilización Segura del Módulo de Inodoro.....	56
3.11.4.	Protocolo para la Limpieza y Desinfección del Módulo de Inodoro.....	56
3.11.5.	Elementos de Protección Personal.....	57
3.12.	Análisis de Costos	58
3.12.1.	Costo de Insumos	58
3.12.2.	Costos Totales	58
3.12.3.	Comparación de Costos.....	58
3.13.	Análisis de Resultados	59
Capítulo V	.....	60
Conclusiones	.....	60
Recomendaciones	.....	60
Bibliografía	.....	61
ANEXOS	.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Activación sin contacto de un inodoro.....	16
Figura 2. Aparato de control automático de elevación y cierre de tapa y asiento de inodoro	16
Figura 3. Asiento de inodoro de limpieza automática	17
Figura 4. Microscopía electrónica del coronavirus SARS-CoV-2.....	19
Figura 5. Nube de gas turbulento generado al estornudar	20
Figura 6. Imágenes de tinción histológica de tejidos gastrointestinales de pacientes infectados	21
Figura 7. Comparación del porcentaje de carga de coliformes totales en cada superficie	22
Figura 8. Distribución de la posición de las partículas durante el período posterior a la descarga en un tiempo de 70 segundos.....	23
Figura 9. Diagrama funcional nivel cero.....	26
Figura 10. Diagrama funcional nivel uno.....	26
Figura 11. Diagrama funcional nivel dos	27
Figura 12. Sensor PIR disponible en el mercado.....	27
Figura 13. Sensor Sharp disponible en el mercado.....	28
Figura 14. Sensor de proximidad E18 disponible en el mercado.....	28
Figura 15. Motor para apertura de la puerta	28
Figura 16. Motor paso a paso para apertura de la puerta	29
Figura 17. Actuador lineal para la apertura de la puerta.....	29
Figura 18. Apertura de la puerta con el codo.	30
Figura 19. Dispositivo para halar la puerta con el pie.	30
Figura 20. Cerradura magnética disponible en el mercado	30
Figura 21. Activación mediante palanca mecánica.	33
Figura 22. Servomotor de alto torque.....	33
Figura 23. Sensor de peso por celda de carga	34
Figura 24. Detector de obstáculos IR.	34
Figura 25. Servomotor integrado a la palanca de descarga	37
Figura 26. Servomotor de alto torque resistente al agua.....	37
Figura 27. Palanca mecánica anclada a la palanca de descarga.....	37
Figura 28. Limpieza manual de inodoro	40
Figura 29. Generador de ozono industrial	40
Figura 30. Aerosol de solución desinfectante.....	41
Figura 31. Desinfección manual del inodoro	41
Figura 32. Diagrama de conexiones del sistema	47
Figura 33. Soporte para pie	47
Figura 34. Diagrama esfuerzo-deformación del ensayo a flexión para ABS.....	48
Figura 35. Límite elástico del ABS calculado gráficamente	48

Figura 36. Esfuerzo máximo en el soporte de pie	49
Figura 37. Factor de seguridad mínimo en el soporte de pie	49
Figura 38. Modelo CAD de los módulos de aseo de la facultad	51
Figura 39. Puerta de ingreso al módulo de inodoro.....	51
Figura 40. Sensor de presencia dentro del módulo de inodoro	52
Figura 41. Ubicación de los sensores para abrir la tapa del inodoro y la descarga del agua	52
Figura 42. Ubicación del sensor para desactivar la cerradura magnética.	53
Figura 43. Ubicación del soporte para pie.....	53
Figura 44. Señalética no tocar	53
Figura 45. Luz piloto roja	54
Figura 46. Luz piloto verde.....	54
Figura 47. Apertura de la puerta con el codo	54
Figura 48. Señalética abrir tapa.....	54
Figura 49. Señalética descarga	54
Figura 50. Ubicación del soporte para pie.....	55
Figura 51. Señalética abrir la puerta con el soporte de pie	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los requerimientos del sistema.....	25
Tabla 2. Descripción de las funciones de nivel uno del sistema del módulo de inodoro.	27
Tabla 3. Ventajas y desventajas del sensor PIR	28
Tabla 4. Ventajas y desventajas del sensor Sharp	28
Tabla 5. Ventajas y desventajas del sensor de proximidad infrarrojo ajustable E18.	28
Tabla 6. Ventajas y desventajas del motor	29
Tabla 7. Ventajas y desventajas del motor paso a paso	29
Tabla 8. Ventajas y desventajas del actuador lineal	29
Tabla 9. Ventajas y desventajas del empuje manual	30
Tabla 10. Ventajas y desventajas de la cerradura magnética.	31
Tabla 11. Alternativas para el módulo uno.	31
Tabla 12. Evaluación de criterios del módulo uno.	31
Tabla 13. Evaluación del módulo uno respecto al diseño.....	32
Tabla 14. Evaluación del módulo uno respecto a las dimensiones.	32
Tabla 15. Evaluación del módulo uno respecto al costo.....	32
Tabla 16. Evaluación del módulo uno respecto a la seguridad.	32
Tabla 17. Selección de la alternativa para el módulo uno.	32
Tabla 18. Ventajas y desventajas de la activación mediante palanca mecánica.	33
Tabla 19. Ventajas y desventajas de un servomotor.....	33
Tabla 20. Ventajas y desventajas del sensor de peso por celda de carga.	34
Tabla 21. Ventajas y desventajas del detector de obstáculos IR.....	34
Tabla 22. Alternativas para el módulo dos.....	35
Tabla 23. Evaluación de criterios para el módulo dos.....	35
Tabla 24. Evaluación del módulo dos respecto a las dimensiones.	35
Tabla 25. Evaluación del módulo dos respecto a la instalación.....	36
Tabla 26. Evaluación del módulo dos respecto al material.	36
Tabla 27. Evaluación del módulo dos respecto al costo.	36
Tabla 28. Evaluación del módulo dos respecto a la durabilidad.....	36
Tabla 29. Selección de la alternativa para el módulo dos.....	36
Tabla 30. Ventajas y desventajas de servomotor resistente al agua.....	37
Tabla 31. Ventajas y desventajas de palanca mecánica anclada a la palanca de descarga.	37
Tabla 32. Alternativas para el módulo tres.....	38
Tabla 33. Evaluación de criterios para el módulo tres.....	38
Tabla 34. Evaluación del módulo tres respecto a las dimensiones.	38
Tabla 35. Evaluación del módulo tres respecto a la instalación.	39
Tabla 36. Evaluación del módulo tres respecto al material.	39

Tabla 37. Evaluación del módulo tres respecto al costo.....	39
Tabla 38. Evaluación del módulo tres respecto a la durabilidad.	39
Tabla 39. Evaluación del módulo tres respecto al diseño.....	39
Tabla 40. Selección de la alternativa para el módulo tres: Descarga.....	39
Tabla 41. Ventajas y desventajas de la limpieza manual.....	40
Tabla 42. Ventajas y desventajas del generador de ozono.	40
Tabla 43. Ventajas y desventajas de la desinfección mediante aerosol.	41
Tabla 44. Ventajas y desventajas de la desinfección manual.	41
Tabla 45. Alternativas para el módulo cuatro.	41
Tabla 46. Evaluación de criterios para el módulo cuatro.	42
Tabla 47. Evaluación del módulo cuatro respecto a la instalación.	42
Tabla 48. Evaluación del módulo cuatro respecto al costo.....	42
Tabla 49. Evaluación del módulo cuatro respecto a la seguridad.....	42
Tabla 50. Evaluación del módulo cuatro respecto a la durabilidad.	42
Tabla 51. Selección de la alternativa para el módulo cuatro: Limpieza y Desinfección.....	43
Tabla 52. Solución general.....	43
Tabla 53. Especificaciones técnicas del servomotor MG996R	46
Tabla 54. Características del ABS	49
Tabla 55. Actuadores disponibles en el mercado	50
Tabla 56. Costo de insumos para el sistema.....	58
Tabla 57. Costo total del sistema	58
Tabla 58. Comparación de costos	59

Introducción

ASPECTOS GENERALES

1. Planteamiento del Problema

Según la Organización Mundial de la Salud, “El COVID-19 es una enfermedad respiratoria aguda, en ocasiones de gravedad, causada por un nuevo coronavirus descubierto recientemente llamado SARS-CoV-2” [1], resulta ser altamente contagioso y presenta una transmisión significativa de persona a persona, incluso si esta no presenta síntomas de infección. Se ha intentado minimizar su propagación mediante normas de bioseguridad, pero su alto grado de contagio ha dado como resultado el colapso del sistema de salud de los países afectados. El gobierno de Ecuador ha impulsado Plan de Respuesta Humanitaria COVID-19 para contener la propagación de la enfermedad y atenuar sus consecuencias económicas y sociales.

Estudios demuestran que la transmisión de persona a persona se produce a través del contacto con secreciones que salen despedidas de la nariz o boca de una persona infectada, además existe evidencia del contagio por la vía fecal-oral [2], estas secreciones se transmiten por contacto directo o mediante superficies contaminadas por el virus que puede permanecer activo por tiempos que varían entre pocas horas hasta varios días, dependiendo del material y de las condiciones ambientales [3]. Los espacios con gran afluencia de personas son el medio propicio para la proliferación del virus, por ende, los baños públicos reúnen las características necesarias para convertirse en un foco de infección.

En este trabajo se pretende realizar una propuesta para el acondicionamiento del área de inodoro en baños públicos que incluirá el diseño de dispositivos específicos y protocolos de manejo y desinfección de las superficies luego de cada uso.

Con los antecedentes expuestos, se observa la necesidad de minimizar el riesgo de infección mediante la implementación de medios y métodos para evitar el contacto con superficies infectadas en espacios de uso público.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- Proponer modificaciones en el módulo de inodoro en sanitarios públicos para reducir el riesgo de infección por SARS-CoV-2.

2.2. Objetivos Específicos

- Investigar las superficies con mayor acumulación de bacterias en el módulo del inodoro.
- Determinar los elementos necesarios para reducir el riesgo de contagio en el área del inodoro.
- Diseñar los sistemas requeridos para evitar el contacto de las manos con superficies de alto riesgo.
- Establecer el procedimiento para la utilización segura del servicio de inodoro.

3. Alcance

El trabajo se limitará a realizar una propuesta y no incluye la puesta en práctica. Por esta razón, los sistemas solamente se diseñarán y no se construirán.

Aunque el trabajo se realizará considerando baños públicos en general, se particularizarán las soluciones en función de los baños públicos del edificio FICA de la UTN.

4. Justificación

Alrededor del 80 % de personas contagiadas de COVID-19 se recuperan sin necesidad de tratamiento hospitalario y 1 de cada 5 personas que contraen la enfermedad acaba presentando un cuadro grave y experimenta dificultades para respirar, además de las personas con afecciones médicas previa, sin embargo, cualquier persona puede contraer la COVID-19 y caer gravemente enferma, así lo indica la Organización Mundial de la Salud [4]. En el Ecuador presentamos una tasa de letalidad, fallecidos respecto a confirmados, del 5,77 % ubicándonos en el tercer puesto de países con mayor letalidad en el continente [5].

El gobierno de Ecuador ha impulsado Plan de Respuesta Humanitaria COVID-19 para contener la propagación de la enfermedad y atenuar sus consecuencias económicas y sociales [6], por lo cual la investigación planteada refleja una mayor posibilidad de disminuir el riesgo de exposición a secreciones de personas infectadas en los sanitarios públicos, mediante el uso del inodoro sin contacto alguno de las manos con el módulo, además de asegurar una limpieza óptima, se reduce el riesgo de contagio de SARS-CoV-2 al mínimo.

Por otro lado, la condición actual de los baños públicos es ineficiente y ligado a la falta de costumbres de aseo en la sociedad, estos han representado un peligro biológico para los usuarios, por ello es necesario realizar propuestas de cambio para que se pueda contar con un espacio adecuado para el uso y con las medidas necesarias de bioseguridad.

5. Antecedentes

Se presenta la patente número US9428897B2 que muestra la activación del sistema mediante el uso de un conjunto de sensor y actuador de inodoro, que tiene, por una parte un sensor de infrarrojos (20) configurado para detectar la presencia de un objeto a una gran distancia del inodoro; y un sensor ultrasónico (22) configurado para detectar la presencia del objeto a una distancia cercana del inodoro, en el que el sensor ultrasónico permanece en modo de reposo hasta que se despierta una señal del sensor infrarrojo de que ha detectado la presencia del usuario a una distancia lejana; y un mecanismo de accionamiento (14) que descarga el inodoro en respuesta a una señal del sensor ultrasónico que ha detectado la presencia del objeto a una distancia cercana, es decir, cuando el usuario para la mano cerca del sensor [7]. El modelo se muestra en la figura 1.



Figura 1. Activación sin contacto de un inodoro [7].

El modelo presentado anteriormente permite que la descarga del inodoro sea de manera automática sin necesidad del contacto de las manos del usuario con el módulo del inodoro, mediante la detección del usuario en un campo continuo, previniendo el inconveniente de que las descargas pueden producirse en momentos no deseados si la persona es de estatura baja, se realiza un movimiento brusco o si existe un elemento estático que obstruya la mira del sensor.

Por otro lado, en la patente número US8108952B2 se proporciona el aparato de control ilustrado en la figura 2, para el dispositivo automático de elevación y cierre del asiento y tapa de inodoro sin el contacto de las manos, que incluye una esterilla, al menos un módulo de detección y un módulo de control. El módulo de detección (5) está ubicado dentro del tapete (4). El módulo de control (6) está conectado eléctricamente al módulo de detección y a un dispositivo de elevación y cierre de inodoro y tapa automatizado. La colchoneta se coloca frente al inodoro. Cuando un usuario pisa la alfombrilla, el módulo de detección y el módulo de control detectan la orientación y la posición de la huella para determinar si el usuario está mirando hacia el inodoro o no, y envía señales de control al asiento y la tapa del inodoro automáticos que se levantan y cierran, además el módulo de detección puede detectar al usuario que termina de usar el inodoro y deja el tapete [8].

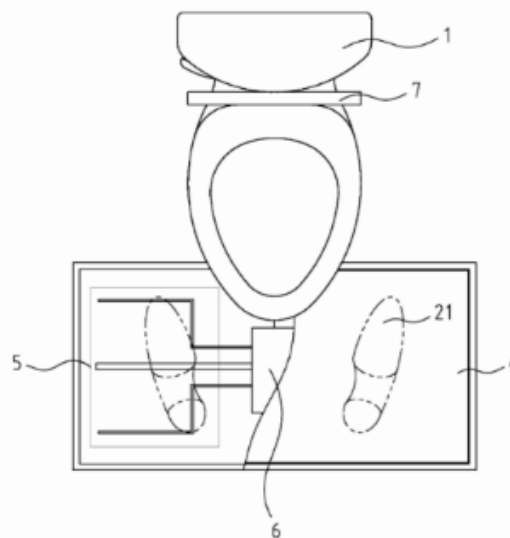


Figura 2. Aparato de control automático de elevación y cierre de tapa y asiento de inodoro [8].

Cabe recalcar la importancia de mantener la tapa del inodoro cerrada cuando no se encuentra en uso, además de ser necesario cerrarla antes de la descarga de este, para evitar que las partículas infecciosas salgan despedidas hacia el ambiente [9].

La patente número US 9339158 B2, ilustrada en la figura 3, busca cubrir la necesidad de la limpieza luego de cada uso, tanto de la tapa como del asiento del inodoro para que las partículas infecciosas se reduzcan. Dicha invención consta de dos posiciones, la primera posición se entiende como la cubierta (284) cerrada sobre el asiento del inodoro (270) y la segunda posición por la cubierta elevada.

En la primera posición el conjunto incluye la tapa y el asiento del inodoro, además un sistema eléctrico para el control de la autolimpieza; dentro de la tapa, se encuentra un conducto (344) que rota por encima de los bordes del asiento. En un primer paso un líquido desinfectante fluye por los canales, desinfectando el asiento, y en el segundo paso un canal de material gaseoso desinfectante (364) se descarga a una velocidad suficiente para transportar la materia líquida fuera del asiento.

En la segunda posición se define una abertura (120) ubicada en la parte trasera del asiento del inodoro la cual debe proyectar material líquido desinfectante hacia el asiento del inodoro. [10]

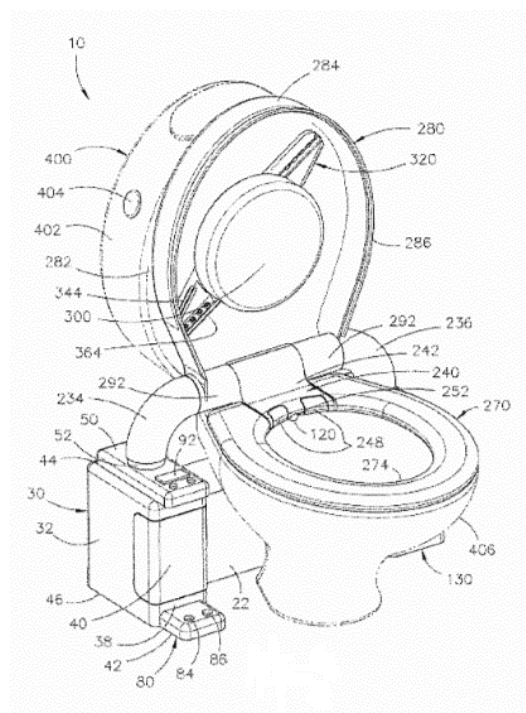


Figura 3. Asiento de inodoro de limpieza automática [10].

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

1.1. Origen del Virus SARS-CoV-2.

1.1.1. Coronavirus

En el año 1930 se descubrieron múltiples coronavirus en las aves de corral domésticas, ya que son patógenos zoonóticos, es decir, que comienzan en animales infectados y se transfieren a las personas, las cuales causan enfermedades respiratorias graves, gastrointestinales, hepáticas e incluso neurológicas en animales [11].

Se conocen siete coronavirus transmitidos al ser humano, de los cuales cuatro han causado síntomas de resfriado común y los tres restantes causan infecciones respiratorias de gravedad e, incluso, mortales [11].

1.1.2. SARS-CoV

El SARS es una enfermedad seudogripal mucho más grave que otras infecciones por coronavirus, que en ocasiones culmina en insuficiencia respiratoria progresiva grave.

Los datos registrados muestran que se detectó al SARS-CoV por primera vez en la provincia de Guangdong, en China, en noviembre del año 2002, desde donde se esparció por más de 30 países. Este brote de coronavirus ocasionó más de 8 000 casos en todo el mundo con una tasa de mortalidad promedio del 10 %, que varió dependiendo de la edad de los infectados. Este brote se pudo contener y no se presentaron nuevos casos desde el 2004, este virus no debe considerarse erradicado porque se encuentra presente entre varias especies de animales y puede volver a surgir [11].

Según informa la Organización Mundial de la Salud, luego de varios estudios realizados se tiene conocimiento que la cepa que dio origen al MERS-CoV, que se identificó en 2012 como la causa del síndrome respiratorio de Oriente Medio, fue transmitida del dromedario al ser humano y de igual forma el SARS-CoV se transmitió de la civeta al ser humano. Existen muchas cepas que circulan entre los animales y se llamará nuevo coronavirus a la cepa que aún no ha infectado al ser humano [12].

1.1.3. COVID-19

El primer brote de la enfermedad generada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 se notificó en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei en China el 31 de diciembre del 2019 y se ha diseminado por todo el mundo [13].

El COVID-19 es la enfermedad respiratoria que se genera por la infección con el virus SARS-CoV-2, ilustrado en la figura 4. La mayoría de los contagiados presentan una infección que puede ser similar a un resfriado común, además existen grupos vulnerables de personas que pueden presentar neumonía o síndrome respiratorio severo que puede resultar en fallo renal y causar la muerte [14].

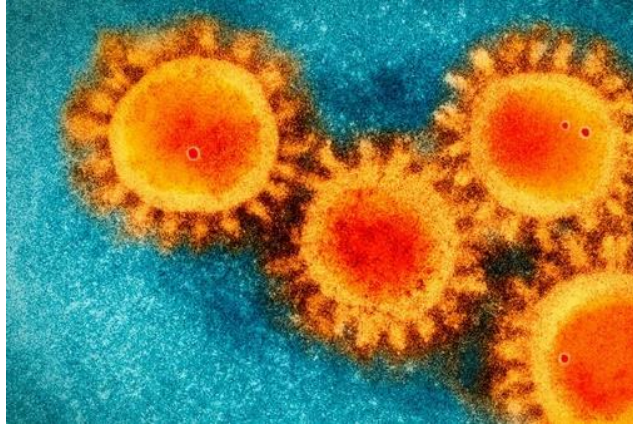


Figura 4. Microscopía electrónica del coronavirus SARS-CoV-2 [15].

La enfermedad COVID-19 tiende a mermar en un período de dos semanas, si la infección es leve. Por otro lado, en Estados Unidos la media de la duración de la hospitalización entre los sobrevivientes es de 10 a 13 días, mostrando en las estadísticas que la cantidad de personas que mueren en proporción a la población total, denominado mortalidad, en la Unidad de Cuidados Intensivos, oscila entre el 39 % y el 72 % [16].

La tasa de letalidad, es decir, la cantidad de personas que mueren en proporción a todas las personas infectadas que presenta el COVID-19 a nivel mundial es del 3,4 %, sin embargo, su contagio tiene una transmisión significativa de persona a persona [17].

1.2. Medios de Contagio del Virus SARS-CoV-2.

1.2.1. Transmisión Animal-Humano

Los primeros casos de COVID-19 se relacionaron con un mercado de animales vivos en la provincia de Wuhan en China, se cree que la infección se originó probablemente en murciélagos y que infectó al ser humano a través de un huésped intermedio [18], lo que sugiere que el virus se transmitió inicialmente de los animales a los seres humanos. Este medio de transmisión es poco común, pero no se puede descartar la posibilidad de una nueva infección por el consumo de animales salvajes [11].

Varios informes muestran que los animales de compañía dieron positivo a COVID-19 luego de tener contacto prolongado con seres humanos infectados. A pesar de que muestran síntomas leves, no se tiene evidencia del contagio de los animales de compañía hacia sus propietarios, pero no se puede eliminar la posibilidad de que actúen como huésped del virus [19].

