

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA IONIZADORA DE AGUA
PARA MEDICINA ALTERNATIVA.**

CÓDIGO DE PROYECTO: PG-21-1-03



JUAN PABLO MOSCOSO SUÁREZ

CÓDIGO: 1710603

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.000.939.788

RAFAEL DE JESUS NICOLA YEPES

CÓDIGO: 1710132

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.004.461.229

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ, D.C.**

2022

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA IONIZADORA DE AGUA PARA
MEDICINA ALTERNATIVA.**

JUAN PABLO MOSCOSO SUÁREZ.

CÓDIGO: 1710603.

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.000.939.788.

RAFAEL DE JESUS NICOLA YEPES.

CÓDIGO: 1710132.

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.004.461.229.

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO DE LA
UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA.**

DIRECTOR:

M.SC. Néstor Fernando Penagos Quintero.

M.Sc en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos.

Ing. en Electrónica.

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

BOGOTÁ, D.C.

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Una vez realizada la revisión metodológica y técnica del documento final de proyecto de grado, doy constancia de que el (los) estudiante (s) ha cumplido a cabalidad con los objetivos propuestos, cumple a cabalidad con los Lineamientos de Opción de Grado vigentes del programa de Ingeniería Mecatrónica y con las leyes de derechos de autor de la República de Colombia, por tanto, se encuentra(n) preparado(s) para la defensa del mismo ante un jurado evaluador que considere idóneo el Comité de Investigaciones del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia.



Néstor Fernando Penagos.

Director del Proyecto.

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de grado a nuestros padres Rafael De Jesús Nicola Arenas y Lilibiana De Jesús Yepes Vásquez, Julio Roberto Moscoso M. y Luz Marina Suárez C, que con todo su apoyo y esfuerzo nos han dado la oportunidad de llegar hasta este punto de la vida y poder presentar este proyecto de grado, también a todos nuestros amigos y compañeros especialmente Nicolas Mendoza Castañeda por su acompañamiento y apoyo en toda carrera académica y a lo largo de este proyecto.

Juan Pablo Moscoso S. y Rafael De Jesús Nicola Y.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi tutor por el tiempo dedicado y los otros docentes que nos apoyaron y brindaron tutorías para la realización de este trabajo, a mis padres que pese a las dificultades me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi carrera y por último a mis familiares y amigos.

Juan Pablo Moscoso Suárez

Quiero agradecer a la Universidad Piloto por brindarme todo los conocimientos y apoyo durante toda mi carrera, a todos los profesores que en su labor me brindaron su conocimiento y soporte. También quiero agradecer a mis papás Rafael Nicola y Liliana Yepes que siempre estuvieron apoyándome en todo momento y a mis hermanos que me acompañaron durante todo mi proceso.

Rafael De Jesús Nicola Yepes

TABLA DE CONTENIDO

NOTA DE ACEPTACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE ANEXOS.....	11
INTRODUCCIÓN	12
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
1. GENERALIDADES	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	15
1.1.1. Antecedentes del Problema.....	15
1.1.2. Descripción del problema.	15
1.1.3. Formulación del problema.	15
1.1.4. Línea de investigación del programa.....	15
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. Objetivo General.....	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
1.3.3. Alcances y Limitaciones.	16
1.4. MARCO REFERENCIAL.	17
1.4.1. Marco Teórico.....	17
1.4.2. Estado del arte.....	23
1.5. MARCO METODOLÓGICO.....	29
2. Construcción del circuito.....	31
2.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	31
2.1.1. Selección de la fuente de alimentación.	31
2.1.2. Selección del regulador de voltaje.....	32
2.1.3. Selección de microcontrolador.	33
2.1.4. Selección de pantalla LCD.	34
2.1.5. Selección de voltímetro/Amperímetro.....	35
2.1.6. Selección de sensor para pH.....	35
2.1.7. Selección de electrodo para la ionización.	37
2.2. Diseño del circuito.....	37
2.2.1. Electrodo Ionizador.....	38

2.2.2. Circuito del microcontrolador y circuito de potencia	39
2.2.3. Impresión del circuito.....	43
2.2.4. Caracterización del sensor.....	43
2.3. Diseño inicial del código.....	47
2.4. Diseño del controlador.....	49
3. componentes mecánicos	55
3.1. Selección de materiales para las partes mecánicas de la máquina.....	55
3.2. Creación de los componentes.....	57
3.3. Estudio mecanico por tensión.....	61
4. Máquinas desintoxicadoras comerciales	65
4.1. Desintoxicador spa limpiador iónico dual baño de pies iónica.....	65
4.2. Desintoxicador iónico Digital: Equitec Spa.....	67
4.3. Comfort Foot Spa Foot.....	68
4.4. Máquina de desintoxicación iónica del baño del pie: Veicomtech.....	69
4.5. Comparación entre las máquinas desintoxicadoras.....	71
5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO y Resultados.....	74
5.1. <i>Variables y su efecto en el resultado.....</i>	74
5.2. Pruebas iniciales con el circuito de potencia.....	75
5.3. <i>Manejo del electrodo.....</i>	76
5.4. <i>soporte del sensor.....</i>	77
5.5. Selección de las sales.....	77
5.5.1. Agua.....	78
5.5.2. Cantidad de sal y el amperaje en el agua.....	78
5.6. <i>pruebas finales.....</i>	80
6. CONCLUSIONES	82
7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	83
8. Referencias.....	84