1.2.2. Transmisión Persona-Persona

La transmisión de persona a persona ocurre principalmente al encontrarse expuesto directamente a fluidos infectados que son expulsados del enfermo al hablar, toser o estornudar y estos entran en contacto con las mucosas de los ojos, nariz o boca de otra persona [20], sin la intermediación de la transferencia con las manos [18].

Los pacientes sintomáticos, así como los asintomáticos y los presintomáticos, pueden transmitir el virus [11].

También es posible la transmisión por el aire que se genera por núcleos de gotitas infecciosas, es decir, los residuos secos de uno a cinco micrómetros de gotitas respiratorias más grandes que no llegan a asentarse en superficies [21], pueden ser fácilmente impulsados por las corrientes de aire o quedar suspendidas en el aire por horas [22].

El virus tiene un gran tamaño, pero aun así tiene la característica de poder formar aerosoles, es decir, su permanencia en el aire llega hasta las tres horas.

Un estudio realizado recientemente muestra que los aerosoles generados al toser o estornudar están compuestos por una nube de gas turbulento que puede transportar las gotas infecciosas a una distancia de siete a ocho metros, como puede verse en la figura 5, además de aumentar la vida útil del virus debido a que la nube evita la evaporación [23].

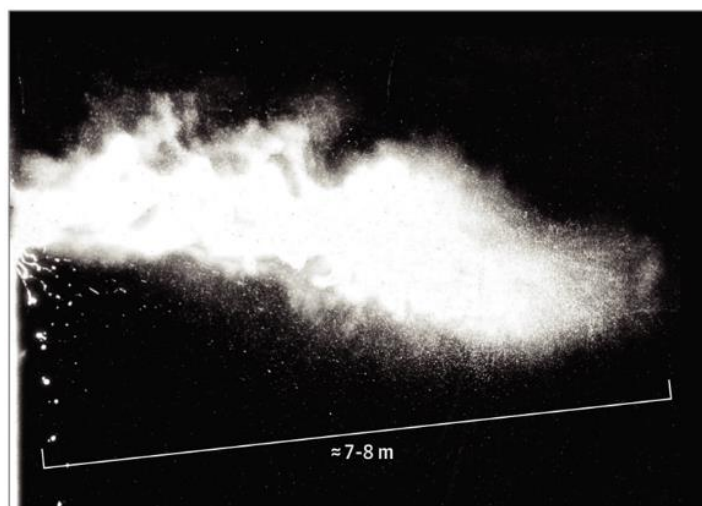


Figura 5. Nube de gas turbulento generado al estornudar [23].

1.2.3. Transmisión Superficie-Persona

Las enfermedades respiratorias se pueden transmitir a través de gotículas infecciosas, que tienen un diámetro de cinco a diez micrómetros. Estas gotas grandes se depositan más rápido de lo que se evaporan y contaminan las inmediaciones del individuo infectado [1].

Varios estudios realizados a cargas virales en distintas superficies arrojaron los siguientes resultados: las superficies donde el virus vive por más tiempo son las de cerámica, teflón, cristal, metal y madera [3] en los que la permanencia es de cuatro a cinco días; a estas le siguen las superficies de plástico, con 72 horas, y el acero inoxidable, con 48 horas. El estudio también se desarrolló sobre cartón y papel, en estas superficies el virus tiene una permanencia de 24 horas, en los elementos fabricados de látex y aluminio la permanencia es de 8 horas y por último el cobre con presencia del virus viable después de 4 horas [2].

La carga viral disminuye con el paso del tiempo en cualquiera de los casos. La implicación de esto está en la posibilidad de contagio, mientras más alta la carga viral mayor es la probabilidad de infección, además las superficies pueden limpiarse fácilmente con desinfectantes domésticos comunes, los cuales matarán al virus [4].

1.2.4. Transmisión Fecal-Oral

Varios estudios realizados sobre la infección por SARS-CoV-2 encontraron que aproximadamente del 10 % al 12 % de los pacientes con COVID-19 experimentan síntomas

gastrointestinales, como diarrea, náuseas o vómitos. Entre el 30 % y el 50 % de los pacientes infectados pueden producir hisopos fecales que den positivo en el ARN del SARS-CoV-2, con la presencia de virus activo en las heces de los pacientes [24].

El tiempo de duración de los resultados positivos de las heces varió de 1 a 12 días [25]. Además, un estudio de Xiao *et al.* [26] muestra que cerca del 24 % de los pacientes con infección por SARS-CoV-2 tienen resultados positivos para ARN viral en heces incluso después del cambio de ARN viral negativo en el tracto respiratorio, el cual se realiza en al menos dos muestras secuenciales del tracto respiratorio, recolectadas con 24 horas de diferencia.

En resumen, la vía de transmisión fecal-oral podría ser una fuente potencial adicional de propagación de la infección, aun cuando el paciente sea asintomático o se asegure su recuperación.

En la figura 6 se muestran los resultados de tejidos intestinales infectados del estudio presentado por Xiao *et al.* [26].

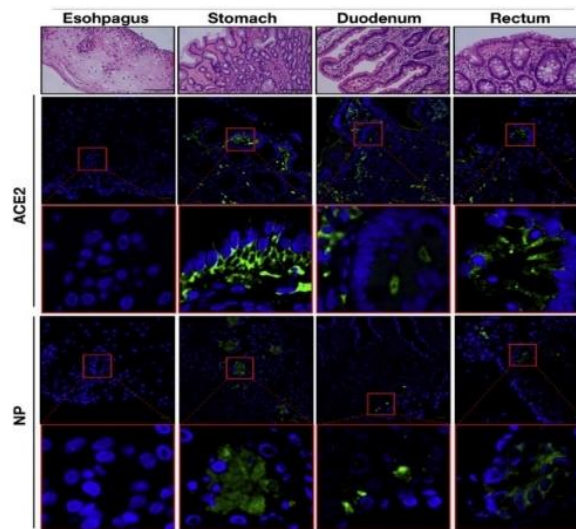


Figura 6. Imágenes de tinción histológica de tejidos gastrointestinales de pacientes infectados [26].

1.3. Inodoros de Estudio.

En las instalaciones de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte se encuentran instalados inodoros de una sola pieza que incorporan una taza con anillo elongado y un tanque con entrada de agua superior en un solo conjunto. La descarga del agua almacenada en el tanque se realiza a través de la válvula de descarga, solo por gravedad, hacia un desagüe colocado en el piso; el consumo promedio de agua total de descarga es de máximo 6,2 litros [27].

1.3.1. Términos y Definiciones Involucrados en el Módulo de Inodoro

Las definiciones mostradas en este apartado se encuentran descritos con detalle en la norma NTE INEN 3082 [28].

Superficie de Limpieza

Superficie visible del inodoro después de instalado, que se puede mojar.

Taza

Aparato sanitario receptor que contiene agua, el cual recibe desechos corporales líquidos y sólidos, que al actuar transporta estos desechos a través de un desagüe.

Tanque

Recipiente contenedor de agua, equipado con una válvula de admisión y una válvula de descarga cuya agua se usa para limpiar la taza del inodoro, arrastrando así los desechos.

Tiempo de Ciclo

Tiempo que va desde el instante en que se activa la válvula de descarga de un inodoro hasta el instante en que la válvula de llenado se ha cerrado completamente.

Válvula de Descarga

Válvula ubicada en el interior del tanque que, al accionarse, permite el paso del agua hacia la taza del inodoro.

1.4. Detección de Superficies con Mayor Contaminación en el Módulo de Inodoro.

En el estudio de Quispe y Salcedo [29] se ensayaron las cepas de bacterias presentes en las superficies lisas, como las palancas de inodoros y perillas de las puertas, de los servicios higiénicos de varones y mujeres en una unidad educativa. Los fómites que presentaron mayor contaminación fueron las palancas de inodoro, que cuentan con un 87,5 % de placas contaminadas de las estudiadas en total, mientras que el 83,3 % las perillas de puerta estuvieron contaminadas.

Por otro lado, Fernández [30] identifica las superficies con mayor cantidad de bacterias, referente a coliforme totales, es decir, bacterias que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y se utilizan como indicadores de calidad relacionados con la presencia de contaminación fecal. Como resultados se muestra en la figura 7 que la superficie con más cantidad de unidades fue la pared interna del módulo del inodoro con un 69 %, la chapa interna de la puerta con un 39 %, la palanca de inodoros con un 6 %, el dispensador de jabón con un 4 % y finalmente el botón de agua, que no presentó coliformes totales en la superficie [31].

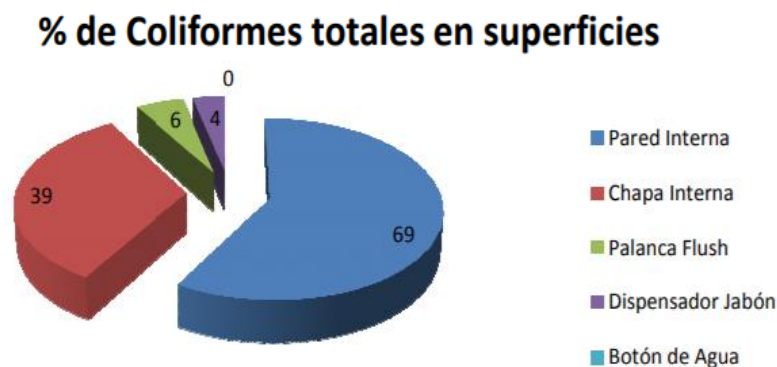


Figura 7. Comparación del porcentaje de carga de coliformes totales en cada superficie [31].

Yun-Yun Li *et al.* [9] utilizan la dinámica de fluidos computacional para visualizar las características del flujo de fluidos durante la descarga del inodoro y la influencia de la descarga en la propagación de partículas de aerosol de virus. Se observó que la descarga de un inodoro

genera fuertes turbulencias, mostradas en la figura 8, con una velocidad ascendente de hasta 5 m/s, que ciertamente es capaz de expulsar partículas de aerosol fuera de la taza del inodoro. En estas turbulencias se pueden elevar entre el 40 % y el 60 % del número total de partículas y causar una dispersión en un área grande, y la altura de estas partículas alcanza los 106,5 cm del suelo.

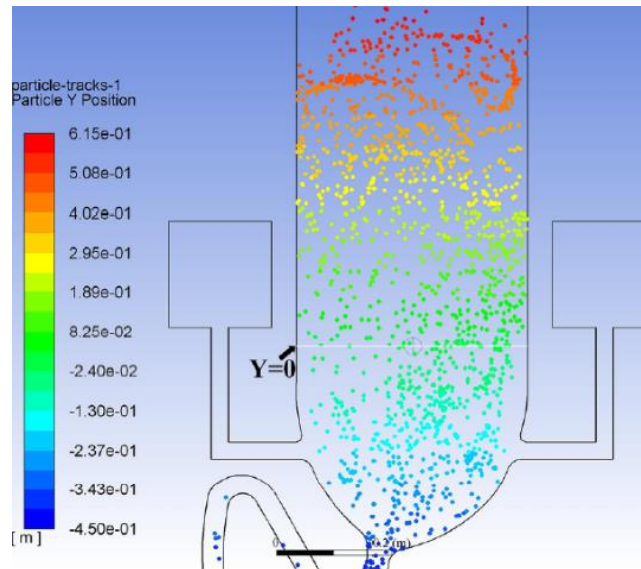


Figura 8. Distribución de la posición de las partículas durante el período posterior a la descarga en un tiempo de 70 segundos [9].

Como resumen podemos mencionar que se presenta una gran cantidad de bacterias en las superficies, generando focos de acumulación de bacterias dentro del módulo de inodoro debido a la formación del efecto aerosol, causado por el remolino que se produce al generar la descarga de agua, contaminando las superficies cercanas y concentrando más los microorganismos como coliformes totales.

Con los tres estudios mencionados en este apartado se puede indicar que las superficies con mayor cantidad de contaminación son: la palanca de descarga del inodoro, la perilla interna de la puerta y la pared interna del módulo de inodoro.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Investigación

Se obtiene información necesaria mediante la consulta de publicaciones científicas sobre la enfermedad COVID-19 y su comportamiento, las superficies con mayor contaminación y las características de los inodoros estándar que serán parte del estudio con la finalidad de realizar el diseño conceptual de la propuesta del sistema del módulo de inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2. Es necesario mencionar que la metodología utilizada introduce la investigación a lo largo del desarrollo del proyecto [32].

2.2. Encuesta

Como método de obtención rápida de datos se plantea la encuesta mostrada en el anexo 1 a una muestra de estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte, la cual recolecta las necesidades presentes dentro de los módulos de inodoro, al momento de obtener los resultados de esta propuesta se podrá aplicar extensamente a la comunidad de módulos de inodoro de uso público [33].

2.3. Análisis QFD

La metodología QFD se caracteriza por la identificación de las necesidades mostradas por el cliente y su transformación a requerimientos de calidad que al finalizar el desarrollo del proyecto asegurará cumplir con la mayor expectativa del mercado [34].

2.3.1. Voz del Cliente

La voz del cliente se puede definir como los elementos principales que le darán el valor agregado al proyecto y marcarán la diferencia dentro del mercado, ya que se enfoca directamente en las necesidades más relevantes para el usuario directo del producto [35].

2.3.2. Voz del Ingeniero

La voz del ingeniero se puede definir como la traducción de todos los requisitos mostrados por el cliente a requisitos de calidad mediante la aplicación de una matriz de correlación QFD [34], también llamada casa de la calidad ubicada en el anexo 2.

2.4. Diagramas Funcionales

Los diagramas funcionales son una herramienta gráfica abstracta que, mediante diagramas de flujo, logra representar la descomposición sucesiva de las funciones que realiza un producto, donde se dividen y comunican los diferentes módulos de funcionamiento [36], de tal manera que se obtienen los niveles cero, uno y dos.

- El nivel cero representa el funcionamiento básico del sistema.
- En el nivel uno se desglosa el funcionamiento básico, mostrado en el nivel cero, en los módulos principales.
- Por último, se realiza el desglose del nivel uno obteniendo el nivel dos, en el que se detallan todos los elementos y pasos que serán necesarios para el funcionamiento total del sistema.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

En este capítulo se detalla el análisis QFD realizado, la selección de la propuesta de adecuación del módulo de inodoro óptima y el diseño del prototipo.

3.1. Análisis de la Matriz QFD

Una vez analizados los requerimientos para cada una de las funciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema del módulo del inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2, se obtiene la tabla 1, en la que se realiza la descripción de cada uno de los requerimientos más importantes.

Tabla 1. Descripción de los requerimientos del sistema.

Cliente: Estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas		Proyecto: Adecuación del módulo de inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2.	
Concepto	Propone	R/D	Descripción
Dimensiones del sistema.	C	D	El sistema debe ser pequeño y de fácil instalación.
Accionamiento sin contacto.	C	R	El funcionamiento del sistema debe realizarse sin el contacto de las manos con las superficies del módulo.
Instalación en inodoros estándar.	I	D	El sistema deberá ser poco invasivo en el espacio interior del módulo con la posibilidad de ser instalado en módulos estándar ya instalados.
Material.	C	R	Los materiales y elementos utilizados deben permitir su fácil limpieza y desinfección.
Energía.	I	D	El sistema debe funcionar a 120 V.
Diseño Simple.	C	D	El uso del sistema debe ser intuitivo y de fácil operación.
Durabilidad.	I	R	Debido al alto flujo de personas que lo utilizarán debe tener un tiempo de vida alto y bajo mantenimiento.
Seguridad.	I	R	El sistema debe contar con métodos que garanticen la seguridad del usuario.
Beneficio-Costo.	C	D	El sistema debe ser de bajo costo.
Limpieza-Desinfección	C	R	El sistema debe contar con métodos de desinfección y protocolos de limpieza.
Propone: C=Cliente I=Ingeniero		R/D: R=Requisito, D=Deseo	

3.2. Requisitos de Diseño

- El sistema debe instalarse de forma simple sin invadir el espacio libre dentro de los módulos de inodoro estándar ya existentes.
- El sistema debe representar un costo bajo en comparación de los ya existentes en el mercado.
- El circuito debe funcionar a 120 V.
- Los sensores que reciben la señal manual del usuario deben medir la presencia en un rango de tres a diez centímetros para evitar errores.
- El servomotor anclado a la tapa del inodoro debe elevar una carga de 0,8 kg.
- El servomotor impermeable conectado a la válvula de descarga debe trabajar bajo 6 litros de agua [28].

3.3. Planteamiento de Posibles Soluciones

3.3.1. Diagramas Funcionales

El diagrama funcional de nivel cero de la propuesta que se muestra en la figura 9 inicia mediante la entrada de energía eléctrica y una señal activando el accionamiento del uso del inodoro y como resultado tenemos pérdidas de energía y el módulo de inodoro desinfectado listo para volver a iniciar el proceso.

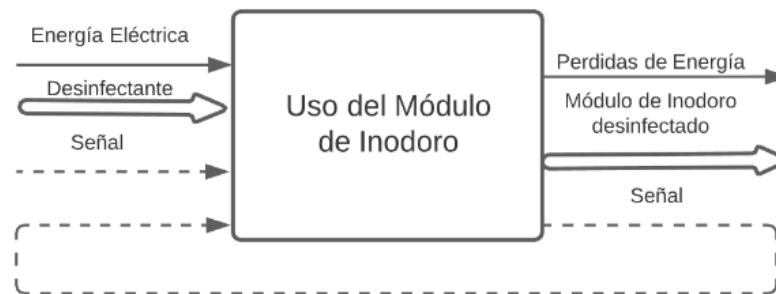


Figura 9. Diagrama funcional nivel cero.

En la figura 10 se observa el nivel uno del sistema que inicia con la activación de la puerta que al finalizar dará como resultado una señal para el accionamiento de la tapa del inodoro, una vez que el usuario termine de usarlo se activará la descarga automática del tanque de agua y por último se enviará la señal para realizar la desinfección del módulo de inodoro.

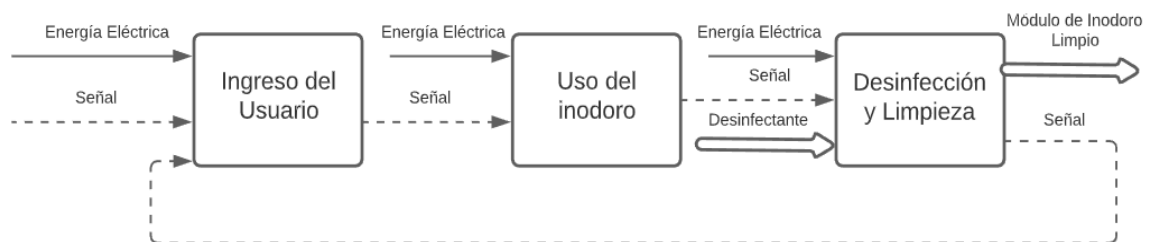


Figura 10. Diagrama funcional nivel uno.

El diagrama funcional de nivel dos mostrado en la figura 11 muestra el desglose del nivel uno, con todos los pasos necesarios para el funcionamiento completo del sistema.

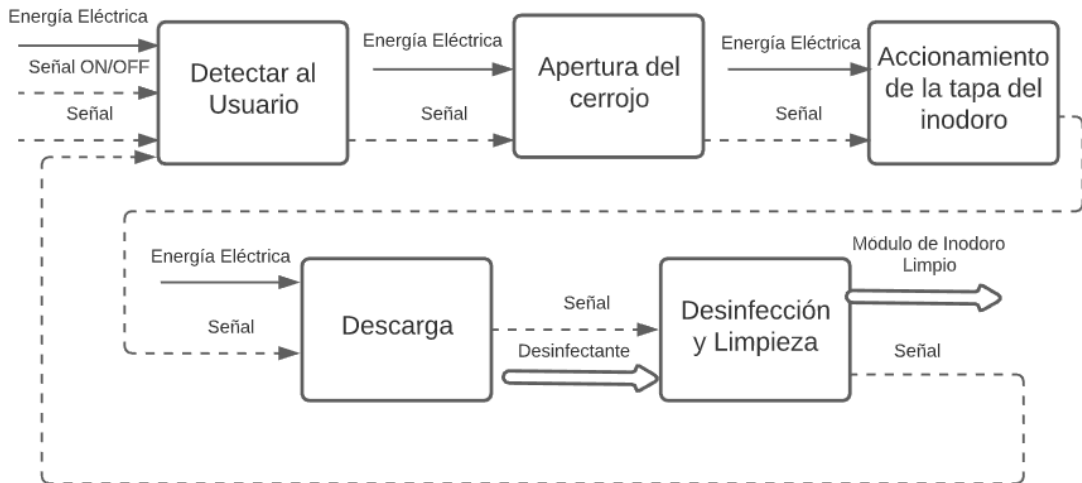


Figura 11. Diagrama funcional nivel dos.

3.3.2. Módulos

En la tabla 2 se muestran los módulos funcionales que componen el sistema para la propuesta del acondicionamiento del módulo de inodoro.

Tabla 2. Descripción de las funciones de nivel uno del sistema del módulo de inodoro.

N°	Módulos	Descripción
1	Ingreso	Ingreso del usuario y bloqueo de la puerta.
2	Apertura y Cierre de Tapa	Una vez se detecte al usuario se procede a elevar la tapa del inodoro, de igual manera cuando el usuario termina de utilizarlo genera la activación del cierre de la tapa.
3	Descarga	Se procede a activar la descarga del agua almacenada en el tanque.
4	Limpieza y Desinfección	La limpieza y desinfección del módulo.

3.3.3. Análisis del módulo uno: Ingreso

El módulo uno, referente al ingreso del usuario al módulo de inodoro, consta de dos funciones, ingreso del usuario y activación de la cerradura.

A. Ingreso del usuario

- Sensor de radiación infrarroja pasiva- sensor PIR:

Sensor que detecta movimiento basándose en el promedio de la radiación infrarroja emitida por un objeto en el tiempo [37], en la figura 12 se muestra una fotografía del sensor PIR y en la tabla 3 sus ventajas y desventajas.



Figura 12. Sensor PIR disponible en el mercado. [38]

Tabla 3. Ventajas y desventajas del sensor PIR

Ventajas:	Desventajas:
Bajo costo. Dimensiones: 3,2 x 2,4 x 1,8 cm	Rango de detección mínimo 3 m.

- Sensor de distancia con infrarrojo- sensor Sharp:

El sensor ilustrado en la figura 13 detecta la distancia de un objeto al emitir un haz de luz infrarroja que se refleja y es detectado nuevamente por el sensor [39], sus ventajas y desventajas se encuentran en la tabla 4.



Figura 13. Sensor Sharp disponible en el mercado. [40]

Tabla 4. Ventajas y desventajas del sensor Sharp.

Ventajas:	Desventajas:
Costo Medio. Dimensiones: 5,8 x 1,76 x 2,25 cm	Generación de ruido. Limpieza constante del lente. Deterioro al contacto con agua.

- Sensor de proximidad infrarrojo ajustable E18

El sensor de proximidad fotoeléctrico de la figura 14 utiliza el principio de detección del cambio de luz en el ambiente [41], presentando sus ventajas y desventajas en la tabla 5.



Figura 14. Sensor de proximidad E18 disponible en el mercado. [42]

Tabla 5. Ventajas y desventajas del sensor de proximidad infrarrojo ajustable E18.

Ventajas:	Desventajas:
Bajo costo. Rango de detección: 3 cm a 80 cm. Dimensiones: diámetro=1,8 cm, longitud 5 cm.	Necesidad de perforación para su instalación.

- Motor conectado a la puerta de ingreso:

Consiste en la activación de un motor, ilustrado en la figura 15, conectado en la puerta del módulo del inodoro para realizar la apertura y cierre para el ingreso del usuario, las ventajas y desventajas del motor se encuentran en la tabla 6.



Figura 15. Motor para apertura de la puerta. [43]

Tabla 6. Ventajas y desventajas del motor.

Ventajas:	Desventajas:
Apertura y cierre completamente automático.	Para su utilización es necesario el reemplazo de la puerta estándar por una puerta corrediza.

- Motor paso a paso conectado a la puerta de ingreso:

Consiste en la activación de un motor paso a paso, ilustrado en la figura 16, que se conectará en parte superior de la puerta del módulo del inodoro para realizar la apertura y cierre para el ingreso del usuario, las ventajas y desventajas del motor se encuentran en la tabla 7.



Figura 16. Motor paso a paso para apertura de la puerta [44].

Tabla 7. Ventajas y desventajas del motor paso a paso.

Ventajas:	Desventajas:
Alto torque. Acople a puertas estándar.	Control de media dificultad. Alta probabilidad de falla. Baja potencia. Ruidoso. Necesidad de finales de carrera para conocer su ubicación.

- Actuador lineal actuado a la puerta de ingreso:

Consiste en un actuador lineal como el ilustrado en la figura 17, conectado a la puerta de ingreso que generará la apertura y cierre de la puerta del inodoro, sus ventajas y desventajas se presentan en la tabla 8.



Figura 17. Actuador lineal para la apertura de la puerta. [43]

Tabla 8. Ventajas y desventajas del actuador lineal.

Ventajas:	Desventajas:
Motor de larga duración y alto rendimiento. Bajo nivel de ruido.	Velocidad de funcionamiento: 4,5 mm/s. Costo Elevado.

- Empuje manual:

Consiste en empujar la puerta para el ingreso, ilustrado en la figura 18, o halarla como en la figura 19 para salir del módulo, es indispensable no realizarlo mediante el uso de las manos, ya que la infección se produce al tocar superficies contaminadas y luego llevarse el virus hacia las mucosas, por este motivo, abrir las puertas con el codo y cerrarla con el pie puede reducir el peligro de infección [45], sus ventajas y desventajas se detallan en la tabla 9.



Figura 18. Apertura de la puerta con el codo.



Figura 19. Dispositivo para halar la puerta con el pie.

Tabla 9. Ventajas y desventajas del empuje manual.

Ventajas:	Desventajas:
Reducción del peligro de infección por contacto. Bajo costo.	Solución no automática.

B. Activación de la cerradura.

- Manual - Cerradura Magnética:

Consiste en una cerradura electromagnética, mostrada en la figura 20, que permite el bloqueo de la puerta cuando se suministra energía [46], las ventajas y desventajas se muestran en la tabla 10, además es necesario mencionar que para utilizarla es necesario que el movimiento de la puerta se realice de forma manual.



Figura 20. Cerradura magnética disponible en el mercado. [47]

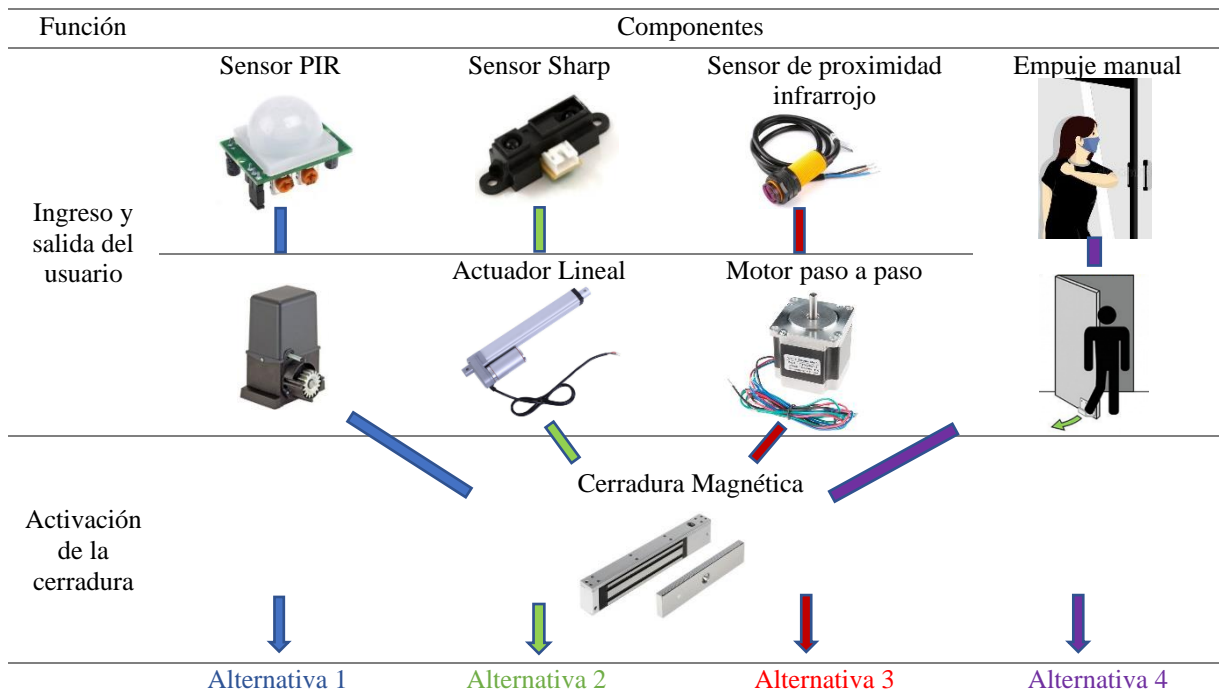
Tabla 10. Ventajas y desventajas de la cerradura magnética.

Ventajas:	Desventajas:
Alimentación 12 V DC. Se puede usar en puertas de madera, aluminio, vidrio, metal, etc.	Costo elevado en comparación con cerraduras tradicionales. Empuje Manual.

3.3.4. Alternativas del módulo uno: Ingreso

Con los componentes elegidos se realiza la conformación de alternativas ilustradas en la tabla 11 para el módulo uno donde se ubican las alternativas uno, dos y tres tomando en cuenta principalmente el costo de los componentes.

Tabla 11. Alternativas para el módulo uno.



Tomando en cuenta las superficies del inodoro con mayor contaminación mostradas en la figura 7 y los requisitos mostrados en la tabla 1 se realiza la ponderación de las alternativas, mostrando en la tabla 12 los requisitos más importantes para el módulo uno.

- Dimensiones de máquina: El sistema debe ser pequeño y de fácil instalación.
- Diseño Simple: El uso del sistema debe ser intuitivo y de fácil operación.
- Beneficio-Costo: El sistema debe ser de bajo costo.
- Seguridad: El sistema debe contar con métodos que garanticen la seguridad del usuario.

Tabla 12. Evaluación de criterios del módulo uno.

	Dimensiones	Diseño	Costo	Seguridad	$\Sigma+1$	Ponderación
Dimensiones	--	1	1	0	3	0,30
Diseño	1	--	1	1	4	0,40
Costo	0	1	--	0	2	0,20
Seguridad	0	0	0	--	1	0,10
				Suma	10	1,00

Diseño > Dimensiones > Costo > Seguridad

En las tablas 13 a 16 se evalúan las alternativas de módulo uno respecto a los criterios de diseño, dimensiones, costo y seguridad respectivamente.

Tabla 13. Evaluación del módulo uno respecto al diseño.

Diseño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,25	0,25	0	1,5	0,16
Alternativa 2	0,50	--	0,25	0,25	2	0,22
Alternativa 3	0,50	0,50	--	0,25	2,25	0,24
Alternativa 4	1	1	0,50	--	3,5	0,38
				Suma	9,25	1

Alternativa 4 > Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 14. Evaluación del módulo uno respecto a las dimensiones.

Dimensiones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,5	0,25	0	1,75	0,20
Alternativa 2	0,25	--	0,5	0,5	2,25	0,26
Alternativa 3	0,5	0,25	--	0,25	2	0,23
Alternativa 4	1	0,25	0,5	--	2,75	0,31
				Suma	8,75	1

Alternativa 4 > Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 1

Tabla 15. Evaluación del módulo uno respecto al costo.

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,25	0	0	1,25	0,14
Alternativa 2	0,50	--	0,25	0	1,75	0,19
Alternativa 3	0,75	0,50	--	0,25	2,5	0,28
Alternativa 4	1	1	0,5	--	3,5	0,39
				Suma	9	1

Alternativa 4 > Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 16. Evaluación del módulo uno respecto a la seguridad.

Seguridad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,50	0,25	0	1,75	0,18
Alternativa 2	0,50	--	0,25	0,10	1,85	0,19
Alternativa 3	0,50	0,50	--	0,75	2,75	0,29
Alternativa 4	1	0,75	0,5	--	3,25	0,34
				Suma	9,6	1

Alternativa 4 > Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Se realiza la selección de la mejor alternativa para el módulo uno: Ingreso, de acuerdo con las ponderaciones obtenidas con los distintos requisitos, dando como resultado que la mejor alternativa es la número cuatro, el detalle se encuentra en la tabla 17.

Tabla 17. Selección de la alternativa para el módulo uno.

	Diseño	Dimensiones	Costo	Seguridad	$\Sigma+1$	Prioridad
Alternativa 1	0,40*0,16	0,30*0,20	0,20*0,14	0,10*0,18	1,17	4
Alternativa 2	0,40*0,22	0,30*0,26	0,20*0,19	0,10*0,19	1,22	3
Alternativa 3	0,40*0,24	0,30*0,23	0,20*0,28	0,10*0,29	1,25	2
Alternativa 4	0,40*0,38	0,30*0,31	0,20*0,39	0,10*0,34	1,36	1

Alternativa 4 > Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

3.3.5. Análisis del módulo dos: Apertura y Cierre de Tapa

El módulo dos tiene como objetivo la apertura y cierre de la tapa del inodoro y consta de dos funciones: la activación de la tapa del inodoro y la detección de que el usuario termino de utilizar el inodoro y se puede activar la descarga.

A. Activación de la tapa del inodoro

- Palanca mecánica de pie:

Accionar con el pie una palanca ubicada en el lateral del inodoro, como se muestra en la figura 21, generará el movimiento de apertura o cierre de la tapa, sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 18.

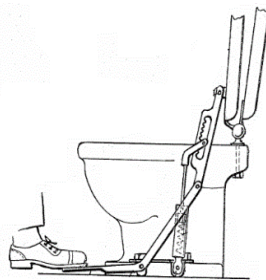


Figura 21. Activación mediante palanca mecánica. [48]

Tabla 18. Ventajas y desventajas de la activación mediante palanca mecánica.

Ventajas:	Desventajas:
No necesita de energía eléctrica para su uso.	No puede ser utilizado por personas limitadas en las funciones de sus miembros inferiores.

- Activación motorizada:

La activación dará paso a la elevación de la tapa del inodoro, que se puede realizar automáticamente mediante una señal realizada por el usuario sobre un sensor que, a su vez, active el servomotor mostrado en la figura 22, anclado a la base de la tapa; en la tabla 19 se muestran las ventajas y desventajas de esta opción.



Figura 22. Servomotor de alto torque. [49]

Tabla 19. Ventajas y desventajas de un servomotor.

Ventajas:	Desventajas:
Poco invasivo en la estructura instalada. Resistente al agua.	Alto torque para su accionamiento conlleva mayor costo.

B. Activación de la descarga automática

- Sensor de peso por celda de carga:

Consiste en una celda de carga, como la de la figura 23, ubicada entre la taza y el anillo del inodoro, que actúa como un transductor y se encarga de transformar la deformación en señales eléctricas, existen ventajas y desventajas de su uso que se muestran en la tabla 20.



Figura 23. Sensor de peso por celda de carga. [50]

Tabla 20. Ventajas y desventajas del sensor de peso por celda de carga.

Ventajas:	Desventajas:
Capacidad: 50 kg.	Alimentación: 10 a 15 V.

- Detector de obstáculos IR:

El funcionamiento del detector de obstáculos mostrado en la figura 24 consiste en detectar la presencia de un objeto mediante la reflexión de la luz sobre él y sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla 21.



Figura 24. Detector de obstáculos IR. [51]

Tabla 21. Ventajas y desventajas del detector de obstáculos IR.

Ventajas:	Desventajas:
Voltaje de funcionamiento de 3,0 V a 6,0 V	Posibles errores dependiendo de las características del usuario.

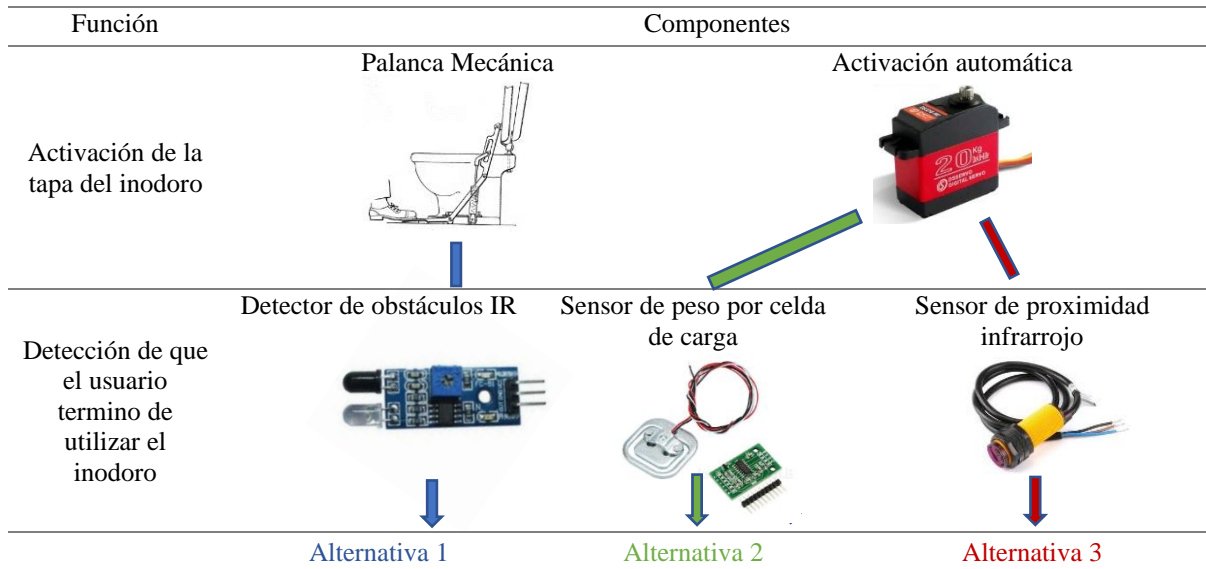
- Sensor de proximidad infrarrojo ajustable E18

El sensor de proximidad mostrado en la figura 14 se utilizará para esta opción, el cual tomará la señal manual emitida por el usuario y la transformará en una señal eléctrica que accionará la descarga del tanque de agua, se presentan varias ventajas y desventajas mostradas en la tabla 5.

3.3.6. Alternativas del módulo dos: Apertura y Cierre de Tapa

Con los componentes elegidos se realiza la conformación de alternativas ilustradas en la tabla 22 para el módulo dos, en la que se ubican las alternativas uno, dos, tres y cuatro.

Tabla 22. Alternativas para el módulo dos.



En la tabla 23 se muestran los requisitos más relevantes, con las cuales se realizará la ponderación para la selección de la alternativa del módulo dos.

- Dimensiones de la máquina: El sistema debe ser pequeño y de fácil instalación.
- Instalación en inodoros estándar: El sistema por realizar deberá ser poco invasivo en el espacio interior del módulo con la posibilidad de ser instalado en módulos estándar ya existentes.
- Material: Los materiales y elementos utilizados deben permitir su fácil limpieza y desinfección.
- Beneficio-Costo: El sistema debe ser de bajo costo.
- Durabilidad: Debido al alto flujo de personas que lo utilizarán debe tener un tiempo de vida alto y bajo mantenimiento.

Tabla 23. Evaluación de criterios para el módulo dos.

	Dimensiones	Instalación	Material	Costo	Durabilidad	$\Sigma+1$	Ponderación
Dimensiones	--	1	1	1	0	4	0,29
Instalación	1	--	0	0	0	2	0,14
Material	0	0	--	1	0	2	0,14
Costo	1	0	1	--	0	3	0,21
Durabilidad	0	0	1	1	--	3	0,21
					Suma	14	1
Dimensiones > Costo = Durabilidad > Instalación > Material							

Se realiza el análisis de las alternativas para cada uno de los criterios: dimensiones, instalación, material, costo y durabilidad en las tablas 24 a 28, respectivamente.

Tabla 24. Evaluación del módulo dos respecto a las dimensiones.

Dimensiones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,50	0,00	1,50	0,25
Alternativa 2	0,50	--	0,50	2,00	0,33
Alternativa 3	1,00	0,50	--	2,50	0,42
			Suma	6,00	1,00
Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1					

Tabla 25. Evaluación del módulo dos respecto a la instalación.

Instalación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,00	0,00	1,00	0,18
Alternativa 2	0,00	--	1,00	2,00	0,36
Alternativa 3	1,00	0,50	--	2,5	0,45
			Suma	5,50	1,00
Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1					

Tabla 26. Evaluación del módulo dos respecto al material.

Material	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,00	0,00	1,00	0,15
Alternativa 2	1,00	--	0,50	2,50	0,38
Alternativa 3	1,00	1,00	--	3	0,46
			Suma	6,50	1,00
Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1					

Tabla 27. Evaluación del módulo dos respecto al costo.

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,00	0,00	1,00	0,17
Alternativa 2	1,00	--	0,25	2,25	0,39
Alternativa 3	1,00	0,50	--	2,5	0,43
			Suma	5,75	1,00
Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1					

Tabla 28. Evaluación del módulo dos respecto a la durabilidad.

Durabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	1,00	1,00	3,00	0,52
Alternativa 2	0,00	--	0,25	1,25	0,22
Alternativa 3	0,00	0,50	--	1,5	0,26
			Suma	5,75	1,00
Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2					

Se realiza la selección de la mejor alternativa para el módulo dos: Apertura y Cierre de Tapa de acuerdo con las ponderaciones obtenidas con los distintos requisitos, dando como resultado que la mejor alternativa es la número tres, el detalle se encuentra en la tabla 29.

Tabla 29. Selección de la alternativa para el módulo dos.

	Dimensiones	Instalación	Material	Costo	Durabilidad	$\Sigma+1$	Prioridad
Alternativa 1	0,29*0,25	0,14*0,18	0,14*0,15	0,21*0,17	0,21*0,52	1,26	3
Alternativa 2	0,29*0,33	0,14*0,36	0,14*0,38	0,21*0,39	0,21*0,22	1,33	2
Alternativa 3	0,29*0,42	0,14*0,45	0,14*0,46	0,21*0,43	0,21*0,26	1,39	1

3.3.7. Análisis del módulo tres: Descarga

El módulo tres tiene como función principal la activación de la descarga del agua almacenada en el tanque.

A. Descarga

- Servomotor integrado a la palanca de descarga:

Accionar la palanca de descarga mediante un servomotor de alto torque ilustrado en la figura 25 al igual que sus ventajas y desventajas detalladas en la tabla 19.



Figura 25. Servomotor integrado a la palanca de descarga.

- Servomotor integrado a la válvula de descarga:

Accionar la válvula de descarga mediante un servomotor como el mostrado en la figura 26, integrado dentro del tanque de agua, de igual manera presenta ventajas y desventajas que se encuentran en la tabla 30.



Figura 26. Servomotor de alto torque resistente al agua. [49]

Tabla 30. Ventajas y desventajas de servomotor resistente al agua.

Ventajas:	Desventajas:
Resistente al agua.	Alto torque para su accionamiento conlleva mayor costo. Invasivo en la estructura instalada.

- Descarga mecánica:

Accionar la palanca de descarga mediante una palanca mecánica anclada a la misma, como en la figura 27, las ventajas y desventajas de esta opción se muestran en la tabla 31.



Figura 27. Palanca mecánica anclada a la palanca de descarga.



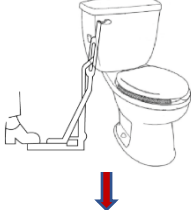
Tabla 31. Ventajas y desventajas de palanca mecánica anclada a la palanca de descarga.

Ventajas:	Desventajas:
No necesita de energía eléctrica para su uso.	No puede ser utilizado por personas limitadas en las funciones de sus miembros inferiores.

3.3.8. Alternativas del módulo 3: Descarga

Con los componentes elegidos se realiza la conformación de alternativas ilustrado en la tabla 32 para el módulo tres donde se ubican las alternativas uno, dos y tres.

Tabla 32. Alternativas para el módulo tres.

Función	Componentes		
	Servomotor integrado a la palanca de descarga	Servomotor integrado a la válvula de descarga	Descarga mecánica
Descarga			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3

A continuación, se muestran los requisitos más relevantes, con las cuales se realizará la ponderación que se encuentra en la tabla 33 para la selección de la alternativa del módulo tres.

- Dimensiones de máquina: El sistema debe ser pequeño y de fácil instalación.
- Instalación en inodoros estándar: El sistema por realizar deberá ser poco invasivo en el espacio interior del módulo con la posibilidad de ser instalado en módulos estándar ya existentes.
- Material: Los materiales y elementos utilizados deben permitir su fácil limpieza y desinfección.
- Beneficio-Costo: El sistema debe ser de bajo costo.
- Durabilidad: Debido al alto flujo de personas que lo utilizaran debe tener un tiempo de vida alto y bajo mantenimiento.
- Diseño Simple. El uso del sistema debe ser intuitivo y de fácil operación.

Tabla 33. Evaluación de criterios para el módulo tres.

	Dimensiones	Instalación	Material	Costo	Durabilidad	Diseño	$\Sigma+1$	Ponderación
Dimensiones	--	1	1	1	0	1	9	0,24
Instalación	1	--	0	0	0	1	5	0,14
Material	0	0	--	1	0	0	4	0,11
Costo	1	0	1	--	0	1	7	0,19
Durabilidad	0	0	1	1	--	0	6	0,16
Diseño	1	1	0	0	0	--	6	0,16
						Suma	37	1,00

Dimensiones > Costo > Diseño = Durabilidad > Instalación > Material

En las tablas 34 a 39 se muestra el análisis del módulo tres para cada uno de los requisitos: dimensiones, instalación, material, costo, durabilidad y diseño respectivamente.

Tabla 34. Evaluación del módulo tres respecto a las dimensiones.

Dimensiones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,5	1	2,5	0,42
Alternativa 2	0,5	--	1	2,5	0,42
Alternativa 3	0	0	--	1	0,17
			Suma	6,00	1,00

Alternativa1 = Alternativa2 > Alternativa3

Tabla 35. Evaluación del módulo tres respecto a la instalación.

Instalación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,5	1	2,5	0,45
Alternativa 2	0,5	--	0,6	2,1	0,38
Alternativa 3	0	0	--	1	0,18
Suma				5,60	1,00
Alternativa1 > Alternativa2 > Alternativa3					

Tabla 36. Evaluación del módulo tres respecto al material.

Material	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,5	1	2,5	0,38
Alternativa 2	1	--	1	3	0,46
Alternativa 3	0	0	--	1	0,15
Suma				6,50	1,00
Alternativa2 > Alternativa1 > Alternativa3					

Tabla 37. Evaluación del módulo tres respecto al costo.

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,5	1	2,5	0,42
Alternativa 2	0,5	--	1	2,5	0,42
Alternativa 3	0	0	--	1	0,17
Suma				6,00	1,00
Alternativa1 = Alternativa2 > Alternativa3					

Tabla 38. Evaluación del módulo tres respecto a la durabilidad.

Durabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,5	0	1,5	0,25
Alternativa 2	0,5	--	0	1,5	0,25
Alternativa 3	1	1	--	3	0,50
Suma				6,00	1,00
Alternativa 3 > Alternativa 1 = Alternativa 2					

Tabla 39. Evaluación del módulo tres respecto al diseño.

Diseño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,5	0,5	2	0,33
Alternativa 2	0,5	--	1	2,5	0,42
Alternativa 3	0,25	0,25	--	1,5	0,25
Suma				6,00	1,00
Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa3					

Se realiza la selección de la mejor alternativa para el módulo tres: Descarga, de acuerdo con las ponderaciones obtenidas con los distintos requisitos, dando como resultado que la mejor alternativa es la número dos, el detalle se encuentra en la tabla 40.

Tabla 40. Selección de la alternativa para el módulo tres: Descarga.

	Dimensiones	Instalación	Material	Costo	Durabilidad	Diseño	$\Sigma+1$	Prioridad
Alternativa 1	0,24*0,42	0,14*0,45	0,11*0,38	0,19*0,42	0,16*0,25	0,16*0,33	1,38	2
Alternativa 2	0,24*0,42	0,14*0,38	0,11*0,46	0,19*0,42	0,16*0,25	0,16*0,42	1,39	1
Alternativa 3	0,24*0,17	0,14*0,18	0,11*0,15	0,19*0,17	0,16*0,50	0,16*0,25	1,23	3

3.3.9. Análisis del módulo cuatro: Limpieza y Desinfección

El módulo cuatro consta de dos funciones principales las cuales son: Limpieza y Desinfección.

A. Limpieza

- Limpieza Manual

La limpieza de las superficies se realiza de forma manual, de la forma mostrada en la figura 28, siguiendo un protocolo de limpieza, las ventajas y desventajas de esta alternativa se encuentran detalladas en la tabla 41.



Figura 28. Limpieza manual de inodoro.

Tabla 41. Ventajas y desventajas de la limpieza manual.

Ventajas:	Desventajas:
No necesita de energía eléctrica para su uso. Concentración de la limpieza en las superficies con mayor contaminación.	Necesidad de personal de aseo para la realización del protocolo.

B. Desinfección

- Generador de Ozono

El generador de ozono, la máquina mostrada en la figura 29, se encarga de producir energía en su interior para que, de manera artificial, se produzca cantidades de ozono [52] que tiene una característica desinfectante más alta que el cloro de uso popular [53], esta alternativa cuenta con ventajas y desventajas presentadas en la tabla 42.



Figura 29. Generador de ozono industrial. [54]

Tabla 42. Ventajas y desventajas del generador de ozono.

Ventajas:	Desventajas:
Alta desinfección. Elimina olores desagradables. Efecto residual corto.	Peligro de intoxicación. Altamente oxidante. Evacuación para su uso. Necesidad de aireación posterior.

- Aerosol de solución desinfectante

Realizar la desinfección mediante la propagación de una solución desinfectante dentro del módulo de inodoro luego de cada uso, las ventajas y desventajas del método ilustrado en la figura 30 se encuentran en la tabla 43.



Figura 30. Aerosol de solución desinfectante.

Tabla 43. Ventajas y desventajas de la desinfección mediante aerosol.

Ventajas:	Desventajas:
Uso sin contacto.	Desinfección media. Inodoro con residuos posterior al proceso.

- **Desinfección Manual**

La desinfección de las superficies se realiza de forma manual, mostrada en la figura 31 y sus ventajas y desventajas en la tabla 44, siguiendo un protocolo.



Figura 31. Desinfección manual del inodoro.

Tabla 44. Ventajas y desventajas de la desinfección manual.

Ventajas:	Desventajas:
No necesita de energía eléctrica para su uso. Concentración de la desinfección en las superficies con mayor contaminación.	Necesidad de personal de aseo para la realización del protocolo.

3.3.10. Alternativas del módulo 4: Limpieza y Desinfección

Con los componentes elegidos se realiza la conformación de alternativas ilustrado en la tabla 45 para el módulo cuatro donde se ubican las alternativas uno, dos, tres y cuatro.

Tabla 45. Alternativas para el módulo cuatro.

Función	Componentes		
Limpieza	Limpieza Manual		
Desinfección	Generador de Ozono 	Aerosol desinfectante 	Desinfección Manual
	↓	↓	↓
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3

A continuación, se muestran los requisitos más relevantes con las cuales se realizará la ponderación detallada en la tabla 46 para la selección de la alternativa del módulo cuatro.

- Instalación en inodoros estándar: El sistema por realizar deberá ser poco invasivo en el espacio interior del módulo con la posibilidad de ser instalado en módulos estándar ya existentes.
- Beneficio-Costo: El sistema debe ser de bajo costo.
- Seguridad: El sistema debe contar con métodos que garanticen la seguridad del usuario.
- Durabilidad: Debido al alto flujo de personas que lo utilizaran debe tener un tiempo de vida alto y bajo mantenimiento.

Tabla 46. Evaluación de criterios para el módulo cuatro.

	Instalación	Costo	Seguridad	Durabilidad	$\Sigma+1$	Ponderación
Instalación	--	0	0	0	1	0,13
Costo	0	--	1	0	2	0,25
Seguridad	0	1	--	1	3	0,38
Durabilidad	0	1	0	--	2	0,25
				Suma	8	1

Seguridad > Costo = Durabilidad > Instalación

Se realiza el análisis de las alternativas del módulo cuatro para cada uno de los criterios: instalación, costo, seguridad y durabilidad, mostrado con detalle en las tablas 47 a 50, respectivamente.

Tabla 47. Evaluación del módulo cuatro respecto a la instalación.

Instalación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0	0	1	0,17
Alternativa 2	0,5	--	0,5	2	0,33
Alternativa 3	1	1	--	3	0,50
			Suma	6,00	1,00

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 48. Evaluación del módulo cuatro respecto al costo.

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0	0	1	0,17
Alternativa 2	0,5	--	0,5	2	0,33
Alternativa 3	1	1	--	3	0,50
			Suma	6,00	1,00

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 49. Evaluación del módulo cuatro respecto a la seguridad.

Seguridad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	0,5	0,5	2	0,33
Alternativa 2	0,5	--	0,5	2	0,33
Alternativa 3	1	1	--	3	0,50
			Suma	7,00	1,17

Alternativa 3 > Alternativa 1 = Alternativa 2

Tabla 50. Evaluación del módulo cuatro respecto a la durabilidad.

Durabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	--	1	1	3	0,50
Alternativa 2	0	--	0,25	1,25	0,21
Alternativa 3	0,5	0,5	--	2	0,33
			Suma	6,25	1,04

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2

Se realiza la selección de la mejor alternativa para el módulo cuatro: Limpieza y Desinfección, de acuerdo con las ponderaciones obtenidas con los distintos requisitos, dando como resultado que la mejor alternativa es la número tres, el detalle se encuentra en la tabla 51.

Tabla 51. Selección de la alternativa para el módulo cuatro: Limpieza y Desinfección.








	Dimensiones	Costo	Seguridad	Durabilidad	$\Sigma+1$	Prioridad
Alternativa 1	0,13*0,17	0,25*0,17	0,38*0,33	0,25*0,5	1,32	2
Alternativa 2	0,13*0,33	0,25*0,33	0,38*0,33	0,25*0,21	1,30	3
Alternativa 3	0,13*0,5	0,25*0,5	0,38*0,5	0,25*0,33	1,46	1

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2

3.4. Selección de la Mejor Propuesta

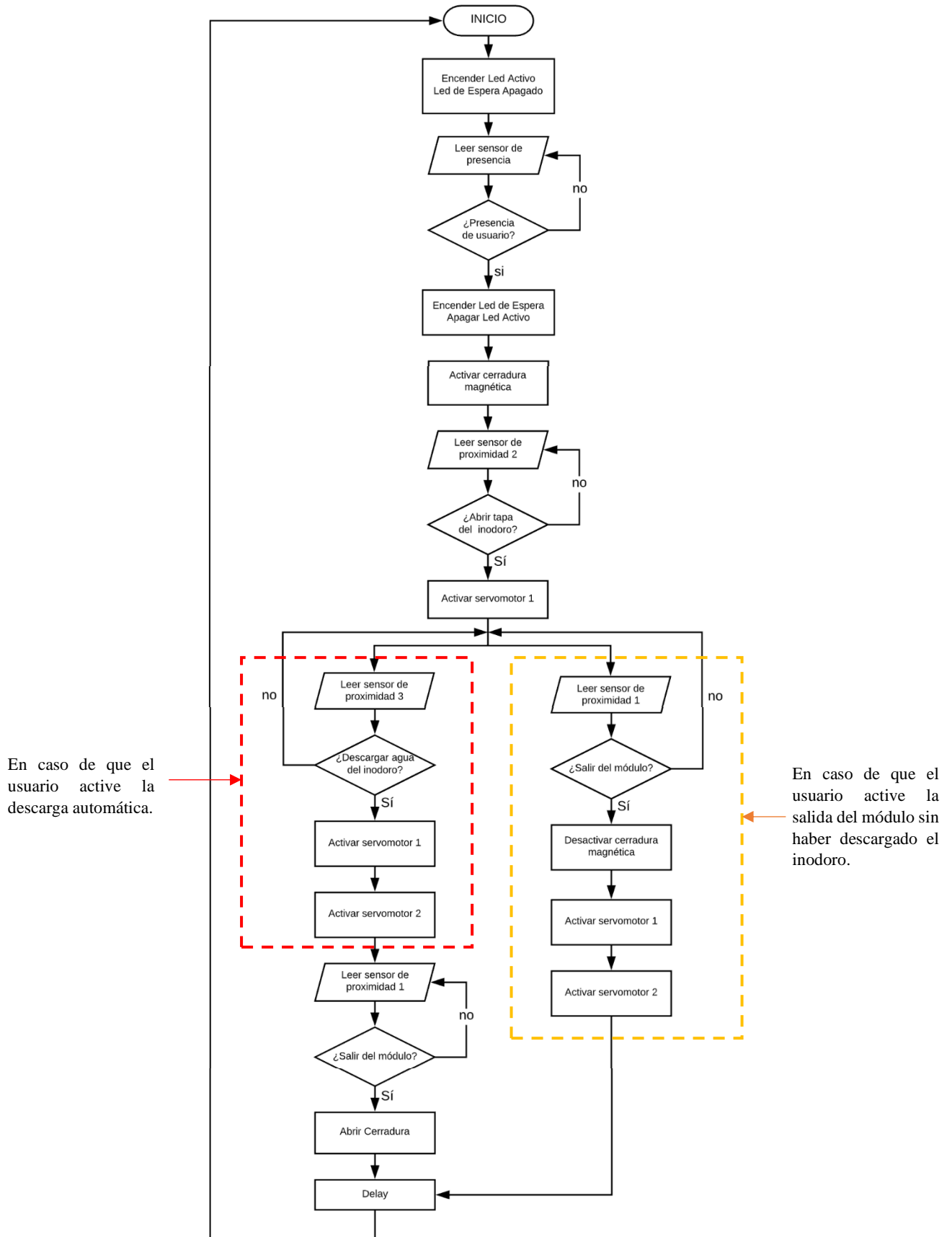
En la tabla 52 se indica la opción general con la mejor alternativa seleccionada para cada función.

Tabla 52. Solución general.

Función	Solución
Ingreso y salida del usuario	Empuje manual 
Activación de la cerradura	Cerradura magnética 
Activación de la tapa del inodoro	Activación motorizada 
Detección de que el usuario	Sensor de proximidad infrarrojo 
Descarga	Servomotor integrado a la válvula de descarga 
Limpieza	Limpieza Manual 
Desinfección	Desinfección Manual 

3.4.1. Diagrama de Flujo del Funcionamiento

Con la solución general seleccionada se realiza el diagrama de flujo del funcionamiento del módulo de inodoro.



3.5. Selección de Materiales

Los dispositivos electrónicos seleccionados como parte de la mejor propuesta para la adecuación del módulo de inodoro en la tabla 52 se encontrarán cubiertos con una carcasa de acero inoxidable, seleccionado debido a su accesibilidad y bajo costo en comparación con el aluminio, aún cuando la permanencia del virus en estas superficies es de 48 y 8 horas respectivamente, con el objetivo de que el costo total de la propuesta sea bajo. Se debe destacar que el acero inoxidable es utilizado en las instalaciones de los hospitales debido a su fácil limpieza, alta resistencia a la corrosión y su durabilidad [55].

Estudios han demostrado la alta eficacia del cobre laminar como antimicrobiano, confirmando la reducción de los patógenos en un 83 %, además de la posibilidad de reforzar los mobiliarios ya existentes con este material, creando una capa protectora antimicrobiana a bajo costo [56]. Al reducir el contacto de las manos con las superficies contaminadas mediante la propuesta detallada en este documento no se visualiza la necesidad del cubrimiento de las superficies con láminas de cobre, sin embargo, se recomienda la posibilidad de realizar este procedimiento en las superficies de los inodoros que no se adecuarán mediante esta solución.

3.6. Diseño del Sistema Electrónico

Es necesario mencionar que para los cálculos realizados con el objetivo de obtener los dispositivos electrónicos se asumieron las medidas de los componentes los cuales pueden variar de un modelo de inodoro a otro debido a que las tapas de inodoro y tanques de agua no tienen medidas estandarizadas, por lo cual, en caso de aplicar esta solución será necesario verificar las medidas de los componentes y los cálculos presentados para la correcta instalación de los sistemas.

3.6.1. Torque Requerido para Elevar la Tapa del Inodoro

El torque se calcula con la fórmula 1, para la cual se necesita la fuerza requerida para provocar el giro de la tapa del inodoro alrededor de su eje y la distancia desde el punto de la aplicación de la fuerza que en este caso es su propio peso.

$$T = r \cdot F \quad (1)$$

Donde:

T = torque requerido [N·m]

r = distancia de la aplicación de la fuerza [m]

F = fuerza ejercida sobre el objeto [N]

Como requisito de diseño se presenta que el peso de la tapa del inodoro se toma como 0,80 kg [28], además la distancia donde se aplica el peso de la tapa se toma como 23,5 cm [28], de esta forma el torque requerido para girar la tapa del inodoro sobre su eje es 1,84 N·m (18,8 kgf·cm).

Se utilizarán dos servomotores conectados al eje de la tapa del inodoro que se activarán al mismo tiempo, por lo cual el torque necesario para cada uno es de 0,922 N·m (9,4 kgf·cm).

En la tabla 53 se detallan las especificaciones técnicas del servomotor comercial MG996R marca DSSERVO, cuya hoja de datos completa se encuentra en el anexo 3, que mejor se adapta al torque calculado.

Tabla 53. Especificaciones técnicas del servomotor MG996R [57].

Especificaciones	
Dimensiones	40,7 x 19,7 x 42,9 mm
Torque a 4,8 V	9,4 kgf·cm
Torque a 6 V	11 kgf·cm
Corriente de parada	1,4 A
Resistente al agua	Si

3.6.2. Torque Requerido para Elevar la Válvula de Descarga

Las dimensiones del tanque de descarga son 410 mm de ancho, 160 mm de profundidad y 295 mm de altura [58], con estas medidas aplicamos la fórmula 2 para calcular la altura a la cual llega el líquido en el interior del tanque.

$$V = b \cdot h \cdot p \quad (2)$$

Donde:

V = volumen dentro del tanque [m³]

b = dimensión de la base del tanque [m]

h = altura a la que llega el líquido [m]

p = profundidad del tanque [m]

El servomotor impermeable conectado a la válvula de descarga debe trabajar bajo 6 litros de agua [28] que son equivalentes a 6 000 cm³, como resultado del cálculo realizado se obtiene que la altura a la cual se sitúa el líquido dentro del tanque del inodoro llega a 0.0915 m, este dato se utiliza para calcular la presión que ejerce el agua sobre la válvula de descarga.

$$P = \delta \cdot g \cdot h \quad (3)$$

Donde:

P = presión estática generada por el agua [Pa]

δ = densidad del agua [kg/m³]

g = gravedad que se tomará como 9,807 [m/s²]

h = altura del líquido dentro del tanque de inodoro [m]

Con la fórmula 3 se obtiene que la presión ejercida por el agua dentro del tanque del inodoro sobre la válvula de descarga es de 8 946 Pa, equivalente a 0,09122 kgf/cm².

El diámetro de la válvula de descarga es de 63 mm [27], este dato se utiliza para obtener la fuerza que ejerce el agua sobre la válvula de descarga, mediante la fórmula 4.

$$F = P \cdot A \quad (4)$$

Donde:

F = fuerza ejercida por el agua [N]

P = presión del agua sobre la válvula [Pa]

A = área de la válvula de descarga [m²]

Con la fuerza de 2,843 kgf obtenida se procede a calcular el torque necesario para elevar la válvula de descarga dentro del tanque del inodoro lleno con 6 litros de agua, mediante la fórmula 1, dando como resultado un torque necesario de 0,8782 N·m (8,955 kgf·cm), por lo cual también se seleccionó el servomotor MG996R marca DSSERVO y sus especificaciones técnicas se detallan en la tabla 53 y en el anexo 3.

3.6.3. Esquema del Circuito

Para el sistema electrónico se utilizará una placa Arduino Uno, la cual recibirá la señales de los sensores infrarrojos E18 y del sensor de movimiento PIR, con los cuales se controlará el funcionamiento de los servomotores seleccionados con anterioridad al igual que el accionamiento de la cerradura magnética, en la figura 32 se muestra el diagrama de conexiones del sistema y en el anexo 5 la programación del sistema.

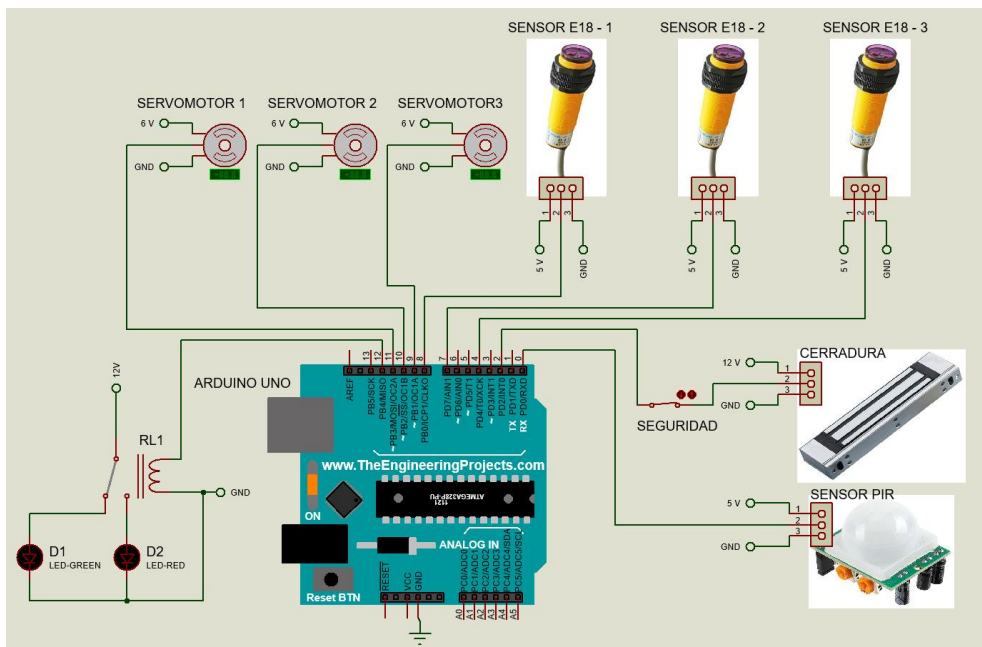


Figura 32. Diagrama de conexiones del sistema.

3.7. Diseño de los Elementos Estructurales

3.7.1. Soporte para el pie

La salida del módulo de inodoro por parte del usuario se realizará mediante la acción de halar el soporte ilustrado en la figura 33, que se encontrará anclado en la parte inferior de la puerta del módulo con el pie, este soporte se realizará mediante impresión 3D.

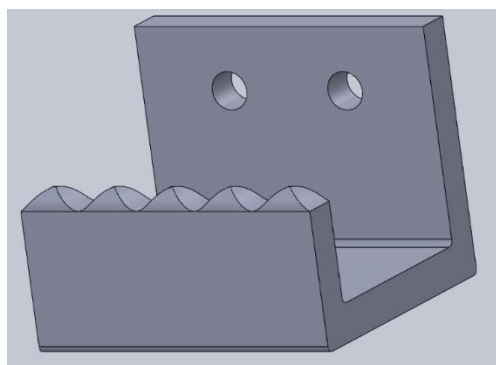


Figura 33. Soporte para pie.

3.7.2. Simulación estática del soporte para pie

En el estudio de Cristian Urresta [59] se caracterizaron las propiedades mecánicas de los materiales impresos en 3D, obteniendo el diagrama esfuerzo-deformación mostrada en la figura 34 para el material ABS, el cual se seleccionó para la impresión de este soporte debido a su alta disponibilidad.

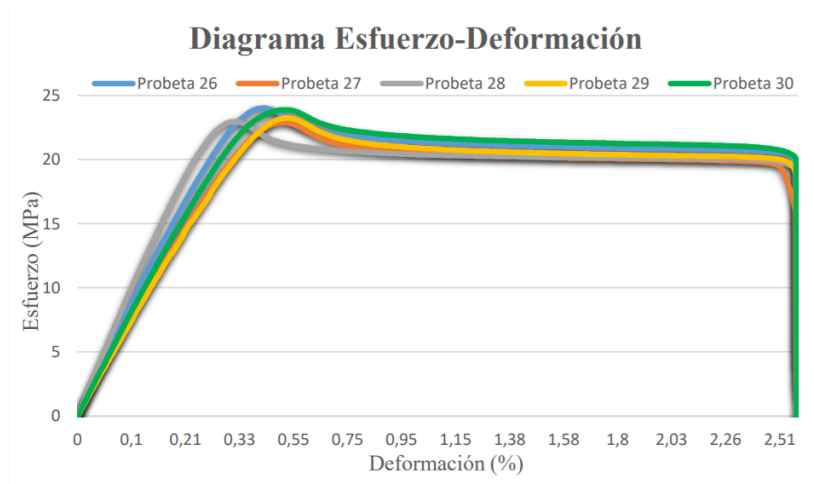


Figura 34. Diagrama esfuerzo-deformación del ensayo a flexión para ABS [59] .

A partir del diagrama esfuerzo-deformación del ensayo a flexión para ABS se puede calcular el módulo elástico del material impreso con la fórmula 5, el cual es necesario para realizar la simulación estática del soporte para pie.

$$E = \frac{\text{Esfuerzo}}{\text{Deformación}} \quad (5)$$

$$E = \frac{5 \text{ MPa}}{0,06}$$

$$E = 83,3 \text{ MPa}$$

El límite elástico se puede calcular gráficamente ubicando la tensión que produce una deformación permanente de 0,2 % [60], dando como resultado 21 MPa como se puede observar en la figura 35.

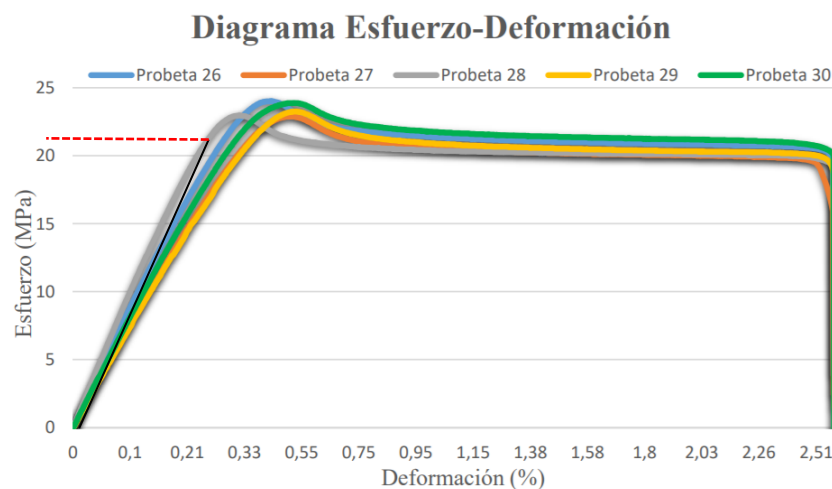


Figura 35. Límite elástico del ABS calculado gráficamente.

En la tabla 54 se muestran las características del ABS, necesarias para realizar la simulación además de los datos obtenidos a partir de los ensayos a flexión.

Tabla 54. Características del ABS [59].

Propiedades	Datos
Coefficiente de Poisson	0,36 N/D
Densidad de masa	992,281 kg/m ³
Límite a tracción	23,16 N/mm ²

La simulación estática para el soporte de pie impreso en ABS se desarrolló en el software SolidWorks, dando como resultado que la carga máxima a soportarse será de 1,83 MPa y se localizará en la arista interna del soporte, como se muestra en la figura 36.

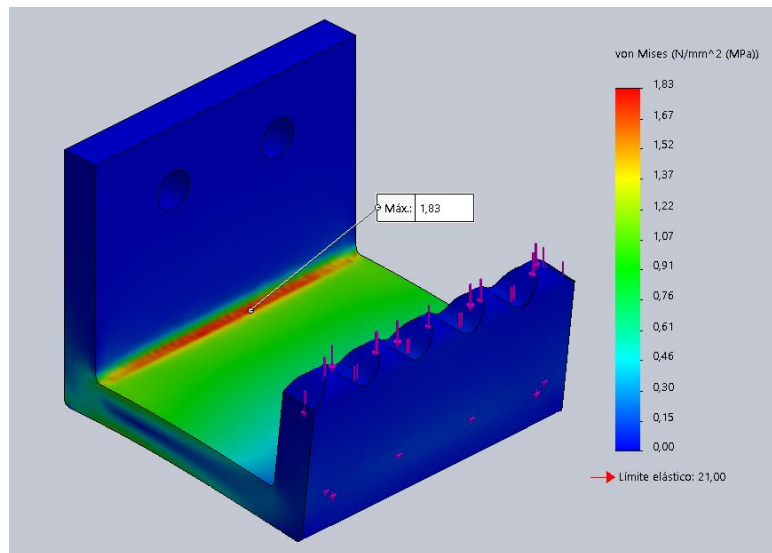


Figura 36. Esfuerzo máximo en el soporte de pie.

Se obtiene un factor de seguridad mínimo $N_{\text{soporte}}=11$ el cual indica que el modelo resistirá las cargas y el diseño se considera aceptable, como se observa en la figura 37.

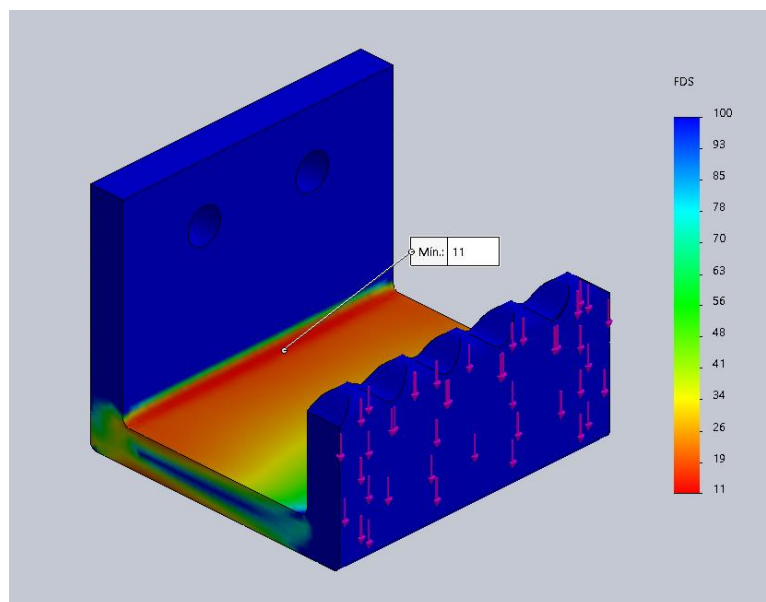


Figura 37. Factor de seguridad mínimo en el soporte de pie.

3.8. Mejora Opcional

Al momento de activar el funcionamiento de la tapa del inodoro es importante tomar en cuenta la posibilidad de que el usuario ejerza una fuerza contraria al movimiento de esta, dando como resultado el daño del sistema del servomotor seleccionado, como solución para esta posibilidad se propone la función de autobloqueo que podemos implementarla con el uso de un tornillo sin fin anclado a un motor a pasos y un piñón anclado a la tapa del inodoro pero se debe tomar en cuenta que esta mejora opcional al sistema planteado incrementaría en gran medida el costo de la construcción.

Para implementar este sistema debemos seleccionar un actuador que se ajuste los requerimientos necesarios como: que la tapa del inodoro se cierre en mínimo 2 segundos, teniendo de esta forma que la velocidad angular del piñón deberá ser de 7,5 rpm y el torque 1,84 N·m, también es importante mencionar que un requerimiento importante es el costo del sistema por lo cual se selecciona el piñón de 4 entradas con 12 dientes del catálogo de empresa HPC Gears [61], datos adjuntos en el anexo 4. Mencionados estos datos con la fórmula 6 calculamos la velocidad que necesita el actuador anclado al tornillo sin fin.

$$N1 \cdot Z1 = N2 \cdot Z2 \quad (6)$$

Donde:

N1 = velocidad del tornillo sin fin

Z1 = número de dientes del tornillo sin fin

N2 = velocidad del piñón

Z2 = número de dientes del piñón

Dando como resultado una velocidad necesaria en el actuador de mínimo 90 rpm.

Tabla 55. Actuadores disponibles en el mercado

Actuador	RPM	Torque (N·m)
Motorreductor HP-6 Pololu 34:1	280	0,63
Motorreductor HP-6 Pololu 47:1	200	0,81
Motorreductor HP-6 Pololu 75:1	130	1,05
Motorreductor HP-6 Pololu 99:1	97	1,48

En la tabla 55 se muestran los actuadores disponibles en el mercado, es necesario obtener la relación de un par de engranes mediante la fórmula 7 para asegurar la transmisión de la velocidad.

$$mT = \frac{W_{ent}}{W_{sal}} \quad (7)$$

$$mT = \frac{280}{90}$$

$$mT = 3,11$$

Se seleccionó el Motorreductor HP-6 Pololu 34:1, ya que es el que mejor se adapta a las necesidades del sistema. Para lograr la velocidad de 90 rpm es necesario disminuir la velocidad del actuador con una relación de 3,11:1. Al reducir la velocidad del actuador se aumenta el torque en la misma proporción por lo cual, el torque de salida es de 1,96 N·m que supera al torque requerido.

3.9. Simulación CAD de la propuesta

La propuesta presentada para la adecuación de los módulos de inodoro y disminuir el contacto de las manos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2 no se fabricará, por este motivo se realiza una simulación CAD del funcionamiento de los dispositivos seleccionados para el sistema, además de la ubicación de estos en caso de realizar su construcción, para lo cual en el anexo 6 se detallan los planos de construcción de las carcasas.

En la figura 38 se muestra el diseño CAD de los módulos de aseo para hombres y mujeres, siguiendo graficado el diseño ya existente dentro de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

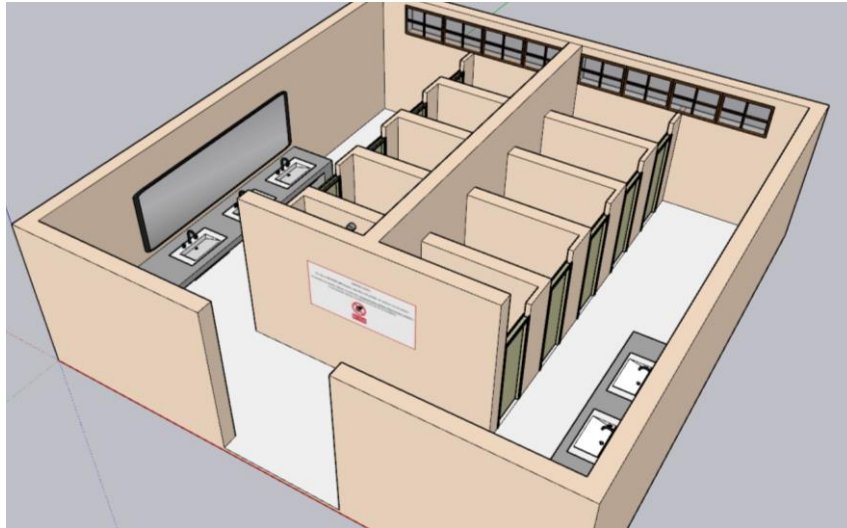


Figura 38. Modelo CAD de los módulos de aseo de la facultad.

En la simulación CAD planteada para el diseño seleccionado se tomó como ejemplo el primer módulo de inodoro para mujeres, en la figura 39 se visualiza la puerta de ingreso al módulo con el sistema instalado, en la parte izquierda se puede observar la carcasa (1) donde se encontrará una señal luminosa en rojo para indicar si el módulo se encuentra en uso o en verde si está disponible, además se visualizará una señalética para que el usuario utilice su codo para ingresar al módulo de inodoro, se ubicará una lámina de cobre (2) en la parte media de la puerta para minimizar la proliferación del virus en el lugar de contacto.

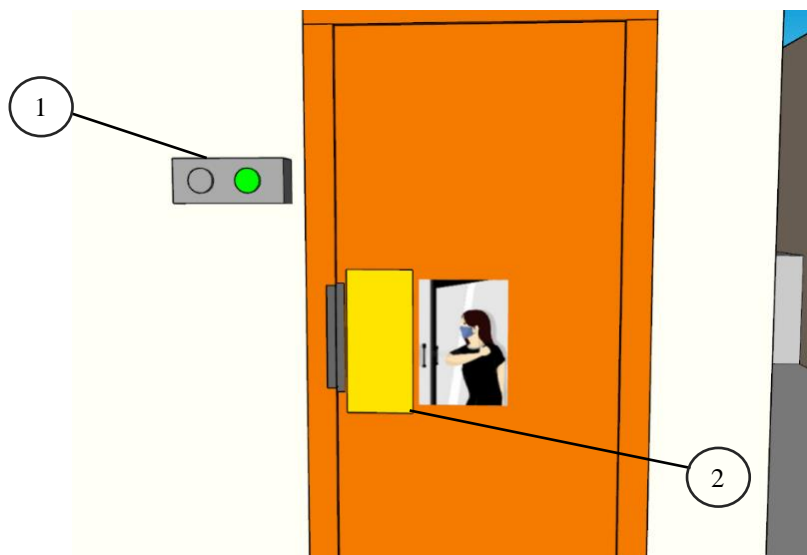


Figura 39. Puerta de ingreso al módulo de inodoro.

Cuando el usuario ingrese al módulo de inodoro un sensor de presencia (3) ubicado en la parte superior activará la cerradura magnética de la puerta para asegurar la privacidad, para ilustración mirar la figura 40.

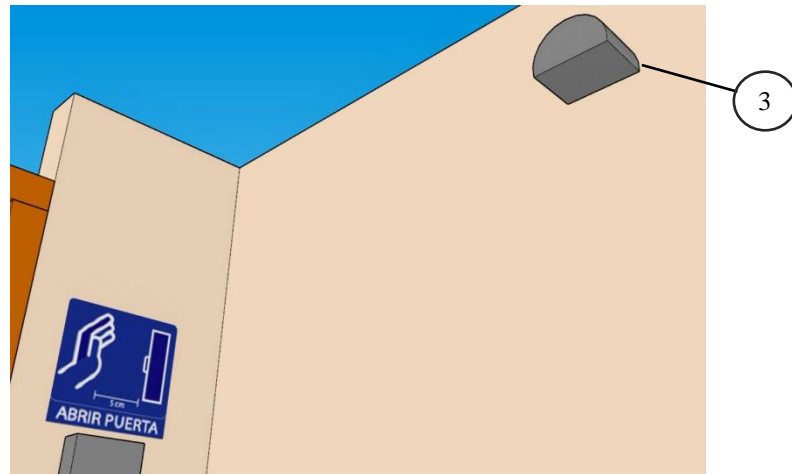


Figura 40. Sensor de presencia dentro del módulo de inodoro.

Una vez dentro, el usuario tendrá dos sensores sobre el tanque de agua del inodoro como se muestra en la figura 41, al activar el primer sensor (4) el usuario podrá elevar la tapa del inodoro que inicialmente se encontrará cerrada para poder hacer uso del sistema, cuando el usuario terminé sus deposiciones podrá realizar la descarga automática del tanque de agua mediante el segundo sensor (5) el cual en primer lugar dará paso a cerrar la tapa del inodoro y luego descargar el agua.

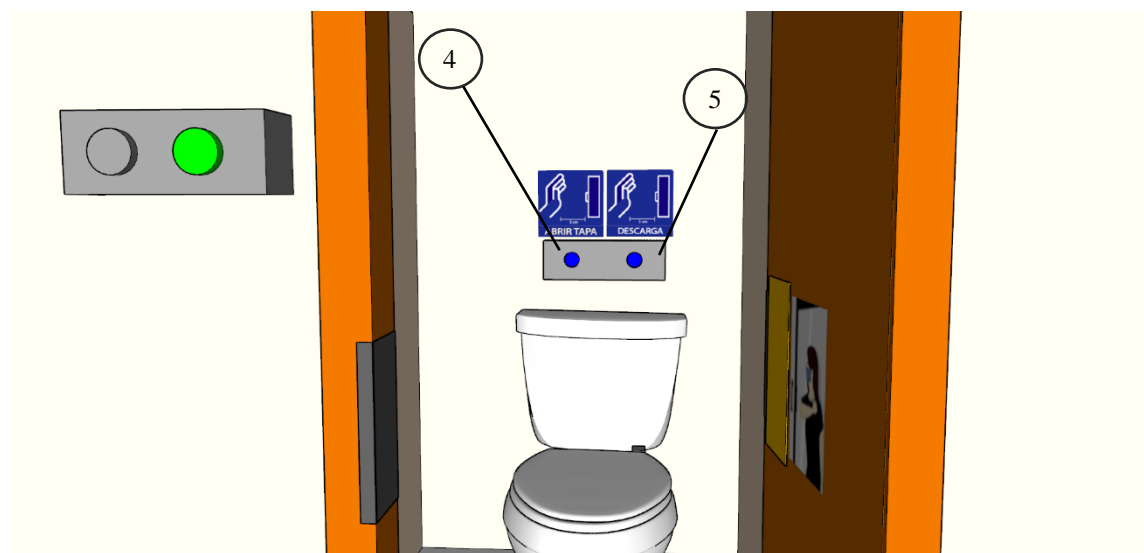


Figura 41. Ubicación de los sensores para abrir la tapa del inodoro y la descarga del agua.

Una vez que el usuario desea salir del módulo de inodoro podrá desactivar la cerradura magnética (6) ubicada en la puerta mediante un tercer sensor (7) como se muestra en la figura 42.

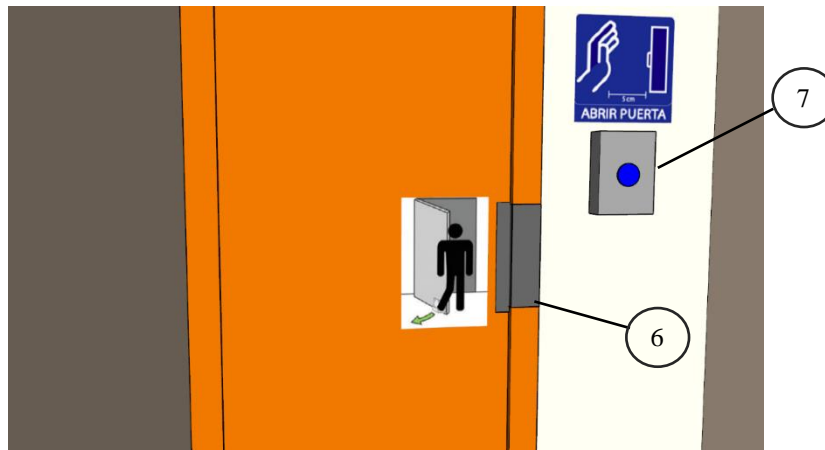


Figura 42. Ubicación del sensor para desactivar la cerradura magnética.

Para que el usuario pueda abandonar el módulo de inodoro sin tener contacto con las superficies en la parte inferior de la puerta se ubica un soporte (8) para halar la puerta con el pie, como en la figura 43.

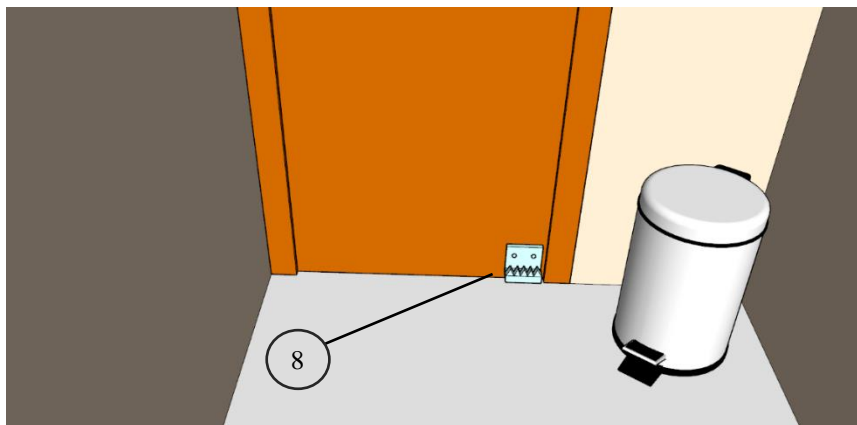


Figura 43. Ubicación del soporte para pie.

3.10. Manual de Usuario

Se ha desarrollado el procedimiento para el uso, se ubicará señaléticas en todo el sistema para facilitar la familiarización.

3.10.1. Datos importantes

Por favor **NO TOCAR** ninguna superficie del módulo de inodoro con las manos, señalética mostrada en la figura 44.

El módulo de inodoro deberá ser utilizado solamente para realizar deposiciones sentado y se recomienda utilizar el urinario en el caso de los hombres.



Figura 44. Señalética no tocar.

3.10.2. Pasos para el uso del sistema

1. Si la luz piloto roja, ilustrada en 45, está encendida el sistema no se encuentra disponible para su uso.



Figura 45. Luz piloto roja.

2. Si la luz piloto verde, ilustrada en 46, está encendida el sistema se encuentra libre y disponible para ser utilizado.



Figura 46. Luz piloto verde.

3. Para ingresar al módulo del inodoro por favor hacerlo empujando la puerta con el codo o antebrazo como se muestra en la figura 47.



Figura 47. Apertura de la puerta con el codo.

4. Una vez adentro del módulo la cerradura magnética se activará de forma automática.
5. Para levantar la tapa del inodoro hacer una señal manual a 5 cm del sensor con la señalética “Abrir Tapa” mostrada en la figura 48.



Figura 48. Señalética abrir tapa.

6. Una vez haya finalizado de utilizar el inodoro realice la descarga del agua mediante una señal manual a 5 cm del sensor con la señalética “Descarga” mostrada en la figura 49.



Figura 49. Señalética descarga

7. La tapa se cerrará de forma automática y se realizará la descarga del agua.
8. Para salir del módulo realizar una señal manual frente al sensor con la señalética “Abrir Puerta” ilustrada en la figura 50, de esta forma se desactivará la cerradura magnética.



Figura 50. Ubicación del soporte para pie.

9. Para salir del módulo por favor utilice su pie y hale el soporte ubicado en la parte inferior de la puerta como en la figura 51. Recuerde, NO TOCAR ninguna superficie del módulo de inodoro.



Figura 51. Señalética abrir la puerta con el soporte de pie.

10. En caso de existir accidentes dentro del módulo de inodoro se podrá desbloquear la cerradura magnética con un botón de seguridad, el cual se encontrará en una ubicación donde solamente tendrá acceso el personal de aseo.

3.11. Protocolo de Uso

3.11.1. Objetivos de implementación de un protocolo de uso

- Implementar medidas de prevención del COVID-19 dentro del módulo de inodoro para el cuidado de la salud de los estudiantes de la Universidad Técnica del Norte.
- Disminuir la propagación del virus SARS-COV-2 en los módulos de inodoro de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.
- Presentar medidas de limpieza y desinfección de los módulos de inodoro.

3.11.2. Definiciones importantes

Limpieza: Acción y efecto de eliminar la suciedad de una superficie mediante métodos físicos o químicos.

Desinfección: Eliminación de gérmenes que pueden crear una infección de una superficie.

Agente desinfectante: Agente químico capaz de matar los microorganismos infecciosos de una superficie.

3.11.3. Protocolo para la Utilización Segura del Módulo de Inodoro

A. Para el ingreso al módulo de inodoro

Ingresar al módulo de inodoro solamente en casos de extrema necesidad.

Al ingresar desinfectar las manos con alcohol al 70 %, que deberá estar ubicado a la entrada de las instalaciones sanitarias.

B. Para el distanciamiento social

Limitar el ingreso de personas a las instalaciones sanitarias.

Mantener un distanciamiento de mínimo 1,5 metros entre los usuarios del módulo de inodoro.

Desalojar lo antes posible las instalaciones sanitarias para evitar aglomeraciones.

C. Para el uso del módulo de inodoro

El uso de la mascarilla es obligatorio dentro del módulo de inodoro.

En caso de existir la necesidad de toser, estornudar o hablar, NO se deberá retirar la mascarilla y se utilizará el lado interior del codo para asegurar la permanencia del virus.

Se deberá evitar el contacto de las manos con cualquier superficie dentro o fuera del módulo de inodoro, en caso de existir contacto accidental, utilizar el dispensador personal con alcohol al 70 % para desinfectar la zona expuesta.

No tocarse ojos, boca o nariz mientras se encuentra dentro del módulo.

Para realizar la descarga de los desechos en el sanitario la tapa del inodoro deberá estar cerrada, por ningún motivo obstaculice el proceso del sistema implementado.

El uso del módulo de inodoro será de uso **exclusivo** para realizar deposiciones sentado y existirá señalética que indique este lineamiento.

Ubicar los desechos dentro del tacho de basura y en caso de que este se encuentre lleno, avisar posteriormente al personal encargado.

No escupir

D. Para la salida del módulo de inodoro

Evitar todo contacto con las superficies del módulo de inodoro.

El lavado de manos debe realizarse después de haber usado el sanitario y debe durar mínimo 60 segundos.

Luego de realizado el lavado de manos, desalojar inmediatamente las instalaciones sanitarias para que otro usuario pueda hacer uso de este.

3.11.4. Protocolo para la Limpieza y Desinfección del Módulo de Inodoro

A. Para la limpieza del módulo de inodoro

Los módulos de inodoros deben limpiarse diariamente antes de su apertura al público y de manera frecuente, como mínimo dos veces en el transcurso del día.

La limpieza debe realizarse con detergentes comunes y asegurándose que la preparación del productos sea acorde a las instrucciones de este.

B. Para la desinfección del módulo de inodoro

Todos los insumos utilizados para la limpieza y desinfección de los espacios deberán ser lavados de manera inmediata para su posterior uso y evitar contaminación cruzada.

Las superficies por desinfectarse deben estar limpias antes de realizarlo, ya que los agentes desinfectantes pierden efectividad si existe suciedad o impurezas.

Utilizar agentes desinfectantes reconocidos en su efecto sobre el COVID-19, para verificarlos puede visitar la lista de desinfectantes publicados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (<https://n9.cl/gm3r>).

En caso de no poseer uno de los desinfectantes verificados es posible crear una solución de cloro doméstico al 5 %, para ello deberá seguir las instrucciones del fabricante.

Deje actuar la solución desinfectante por al menos 1 minuto antes de retirarlo con un paño, para que la desinfección sea eficaz.

Las soluciones desinfectantes deberán prepararse diariamente, ya que luego de 24 horas las mezclas pierden efectividad.

C. Para el manejo de residuos

El personal encargado del manejo de residuos debe ser capacitado sobre los riesgos antes del inicio de sus labores.

El personal de aseo debe lavarse las manos antes y después de realizar sus labores.

Los desechos generados en los módulos de inodoro deben tratarse con la sospecha de que contienen el virus vivo.

Debe ubicarse una funda de basura negra en el cesto de basura, el cual debe contener una tapa y un pedal para su apertura.

Cuando la funda de basura se llene a las $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad se debe rociar los desechos con una solución desinfectante para posteriormente cerrarlo con doble nudo.

La primera funda con desechos deberá ser depositada en una segunda funda luego de ser rociada por segunda vez con una solución desinfectante.

El traslado de los desechos deberá ser coordinado con el GAD Municipal, según los lineamientos propuestos por el Servicio de Gestión de Riesgos y Emergencias.

3.11.5. Elementos de Protección Personal

A. Para los estudiantes y docentes

El uso de mascarilla deberá ser de manera obligatoria y permanente antes, durante y luego del uso de los sanitarios.

Cada usuario deberá portar un dispensador personal de alcohol al 70 % y utilizarlo en todas las ocasiones que sean necesarias.

B. Para el personal de aseo

Asegurar la entrega de elementos de protección personal a las personas encargadas de realizar el aseo y desinfección de los módulos de inodoro.

Los equipos de protección personal mínimo deberán ser: guantes de caucho, mascarilla quirúrgica y visores de protección, sin embargo, se recomienda la entrega del traje de bioseguridad.

La persona encargada no debe superar los 60 años ni ser parte del grupo de riesgo.

Se recomienda la designación de un espacio para el cambio de vestuario del personal de aseo.

3.12. Análisis de Costos

3.12.1. Costo de Insumos

Los costos directos de fabricación indicados en la tabla 56 son aquellos que se encuentran directamente relacionados con la fabricación del sistema.

Tabla 56. Costo de insumos para el sistema.

Detalle	Unidades	P. Unitario (USD)	P. Total (USD)
Cerradura Magnética	1	35	35
Servomotor MG996R	2	12	24
Sensor de movimiento	1	4	4
Sensor de proximidad infrarrojo E18	3	8	24
Arduino uno	1	10	10
Fuente de 12 V	1	8	8
Fuente de 6V	1	5	5
Lámina de Cobre	1	2	2
Material para carcasa	1	20	20
Tornillos	10	0,1	1
Soporte para el pie	1	5	5
		Total	138

3.12.2. Costos Totales

En la tabla 57 se encuentra el costo total del sistema, donde se tomó 12 dólares la hora de implementación del sistema según la experiencia de la MSc. Angela León, gerente de la empresa ConCiencia 3D, y dos días de instalación para el costo de mano de obra, en base al Salario Básico Unificado del Ecuador.

Tabla 57. Costo total del sistema.

Detalle	Costo (USD)
Insumos	138,00
Mano de Obra	40,00
Costo de Ingeniería	36,00
Total	214,00

3.12.3. Comparación de Costos

En la tabla 58 se realiza una comparación entre los inodoros que se encuentran en el mercado y el presentado como propuesta en este trabajo de grado.

Tabla 58. Comparación de costos.

Nombre	Costo (USD)	Detalle	Funciones de interés
Inodoro FV	1 323,86	Inodoro inteligente	Descarga automática
Inodoro Briggs	1 325,00	Inodoro inteligente	Descarga automática
Inodoro EDESA	170,00	Inodoro estándar	Ninguno
Adecuación del módulo de inodoro UTN	214,00	Sistema de integración	Cerradura automática, ascenso y descenso de la tapa del inodoro, descarga automática.

Se tiene como resultado que el sistema propuesto sería competitivo dentro del mercado nacional, además es importante tomar en cuenta la integración entre los distintos módulos y la puerta.

3.13. Análisis de Resultados

El virus de SARS-CoV-2 resulta ser altamente contagioso y afecta gravemente la salud de quien contrae el COVID-19, las soluciones seleccionadas para esta propuesta cumplen con especificaciones de limpieza y durabilidad necesarias para ser implementadas en un baño de uso público; sin embargo, el virus SARS-CoV-2 vive en el acero inoxidable por hasta 48 horas pero muere al contacto con detergentes de uso común, por lo cual el sistema propuesto se enfoca en la simplicidad ayudando a reducir el riesgo inminente de infección. La propuesta del sistema electrónico que al buen uso reduce el contacto de las manos del usuario con las superficies más infectadas de un inodoro como la palanca de descarga de agua, además de la importancia de bajar la tapa del inodoro para que no se forme una nube de agua con el virus que infecte al aire dentro del módulo, se presenta un protocolo de uso para minimizar el riesgo en caso de que el sistema propuesto no se utilice de una forma adecuada.

Capítulo V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Las superficies con mayor contaminación en el módulo del inodoro son aquellas que tienen un alto nivel de contacto con las manos de los usuarios, como las perillas de las puertas y la palanca de descarga, donde se acumulan virus y bacterias que sin la debida limpieza crean un ecosistema favorable para su proliferación.
- El sistema propuesto minimiza el riesgo de contagio mediante la implementación de sensores y actuadores que funcionan a disposición del usuario para facilitar el uso del inodoro sin el contacto de las manos con las distintas superficies.
- El mecanismo de tornillo sin fin y piñón resulta ser una buena alternativa para ser implementado como seguridad para el sistema de elevación de tapa debido a su función de autobloqueo, además de presentar la opción de quitar la energía y que la tapa se mantenga en la posición deseada.
- La metodología QFD utilizada brindó la posibilidad de encontrar la solución que se adapte de la mejor manera a todos los requerimientos propuestos y sea de bajo costo, por lo cual representa una alternativa competitiva en el mercado nacional y que abarca la integración entre los módulos de manera sencilla.
- El protocolo para la utilización segura del servicio de inodoro ayuda a disminuir la propagación del virus SARS-CoV-2 mediante la implementación de medidas de bioseguridad personal, limpieza y desinfección como un importante complemento al cuidado de la salud de los estudiantes.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar la construcción del prototipo del sistema propuesto con el objetivo de realizar pruebas y corregir posibles errores.
- El cobre laminar resulta ser un medio propicio para evitar la proliferación del virus, por lo cual se recomienda cubrir con este material las zonas donde el uso de las manos no se pueda evitar, aunque este incrementaría el costo de implementación.
- En caso de la implementación del sistema propuesto se recomienda realizar socializaciones del manual de uso y del protocolo de bioseguridad con los estudiantes y el personal de aseo encargado.
- Al reducir el contacto de las manos con las superficies contaminadas mediante la propuesta detallada en este documento no se visualiza la necesidad del cubrimiento de las superficies con láminas de cobre, sin embargo, se recomienda la posibilidad de realizar este procedimiento en las superficies de los inodoros que no se adecuarán mediante esta solución.

Bibliografía

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Coronavirus,» OMS, 23 abril 2020. [En línea]. Available: https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus#tab=tab_1. [Último acceso: julio 2020].
- [2] R. L. DeBiasi y M. Meghan Delaney, «Symptomatic and Asymptomatic ViraShedding in Pediatric Patients Infected With Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2),» 28 agosto 2020. [En línea]. Available: <https://jamanetwork.com/journals/jamapediatrics/fullarticle/2770149>. [Último acceso: 31 agosto 2020].
- [3] La Revista de la Evaluación de la Conformidad, «Análisis de Coronavirus en Superficies,» AENOR-La revista de la evaluación de la conformidad, Junio 2020. [En línea]. Available: <https://revista.aenor.com/359/analisis-de-coronavirus-en-superficies.html>. [Último acceso: 26 agosto 2020].
- [4] Organización Mundial de la Salud, «Preguntas y Respuestas sobre la enfermedad por coronavirus COVID-19,» Organización Mundial de la Salud, 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>. [Último acceso: 29 agosto 2020].
- [5] Expansión-COVID-19, «Ecuador-COVID-19-Crisis del Coronavirus,» datosmacro, 30 agosto 2020. [En línea]. Available: <https://datosmacro.expansion.com/otros/coronavirus/ecuador>. [Último acceso: 31 agosto 2020].
- [6] Equipo Humanitario de País, «Plan de Respuesta Humanitaria COVID-19 Ecuador,» Naciones Unidas, Quito, 2020.
- [7] T. Le, A. Sampson, D. Catalano, S. Walton, S. Valoff y R. Milley, «Touchless activation of a toilet». EE.UU. Patente US9428897B2, 2016.
- [8] Po-Sen Hsiao, «Controlling apparatus for automated toilet seat and lid lifting and closing device». EE.UU. Patente US8108952B2, 07 febrero 2012.
- [9] L. Yun-Yun, J.-X. Wang y c. Xi, «Can a toilet transmit a virus? From a fluid dynamics perspective,» Physics of Fluids-Flow and the Virus, Republica de China, 2020.
- [10] Maximo Dorra, «Auto cleaning toilet seat and method of use». EE.UU. Patente US9339158B2, 17 mayo 2016.
- [11] Brenda L. Tesini, «Coronavirus y síndromes respiratorios agudos (COVID-19, MERS y SARS),» University of Rochester School of Medicine and Dentistry, EE.UU., 2020.
- [12] Organización Mundial de la Salud, «Coronavirus,» OMS, mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus>. [Último acceso: 14 septiembre 2020].

- [13] Organización Mundial de la Salud, «Brote de enfermedad por coronavirus COVID-19,» OMS, 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>. [Último acceso: 13 septiembre 2020].
- [14] C. G. d. C. O. d. Farmacéuticos, «Nuevo Coronavirus SARS-CoV-2,» PortalFarma, 2020. [En línea]. Available: <https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/Asesoramiento-salud-publica/infeccion-coronavirus-2019-nCoV/Paginas/informacion-farmaceuticos.aspx>. [Último acceso: 09 2020].
- [15] José M. Fernández Rúa, «COVID-19: Científicos confirman que su origen es natural,» Biotech-Magazine and News, 19 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://biotechmagazineandnews.com/covid-19-cientificos-confirman-que-su-origen-es-natural/>. [Último acceso: 15 septiembre 2020].
- [16] Centers for Disease Control and Prevention, «Clinical Care Guidance,» CDC-Centers for Disease Control and Prevention, 10 septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/clinical-guidance-management-patients.html>. [Último acceso: 15 septiembre 2020].
- [17] Sánchez, Barquilla, Vitelli, Fragosa, García, Serrano, Quintana y Calderón, «Análisis de las tasas de letalidad de la infección por SARS-CoV-2 en las comunidades autónomas de España,» US National Library of Medicine National Institutes of Health, 01 julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7328631/>. [Último acceso: 15 septiembre 2020].
- [18] Maththew E. Levison, «Comentario: Nuevas recomendaciones para el uso de tapabocas de tela,» Manual MSD-Versión para Profesionales, 16 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.msmanuals.com/es/professional/news/editorial/2020/04/16/20/51/new-recommendations-for-use-of-cloth-face-masks>. [Último acceso: 16 septiembre 2020].
- [19] Centers for Disease Control and Prevention, «Animals & COVID-19,» CDC-Centers for Disease Control and Prevention, 24 agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/daily-life-coping/animals.html>. [Último acceso: 16 septiembre 2020].
- [20] O. M. d. I. Salud, «Vías de transmisión del virus de la COVID-19: repercusiones para las recomendaciones relativas a las precauciones en materia de prevención y control de las infecciones,» OMS-Organización Mundial de la Salud, 29 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>. [Último acceso: 16 septiembre 2020].
- [21] Nathavitharana Nardell, «Airborne Spread of SARS-CoV-2 and a Potential Role for Air Disinfection,» *JAMA Network*, vol. 324 (2), pp. 141-142, 2020.
- [22] S. W. X. Ong, Y. K. T. P. Y. Chian y e. al, «Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome

- Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient,» *JAMA Network*, vol. 323 (16), pp. 1610-1612, 2020.
- [23] Dra. Lydia Bourouiba, «Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19,» *JAMA-Network*, vol. 323, pp. 1837-1838, 2020.
- [24] Parasa, Desai y Chandrasekar, «Prevalence of Gastrointestinal Symptoms and Fecal Viral Shedding in Patients With Coronavirus Disease 2019: A Systematic Review and Meta-analysis,» *JAMA Network Open*, jamanetworkopen.2020.11335, 2020.
- [25] Pan, Zhang, Yang, Poon y Wang, «Viral load of SARS-CoV-2 in clinical samples,» *The Lancet Infectious Diseases*, Vols. %1 de %220, #4, pp. P411-412, 2020.
- [26] F. Xiao, M. Tang, X. Zheng, Y. Liu, X. Li y H. Shan, «Evidence for Gastrointestinal Infection of SARS-CoV-2,» *Gastroenterology*, vol. 158, pp. P1831-1833.E3, 2020.
- [27] NTE INEN 1569, «Norma Técnica Ecuatoriana-Artefactos Sanitarios: Clasificación-Tercera Revisión,» INEN- Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito-Ecuador, 2015.
- [28] INEN-NTE INEN 3082, «Norma Técnica Ecuatoriana: aparatos sanitarios, requisitos y métodos de ensayo,» INEN-Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito-Ecuador, 2018.
- [29] Quispe y Salcedo, «Bacterias en servicios higiénicos de una institución educativa superior,» *Ciencia, Tecnología y Desarrollo-Universidad Peruana Unión*, vol. Volumen 4, pp. 56-69, 2018.
- [30] María Teresa Fernández, «Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas,» Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, Cuba, 2017.
- [31] L. Acosta y D. Daniela Vásquez, «Verificación de Procesos de Limpieza y Desinfección mediante el Análisis de Indicadores de Contaminación en las Superficies de Servicios Higiénicos de un Centro Comercial de la Ciudad de Quito,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador, 2011.
- [32] E. A. Victor, V. Fernando, M. E. Cosme y Pineda Diego, «Aplicación de ingeniería simultánea en la construcción de máquinas por parte de mipymes metalmecánicas del Ecuador,» Ibarra-Ecuador, 2017.
- [33] J. R. L. J. D. C. Casas Anguitaa, «La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento de los datos.,» Escuela Nacional de Sanidad, Madrid-España, 2003.
- [34] S. Lorenzo, J. Miraa, M. Olarte, J. Guerreroa y Silvia Moyanoa, «Análisis matricial de la voz del cliente: QFD aplicado a la gestión sanitaria,» Universidad Miguel Hernández, Madrid-España, 2004.

- [35] C. A. Jesus y Hinojosa Adriana, «La Voz del Cliente a través de la Metodología SERVQUAL / KANO.» *II Congreso Internacional Virtual de Investigación en Educación Superior y Revista Electrónica de Investigación en Educación Superior*, vol. 2, nº 1, p. 15, 2014.
- [36] C. d. N. y. C. d. C. Laboral, «Guía técnica elaboración de mapa funcional,» Sistema Normalizado de Competencia Laboral, Versión: 2.0.
- [37] J. I. Vega, G. Salgado, M. A. Lagos, V. N. Tapia y Francisco J. Sánchez, «Red inalámbrica de sensores de presencia,» SOMI Congreso de Instrumentación, México D.F., 2014.
- [38] Lady Ada, «PIR Motion Sensor,» 2020. [En línea]. Available: adafruit.com. [Último acceso: 10 2020].
- [39] A. Ahmed y H. Shi y Y. Shang, «SHARP: un nuevo enfoque para la localización relativa en redes de sensores inalámbricos,» *25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, vol. 10, nº 1109, pp. 892-898, 2005.
- [40] Sharp Global, «Sensor Sharp,» [En línea]. Available: <http://global.sharp/products/>. [Último acceso: 10 2020].
- [41] «AV Electronics,» [En línea]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/sensor-proximidad-infrarrojo-ajustable-e18-d80nk/>. [Último acceso: 29 Noviembre 2020].
- [42] A. Electronics, «Sensor Proximidad Infrarrojo Ajustable E18-D80NK,» [En línea]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/sensor-proximidad-infrarrojo-ajustable-e18-d80nk/>. [Último acceso: 10 2020].
- [43] Garen, «Automatizadores para portones corredizos,» Garen-Automação De Portões, Portas Sociais E Cancelas, [En línea]. Available: <https://www.garen.com.br/es/productos/automatizadores-portones-corredizos/>. [Último acceso: 10 2020].
- [44] S. D. Products, «Servo Sistemas SANMOTION,» [En línea]. Available: <https://products.sanyodenki.com/en/sanmotion/>. [Último acceso: 17 01 2020].
- [45] Z. Group, «Accesorio para manilla de puertas para prevención de transmisión de gérmenes,» [En línea]. Available: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/2064/HAND_HELD_ES.PDF. [Último acceso: 25 febrero 2021].
- [46] SISCONTROL, «SISCONTROL,» Soluciones Integradas en Software, Seguridad y Control., 2019. [En línea]. Available: <http://www.siscontrol.com.ec/cerradura-electromagnetica-300lbs.html>. [Último acceso: 29 diciembre 2020].
- [47] Accesos Automáticos del Ecuador, SA., «Cerraduras Magnéticas,» [En línea]. Available: <https://pfc.com.ec/cerraduras-magneticas.html>. [Último acceso: 10 2020].

- [48] O.E. Waters, «Toilet Seat Sanitary Lifting Mechanism». Estados Unidos Patente US3345650A, 18 Enero 1965.
- [49] DSSERVO, *Servo de alto torque*, Quito, 2019.
- [50] FUTEK, «Sensores De Presión,» FUTEK-Advanced Sensor Technology. inc., [En línea]. Available: <https://www.futek.com/home>. [Último acceso: 10 2020].
- [51] U. Electronics, «Sensor De Obstáculos Reflectivo Infrarrojo,» Tienda de componentes electrónicos, [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/fc-51-sensor-de-obstaculos-reflectivo-infrarojo/>. [Último acceso: 10 2020].
- [52] Ing. César Aníbal Rosero Mantilla, *Construcción de un generador de ozono automatizado para la facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato*, 2017.
- [53] A. d. p. d. ambiente, «Folleto informativo de tecnología de aguas residuales-Desinfección con ozono,» EPA, Estados Unidos, 1999.
- [54] I. technologies, «Generador de ozono comercial Enerzen,» ION technologies, [En línea]. Available: <https://www.oionair.com/product/enerzen-o-777/>. [Último acceso: 27 12 2020].
- [55] E. Mauricio, N. Eduardo y H. José, «Manual Aceros Inoxidables,» INDURA S.A. Industria y Comercio, Chile, 2010.
- [56] G. Paula, A. Consuelo y D. Julián, «Materiales e innovación en arquitectura sanitaria: cobre, barrera antibacteriana para espacios sanitarios,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2017.
- [57] TowerPro.com.tw Online Shop 2, «Datasheet MG996R,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.towerpro.com.tw/product/mg996r/>. [Último acceso: 19 febrero 2021].
- [58] V. I. S.A.C., «Ficha Técnica Punta Sal,» Italgrif-Sanitarios y Grifería,, Perú.
- [59] C. Urresta, *Caracterización de las propiedades mecánicas de materiales impresos mediante la técnica de impresión 3d fused deposition modeling,* Ibarra-Ecuador: Universidad Técnica del Norte, 2020.
- [60] R. Gutiérrez, «Fundamentos experimentales de la resistencia de materiales (Propiedades mecánicas de los materiales),» Universidad de Cantabria, Cantabria.
- [61] <https://amironic.co.il/>, «Worms & Wheels,» Amironic.
- [62] Electronilab, *Datasheet Sensor de Movimiento PIR HC-SR501*.
- [63] Sharp, *Datasheet Sharp GP2Y0A21YK0F*.
- [64] T. O. Shop, «MG995 Datasheet,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.towerpro.com.tw/product/mg995/>. [Último acceso: 19 febrero 2021].

- [65] T. O. Shop, «Hoja de datos de MG996R,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.towerpro.com.tw/product/mg996r/>. [Último acceso: 19 febrero 2021].
- [66] AITIM-Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera, «AITIM,» Puertas-Hojas de puerta, 26 marzo 2018. [En línea]. Available: http://infomadera.net/modulos/productos_y_empresas.php?id=290. [Último acceso: 2021 enero 24].
- [67] A. A. 156.19-2002, «AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR POWER ASSIST AND LOW ENERGY POWER OPERATED DOORS,» EE.UU., 2002.
- [68] Moreno, Gómez, Oya, Gómez y Antoranz, «Grado de acuerdo entre los índices adiposomusculares obtenidos a partir de medidas antropométricas del brazo, pliegues cutáneos e impedancia bioeléctrica.,» Centro de Salud de Palma, Móstoles, 2003.
- [69] IAFdaily, «Cálculo de las medidas corporales ideales,» 04 diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://blog.iafstore.com/es/calculo-de-las-medidas-corporales-ideales-a238#:~:text=antebrazo%3A%2042%20cm,cadera%3A%20106%2C5%20cm>. [Último acceso: 02 marzo 2021].
- [70] U. d. Antioquia, «Ubicación del centro de masa en el cuerpo humano,» 16 febrero 2016. [En línea]. Available: <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/mod/page/view.php?id=164195#:~:text=El%20CM%20se%20define%20como,que%20act%C3%BAan%20sobre%20un%20cuerpo..> [Último acceso: 02 febrero 2021].

ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

ASUNTO: Aplicación de una encuesta a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte.

TEMA: Adecuación del módulo de inodoro en sanitarios públicos para reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2.

OBJETIVO: Recopilar información para obtener los requerimientos necesarios para el diseño de un sistema que minimice el riesgo de infección por SARS-CoV-2.

ENCUESTA:

Para contestar esta encuesta por favor tomar en cuenta que *módulo de inodoro* se refiere al sistema integrado de puerta, inodoro, descarga y desinfección.

Pregunta 1: ¿Cree usted que los baños públicos pueden ser un foco de infección?

SI

NO

Propósito: Conocer la importancia de la investigación para los usuarios.

Pregunta 2: ¿Considera que los baños de uso público dentro de la Facultad se encuentran en buenas condiciones para su uso?

SI

NO

Propósito: Conocer la importancia de proponer cambios dentro del módulo de inodoro.

Pregunta 3: ¿En alguna ocasión le ha molestado tener contacto con los elementos dentro del módulo de inodoro?

SI

NO

Propósito: Conocer el tipo de accionamiento.

Pregunta 4: ¿Estaría usted dispuesto a aprender el uso de un nuevo modelo de inodoro?

SI

NO

Propósito: Conocer el tipo de diseño y uso del dispositivo. Simple-Complejo.

Pregunta 5: ¿Estaría usted dispuesta a invertir dinero en la adecuación del módulo de inodoro?

SI

NO

Propósito: Conocer el Beneficio-Costo del proyecto.

Pregunta 6: ¿Cree usted conveniente realizar la desinfección del módulo luego de cada uso?

SI

NO

Propósito: Materiales y método de desinfección.

Pregunta 7: ¿Considera usted importante el espacio libre disponible dentro del módulo de inodoro?

SI

NO

Propósito: Conocer la importancia del tamaño del sistema.

CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA:

La Comisión de Evaluación Interna de la Universidad Técnica del Norte en el año 2019 muestra la cantidad de 10 426 estudiantes presenciales a nivel institucional **Fuente especificada no válida.**, pero no muestra la cantidad de estudiantes en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicada, población a la que se va a realizar la encuesta, por lo cual se procede a calcular el tamaño de la muestra sin conocer la población total.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{d^2}$$

En donde

Nivel de confianza= 90 % $Z = 1,645$

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada, 0,5

q = probabilidad de fracaso, 0,5

Precisión = 90 %, según tabla $d = 0,1$

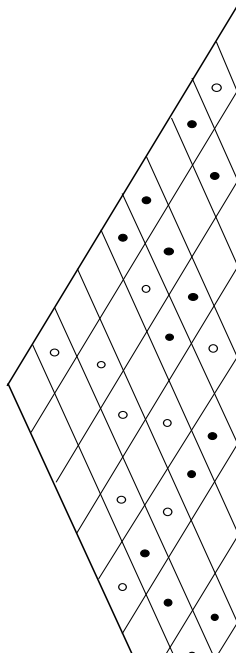
Fuente especificada no válida.

$$n = \frac{(1,645)^2 \cdot (0,5) \cdot (0,5)}{(0,1)^2}$$

$$n = 67,65 \approx 68$$

Es necesario aplicar la encuesta a una muestra de mínimo 68 personas.

ANEXO 2: CASA DE LA CALIDAD



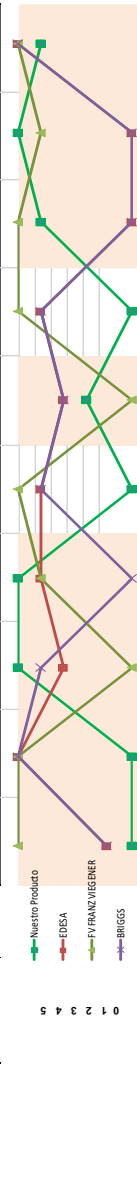
Parámetros de Técnicos																			
Regulador de Calidad Nivel 1	No. Requisitos de Calidad Nivel 2	Peso Ponderado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Color	3,4%	10,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Costo	10,8	10,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diseño	17,8	17,8	1	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Dimensiones	18,8	18,8	1	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Accionamiento	18,8	18,8	1	1	3	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Materia	18,2	18,2	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Desafiliación	18,2	18,2	1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Color	07,4	07,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Material	50,3	50,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Peso	48,3	48,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tamaño	50,4	50,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Medida UI	50,8	50,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Peso	40,3	40,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Acabado	38,5	38,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empleo	49,2	49,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Seguridad	28,4	28,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

End de cobertura %	Riesgo Ponderado	Costo Ponderado	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa	Nuestro Producto	EDESA	FV FRANZ VIEGENER	BRIGGS
100%	10,8	10,8	0,00	0,0%	5,00	4,00	2,00	4,00
80%	17,8	14,30	3,58	9,1%	4,00	3,00	5,00	2,00
80%	18,8	14,53	3,83	9,4%	4,00	3,00	5,00	2,00
100%	18,8	16,48	0,00	0,0%	5,00	2,00	5,00	2,00
80%	18,2	11,23	7,19	38,8%	3,00	4,00	5,00	4,00
80%	18,2	11,23	7,19	38,8%	3,00	2,00	5,00	2,00
80,0%	90,000	77,821	22,179	30,00%	388,11	233,58	468,83	292,54

Importancia técnica absoluta y relativa	0	1	2	3	4	5
3,4%	1	1	1	1	1	1
10,8	1	1	1	1	1	1
17,8	1	3	9	9	9	9
18,8	1	3	3	9	9	9
18,8	1	1	3	3	9	9
18,2	3	9	9	9	9	9
18,2	1	9	9	9	9	9

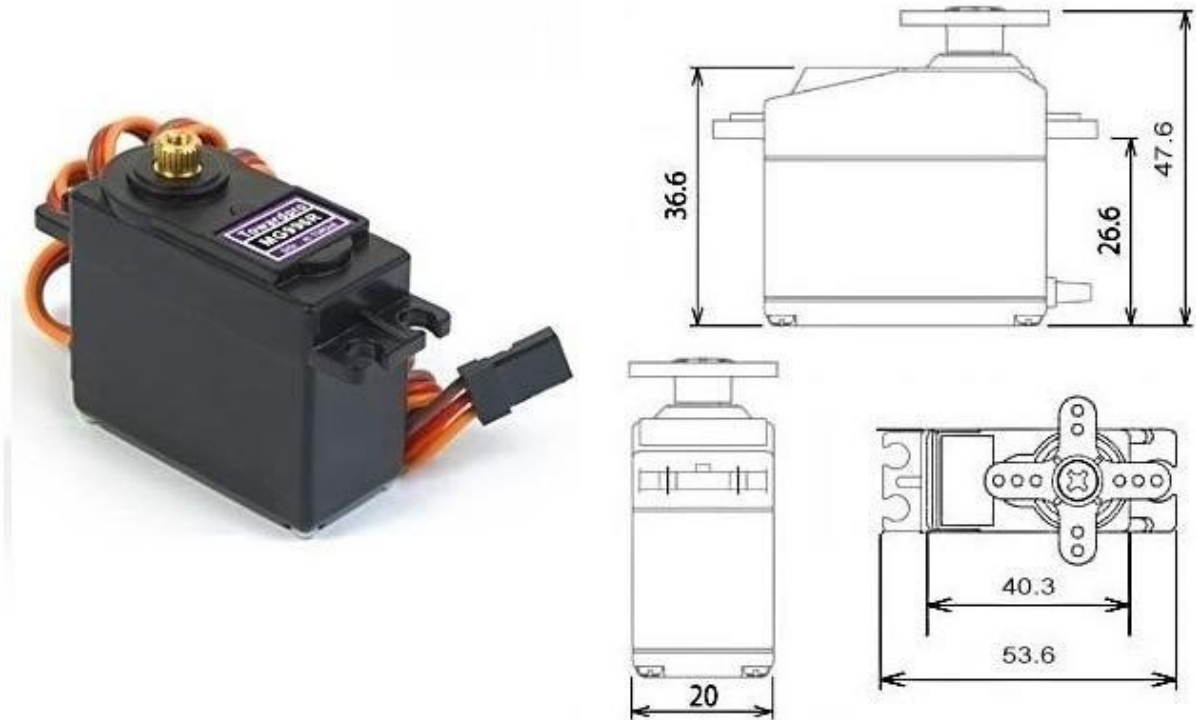
Clasificación	Mayor es mejor	Menor es mejor	Nivel de UI/S	Mayor es mejor	Menor es mejor	Nivel de UI/S	Mayor es mejor	Menor es mejor	Nivel de UI/S	Mayor es mejor	Menor es mejor	Nivel de UI/S
Nuestro Producto	1	4	2	2	3	2	3	4	4	5	4	4
EDESA	2	5	3	4	4	3	4	5	5	1	5	5
FV FRANZ VIEGENER	9	5	5	4	5	5	5	1	4	4	5	5
BRIGGS	2	5	4	5	4	3	4	4	5	1	5	5
Oyuntivo de PFI	1	5	2	2	5	1	5	2	5	5	1	1
Dificultad	25%	50%	30%	15%	25%	25%	40%	80%	80%	80%	30%	30%

Nuestro Producto	EDESA	FV FRANZ VIEGENER	BRIGGS
0,00	0,00	0,00	0,00
500	500	500	500
111	500	300	400
500	500	0,00	500
111	500	400	400



ANEXO 3: DATASHEET SERVOMOTOR MG996R

MG996R High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo



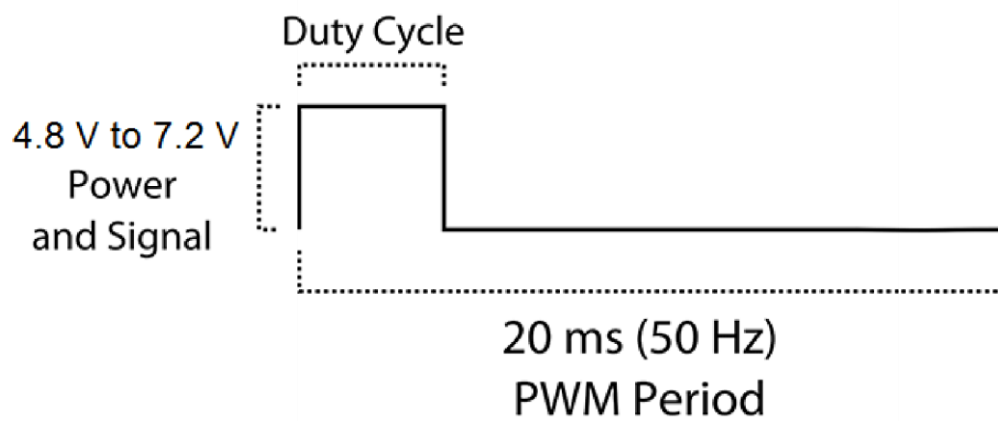
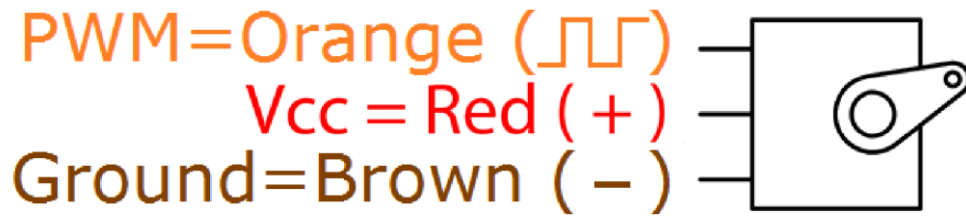
This High-Torque MG996R Digital Servo features metal gearing resulting in extra high 10kg stalling torque in a tiny package. The MG996R is essentially an upgraded version of the famous MG995 servo, and features upgraded shock-proofing and a redesigned PCB and IC control system that make it much more accurate than its predecessor. The gearing and motor have also been upgraded to improve dead bandwidth and centering. The unit comes complete with 30cm wire and 3 pin 'S' type female header connector that fits most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

This high-torque standard servo can rotate approximately 120 degrees (60 in each direction). You can use any servo code, hardware or library to control these servos, so it's great for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. The MG996R Metal Gear Servo also comes with a selection of arms and hardware to get you set up nice and fast!

Specifications

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 9.4 kgf·cm (4.8 V), 11 kgf·cm (6 V)
- Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)
- Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V
- Running Current 500 mA – 900 mA (6V)

- Stall Current 2.5 A (6V)
- Dead band width: 5 μ s
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Temperature range: 0 $^{\circ}$ C – 55 $^{\circ}$ C



ANEXO 4: TORNILLO SIN FIN Y PIÑÓN

Worms & Wheels

Materials

0.8 MOD, 2.513mm Pitch

STD : Phosphor Bronze PB2
and Steel 214M15 / 655M13



20° Pressure Angle

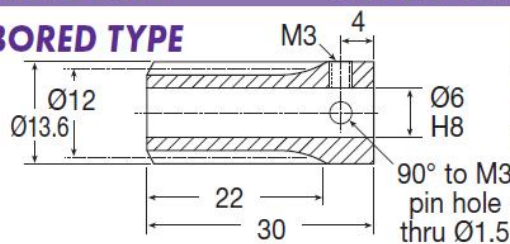
**LEAD ANGLE
RIGHT HAND
STANDARD**

DISCOUNTS

Quantity	Discount
1 - 5	List Price
6 - 19	- 12%
20 - 39	- 25%
40 - 59	- 33%
60 - 99	- 37%
100 - 200	- 42%

Worm STEEL 214 M15 - En202

BORED TYPE

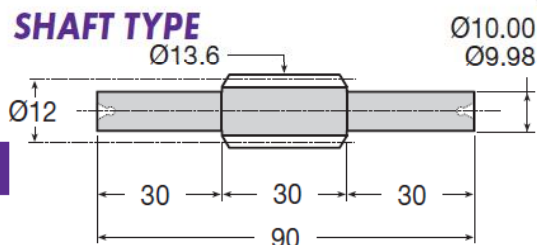


214M15 - EN202 UNHARDENED

214M15 - EN202 HARDENED

PART NUMBER	PRICE EACH 1-5	No. of STARTS	LEAD ANGLE	PART NUMBER	PRICE EACH 1-5
W0.8-1	£16.77	1	3°48'	WH0.8-1	£23.87
W0.8-2	£17.51	2	7°35'	WH0.8-2	£24.89
W0.8-3	£19.00	3	11°18'	WH0.8-3	£27.05
W0.8-4	£20.59	4	14°55'	WH0.8-4	£29.27

SHAFT TYPE



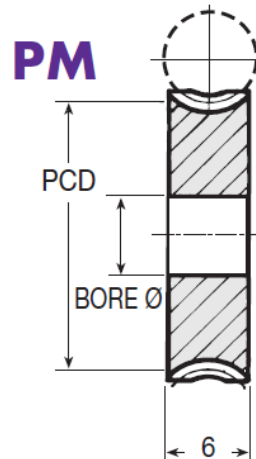
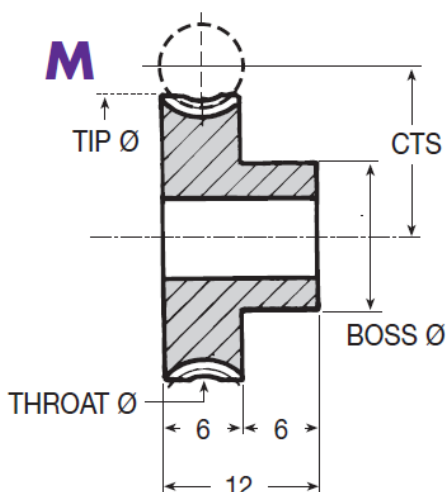
214M15 - EN202 UNHARDENED

655M13 - EN36 HARDENED

PART NUMBER	PRICE EACH 1-5	No. of STARTS	LEAD ANGLE	PART NUMBER	PRICE EACH 1-5
SW0.8-1	£28.90	1	3°48'	SWH0.8-1	£41.10
SW0.8-2	£30.41	2	7°35'	SWH0.8-2	£43.21
SW0.8-3	£31.85	3	11°18'	SWH0.8-3	£45.25
SW0.8-4	£33.31	4	14°55'	SWH0.8-4	£47.40

Wheel PHOSPHOR BRONZE - PB2

REDUCTION RATIO = $\frac{\text{No. of Teeth in Wheel}}{\text{No. of Starts in Worm}}$



**Double
Bossed
Wheels
Available @
Price x 1.4**

15.10



<https://amironic.co.il/>

Wheels - PHOSPHOR BRONZE PB2**0.8 MOD****LEAD ANGLE RIGHT HAND STANDARD****Number of Teeth between 12 - 230
See Technical Section**

TORQUE CHECK variations at back	50 TEETH x 1000 R.P.M. INPUT	
	WITH STD WORM	WITH HARD WORM
TORQUE Nm	2.82	5.26
K.W.	0.006	0.011

Note: When ordering Wheel, the number of starts on the mating Worm must be specified.

PART NUMBER	TEETH	PCD (mm)	CTS (mm)	Throat Ø (mm)	Tip Ø (mm)	Boss Ø (mm)	Bore Ø (mm)	PRICE EACH 1 - 5	
								M	PM
M0.8-12	12	9.60	10.80	11.20	12.00	8	5	£12.32	£11.28
M0.8-15	15	12.00	12.00	13.60	14.40	10	5	£13.40	£11.81
M0.8-16	16	12.80	12.40	14.40	15.20	10	5	£14.32	£12.22
M0.8-18	18	14.40	13.20	16.00	16.80	10	5	£15.02	£12.79
M0.8-20	20	16.00	14.00	17.60	18.40	12	5	£15.23	£13.59
M0.8-22	22	17.60	14.80	19.20	20.00	12	5	£16.04	£14.20
M0.8-24	24	19.20	15.60	20.80	21.60	12	5	£16.55	£14.72
M0.8-25	25	20.00	16.00	21.60	22.40	16	8	£17.38	£15.19
M0.8-28	28	22.40	17.20	24.00	24.80	16	8	£18.05	£15.70
M0.8-30	30	24.00	18.00	25.60	26.40	16	8	£18.77	£15.95
M0.8-32	32	25.60	18.80	27.20	28.00	16	8	£19.42	£16.78
M0.8-34	34	27.20	19.60	28.80	29.60	20	8	£20.55	£17.90
M0.8-35	35	28.00	20.00	29.60	30.40	20	8	£21.42	£18.37
M0.8-38	38	30.40	21.20	32.00	32.80	20	8	£22.00	£18.83
M0.8-40	40	32.00	22.00	33.60	34.40	20	8	£23.22	£19.96
M0.8-42	42	33.60	22.80	35.20	36.00	20	8	£24.88	£20.37
M0.8-44	44	35.20	23.60	36.80	37.60	20	8	£26.74	£21.15
M0.8-45	45	36.00	24.00	37.60	38.40	20	8	£27.88	£21.96
M0.8-48	48	38.40	25.20	40.00	40.80	20	8	£28.99	£23.31
M0.8-50	50	40.00	26.00	41.60	42.40	20	8	£31.29	£25.66
M0.8-52	52	41.60	26.80	43.20	44.00	20	8	£32.60	£27.98
M0.8-54	54	43.20	27.60	44.80	45.60	20	8	£34.99	£31.43
M0.8-55	55	44.00	28.00	45.60	46.40	20	8	£38.85	£35.10

Worms & Wheels Bronze & Steel

ANEXO 5: PROGRAMACIÓN

```

#include <Servo.h>

Servo servo1;//Servomotor lado derecho de la tapa del inodoro
Servo servo2;//Servomotor lado izquierdo de la tapa del inodoro
Servo servo3;//Servomotor anclado a la válvula de descarga

int Sensor1= 8;

int Sensor2= 7;

int Sensor3= 4;

int Cerradura= 2;

int PIR= 0;

int aux1;

int aux2;

int aux3;

int cont1;

int leer1;

int leer2;

int leer3;

int rele;

void setup() {
  servo1.attach(11);
  servo2.attach(10);
  servo3.attach(9);
  pinMode(Sensor1,INPUT);//Sensor para desactivar la cerradura magnética
  pinMode(Sensor2,INPUT);//Sensor para elevar la tapa del inodoro
  pinMode(Sensor3,INPUT);//Sensor para activar la descarga del agua
  pinMode(Cerradura,OUTPUT);//Cerradura Magnética
  pinMode(PIR,INPUT);//Sensor de presencia auxiliar
  pinMode(rele,OUTPUT);
}

void loop() {
  int sensoraux=digitalRead(PIR);//Lectura del sensor auxiliar
  if (aux1==1){

```

```

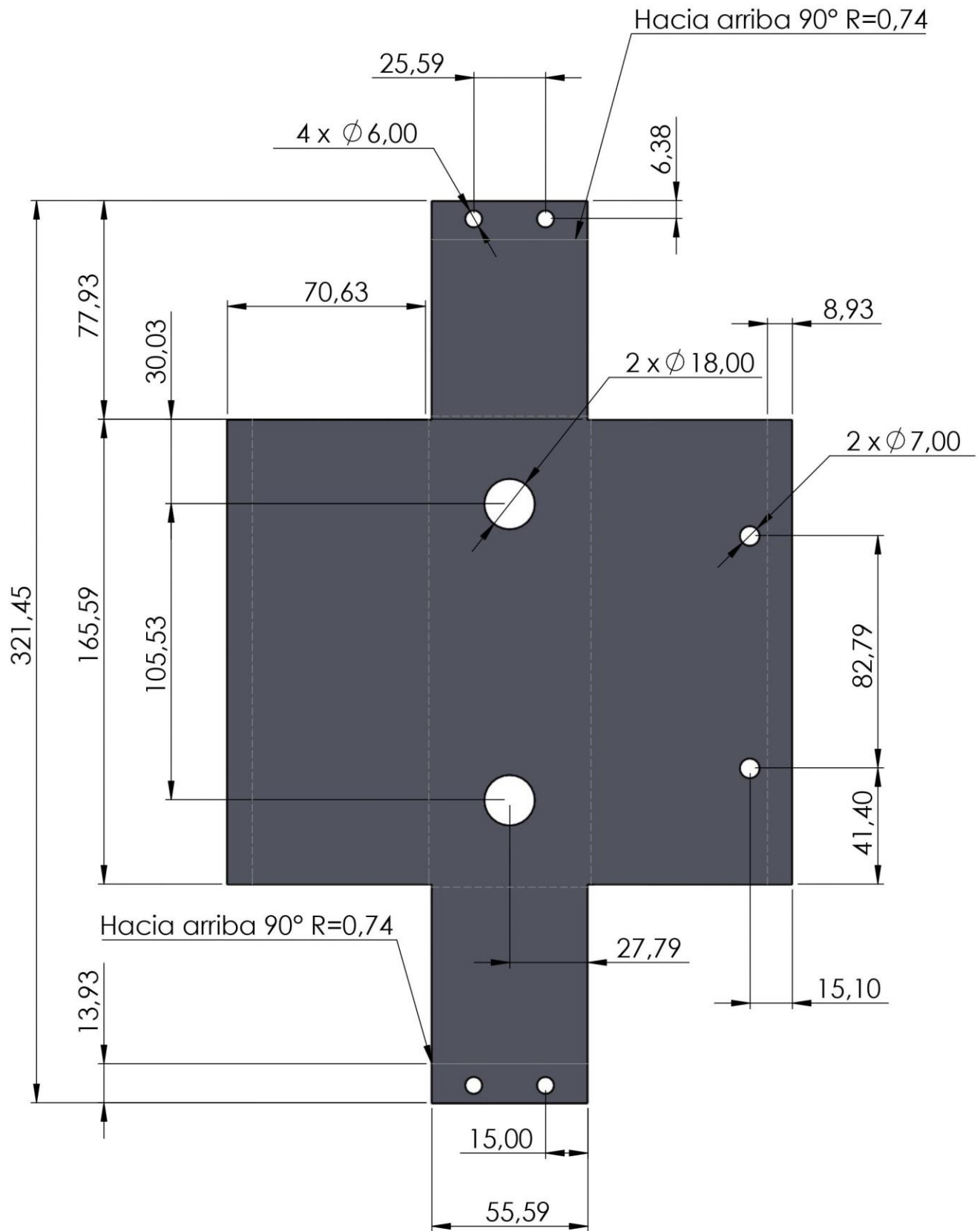
    rele=HIGH;
}else{
    rele=LOW;
}
if (sensoraux==HIGH){//Presencia de usuario dentro del módulo
    aux1=1;
}
if(aux1==1){
digitalWrite(Cerradura,HIGH);//Activar cerradura magnética
delay(500);
leer2=digitalRead(Sensor2);//Lectura del sensor 2-Abrir Tapa
if(leer2=HIGH){
    servo1.write(90);//Escribir posición en el servomotor 1, Elevar Tapa
    servo2.write(0);//Escribir posición en el servomotor 2, Elevar Tapa
    delay(500);
}
leer3=digitalRead(Sensor3);//Lectura del sensor 3-Descargar
if(leer3=HIGH){
    aux2=1;
}
leer1=digitalRead(Sensor1);//Lectura del sensor 1
if(leer1=HIGH){
    if(cont1=1){
        aux2=0;
    }
    else{
        aux2=1;//Función Descarga
    }
    aux3=1;//Función Salida
}
if(aux2=1){ //Función Descarga

```



```
servo1.write(0);//Escribir posición en el servomotor 1, Bajar Tapa
servo2.write(90);//Escribir posición en el servomotor 2, Bajar Tapa
delay(500);
servo3.write(90);//Escribir posición en el servomotor 3, Descargar
delay(500);
cont1=1;
}
if(aux3=1){ //Función Salida
    digitalWrite(Cerradura,LOW);//Activar cerradura magnética
    delay(500);
    aux1=0;
    aux2=0;
    aux3=0;
}
}
}
```

ANEXO 6: PLANOS



NOTA: Todos los segmentos no señalados deberán ser doblados hacia abajo 90° con $R=0,74$ mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

TEMA: Adecuación del módulo de inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2.

Lámina de Acero Inoxidable - 1,5 mm de espesor

14-03-2021

Carcasa Sensor

Elaborado por:

Rea Erika

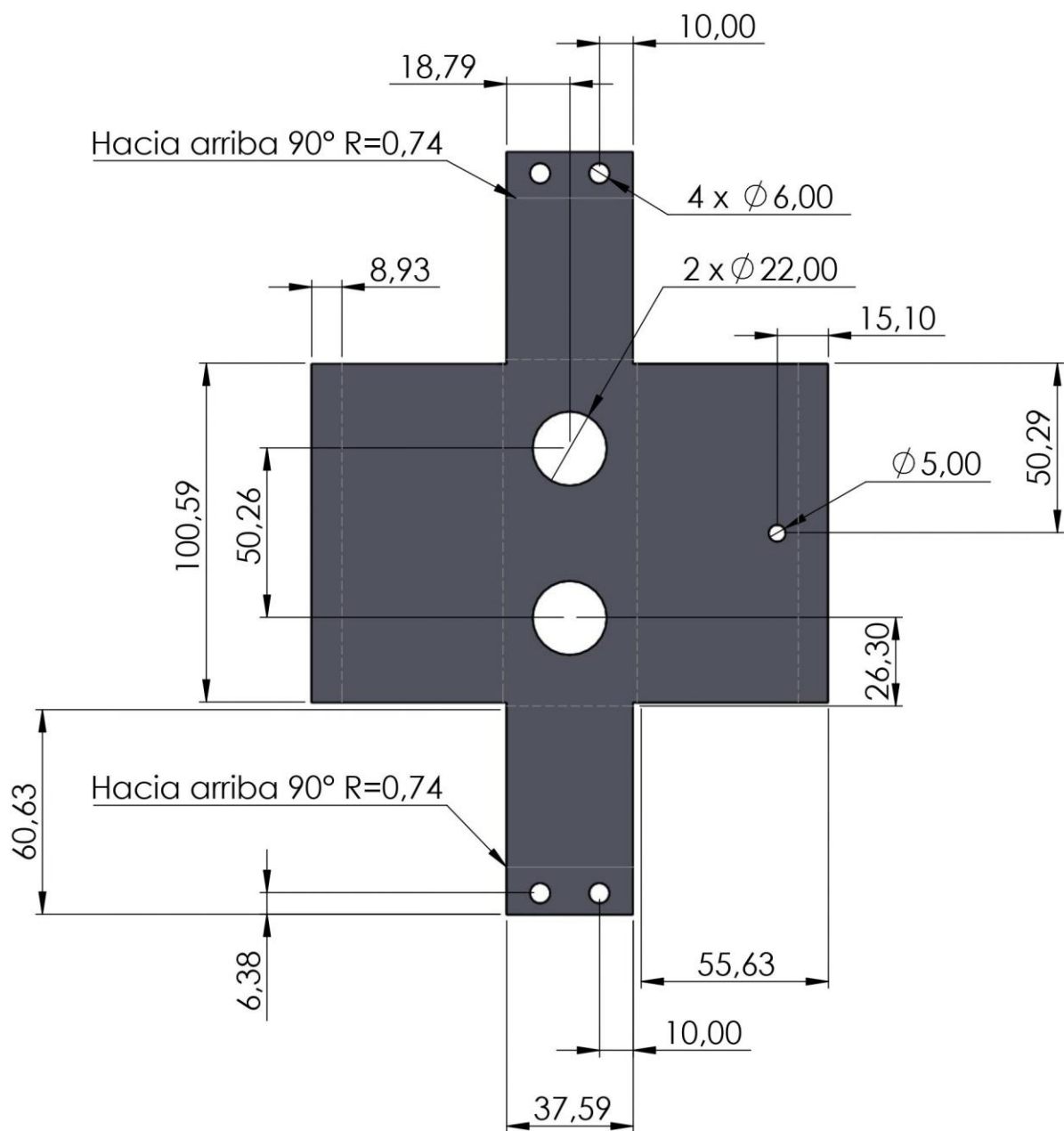
Escala 1:2

Revisado por:

PhD. Marco Ciaccia

01/04





NOTA: Todos los segmentos no señalados deberán ser doblados hacia abajo 90° con R=0,74 mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



TEMA: Adecuación del módulo de inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2.

Lámina de Acero Inoxidable - 1,5 mm de espesor

14-03-2021

Carcasa Luces

Elaborado por:

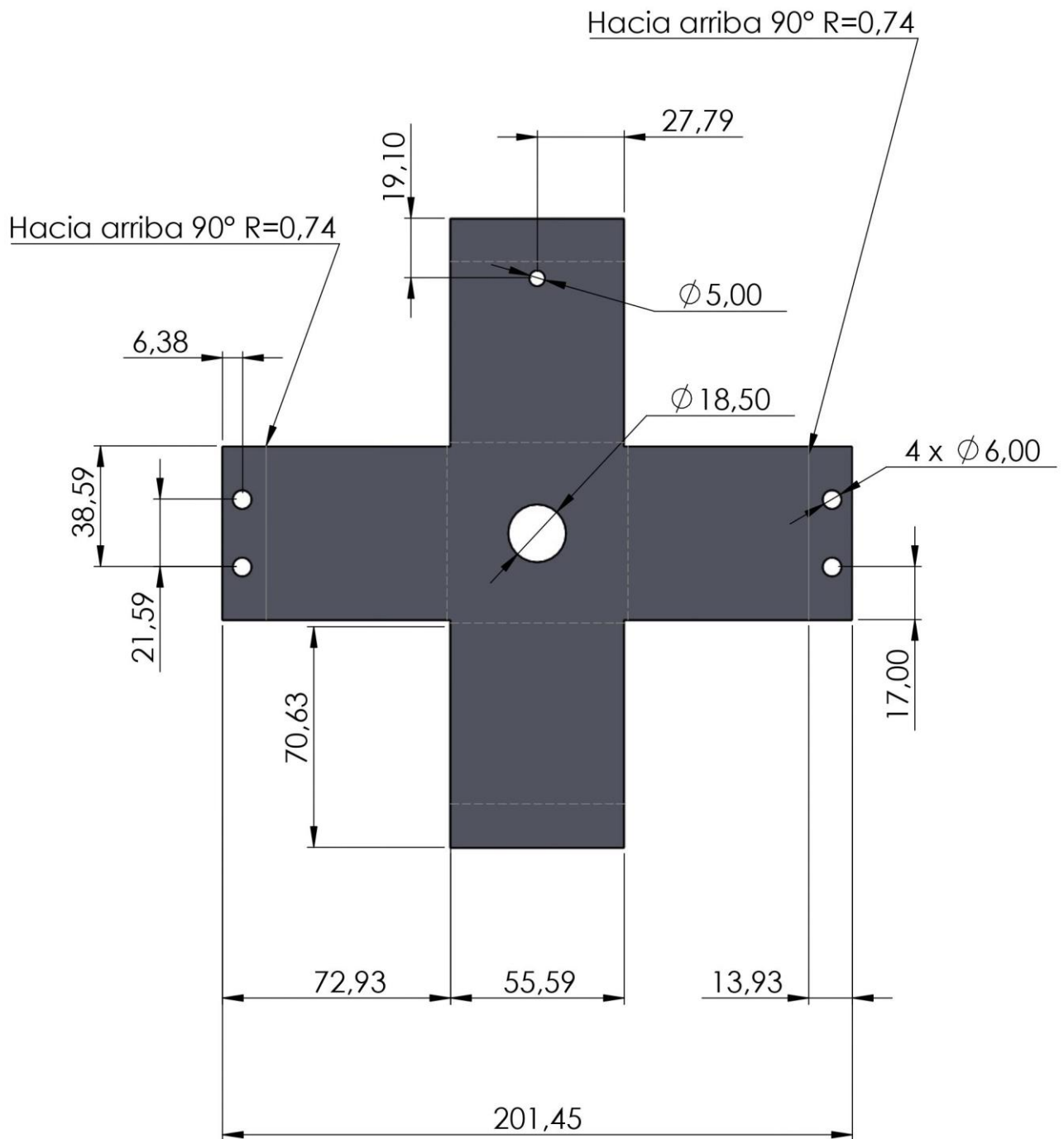
Rea Erika

Escala 1:2

Revisado por:

PhD. Marco Ciaccia

02/04



NOTA: Todos los segmentos no señalados deberán ser doblados hacia abajo 90° con R=0,74 mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



TEMA: Adecuación del módulo de inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2.

Lámina de Acero Inoxidable - 1,5 mm de espesor

14-03-2021

Carcasa
Sensor - Puerta

Elaborado por:

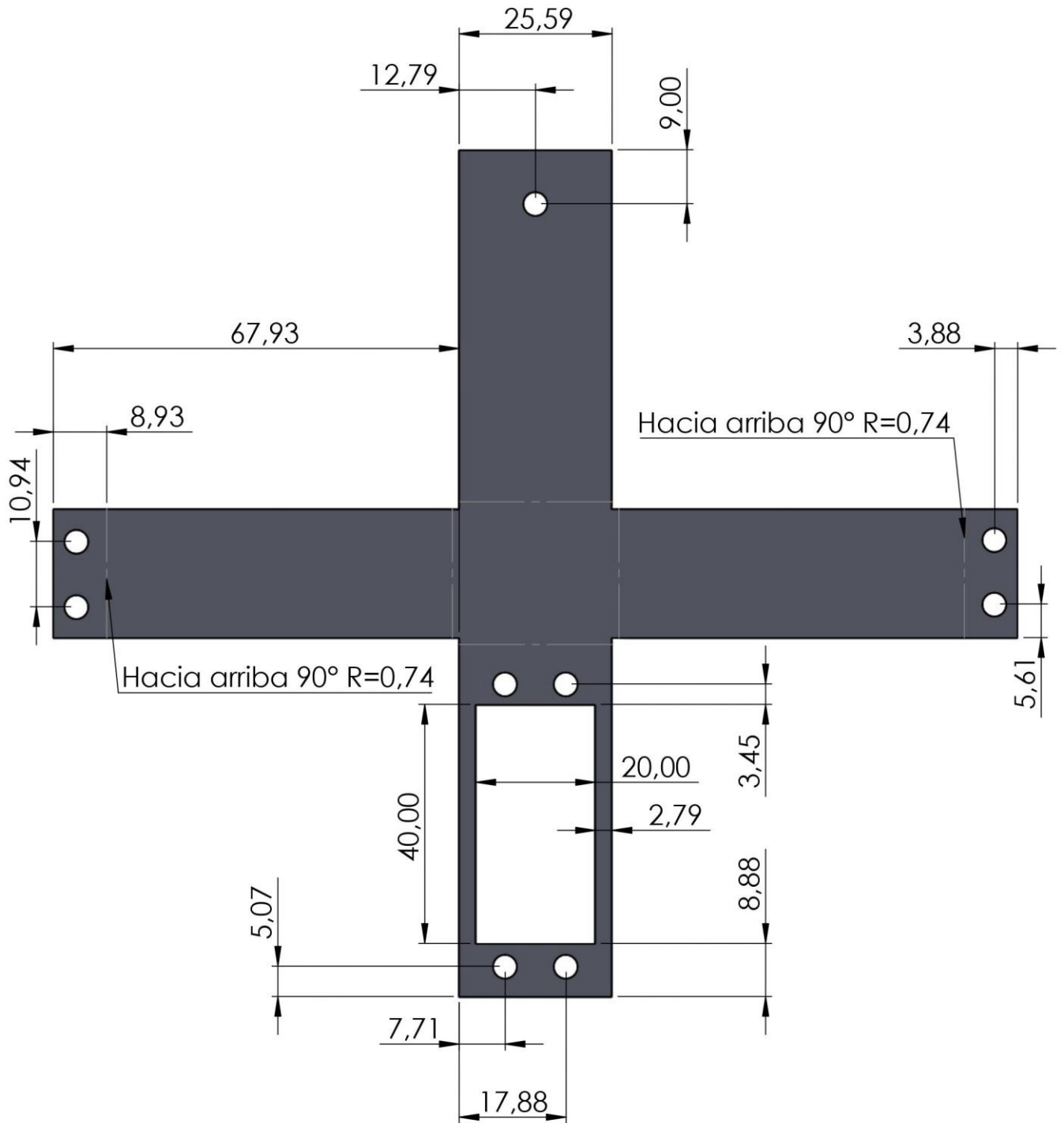
Rea Erika

Escala 1:2

Revisado por:

PhD. Marco Ciaccia

03/04



NOTA: Todos los segmentos no señalados deberán ser doblados hacia abajo 90° con R=0,74 mm
Los agujeros tienen 4 mm de diámetro

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

TEMA: Adecuación del módulo de inodoro en sanitarios públicos para la reducción del riesgo de infección por SARS-CoV-2.

Lámina de Acero Inoxidable - 1,5 mm de espesor

28-03-2021

Carcasa del servomotor de la tapa

Elaborado por:

Rea Erika

Escala 1:2

Revisado por:

PhD. Marco Ciaccia

04/04