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Medidas de conductividad y salinidad.</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2 Composición química de las sales.</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3 Selección de fuentes para baja potencia.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4 Selección de fuentes para potencias mayores a 10W.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5 Opciones de selección para el regulador de voltaje.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 6 Selección de microcontrolador.</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 7 Selección de pantalla LCD.</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 8 Opciones para el sensor de pH.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9 Datos de variación en el pH al realizar las calibraciones.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 10 Prueba de promediado para la caracterización del sensor.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 11 propiedades mecánicas del PLA.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 12 Propiedades mecánicas del P.L.A reforzado con fibra de carbono.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 13 Propiedades físicas del soporte.</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 14 Propiedades físicas de la carcasa.</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 15 Precio final de la desintoxicadora.</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 16 Comparación de precios y tamaño entre las máquinas ionizadoras.</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 17 volumen de agua Vs. gramos de sal para un amperaje de 0.1A.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 18 Equivalente en gramos para un medidor según la sal.</i>	<i>80</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Ilustración 1 Electrolisis como proceso termodinámico.</i>	17
<i>Ilustración 2 Electrodo comercial para desintoxicación iónica.</i>	18
<i>Ilustración 3 Niveles de pH.</i>	19
<i>Ilustración 4 Funcionamiento básico de un sensor de conductividad.</i>	20
<i>Ilustración 5 Funcionamiento interno de los distintos tipos de sensores para la conductividad eléctrica.</i>	21
<i>Ilustración 6 Sensor análogo de conductividad eléctrica.</i>	21
<i>Ilustración 7 Sales minerales.</i>	23
<i>Ilustración 8 Comparaciones entre las características del agua para distintas zonas de la ciudad.</i>	24
<i>Ilustración 9 Diferencias en las pruebas del grupo de pruebas después de la exposición a iones negativos en el aire.</i>	25
<i>Ilustración 10 Resultados obtenidos en los animales y grupos de muestra.</i>	26
<i>Ilustración 11 Evaluación de dosis-respuesta entre la duración de la exposición medida por horas, dentro de los niveles de iones de aire de alta densidad, y la diferencia de medias de puntuación de cada estudio.</i>	28
<i>Ilustración 12 Resultados obtenidos al varía la alcalinidad en el experimento. [11].</i>	28
<i>Ilustración 13 Modelado del sistema de energía renovable con celdas PEM. [12].</i>	29
<i>Ilustración 14 Esquema metodológico.</i>	30
<i>Ilustración 15 Voltímetro Amperímetro digital.</i>	35
<i>Ilustración 16 Sensor de pH DFRobot.</i>	36
<i>Ilustración 17 Electrodo comercial para desintoxicación iónica.</i>	37
<i>Ilustración 18 Comparativa entre los disipadores de calor usados para el regulador inicial.</i>	38
<i>Ilustración 19 Regulador XL4005.</i>	39
<i>Ilustración 20 Circuito desintoxicadora iónica comercial.</i>	40
<i>Ilustración 21 Diagrama de conexiones para el circuito del Microcontrolador.</i>	40
<i>Ilustración 22 simulación del circuito encargado de alimentar al electrodo.</i>	41
<i>Ilustración 23 Diagrama de conexiones completo del circuito para la máquina ionizadora.</i>	42
<i>Ilustración 24 Esquemáticos e impresiones de los circuitos.</i>	43
<i>Ilustración 25 Soluciones con distinto pH para calibrar sensores.</i>	44
<i>Ilustración 26 Calibración de los sensores.</i>	45
<i>Ilustración 27 Diagrama de flujo para el sensor de pH.</i>	46
<i>Ilustración 28 Ecuación principal del sensor de pH.</i>	47
<i>Ilustración 29 Diagrama de flujo del código inicial.</i>	48
<i>Ilustración 30 Identificación de sistemas en Matlab.</i>	49
<i>Ilustración 31 Comparación de resultados planta 1.</i>	50
<i>Ilustración 32 Función de transferencia 3 polos y un cero.</i>	50
<i>Ilustración 33 Comparación de resultados planta 2.</i>	51
<i>Ilustración 34 Función de transferencia 2 polos y un cero.</i>	51
<i>Ilustración 35 Comparación de resultados planta 3.</i>	52
<i>Ilustración 36 Función de transferencia 3 polos.</i>	52
<i>Ilustración 37 Diagrama de flujo del código con control ON/OFF en lazo cerrado.</i>	53
<i>Ilustración 38 Carrete de PLA con carbono.</i>	56
<i>Ilustración 39. Soporte para el sensor de pH.</i>	58

<i>Ilustración 40. CAD del soporte 3D.</i>	58
<i>Ilustración 41. stl del soporte.</i>	58
<i>Ilustración 42. Soporte del sensor impreso en 3D.</i>	59
<i>Ilustración 43 Carcasa de la máquina.</i>	59
<i>Ilustración 44 Diseño unificado.</i>	61
<i>Ilustración 45 Análisis de tensión en eje vertical ante una fuerza de 4.58 Kgf.</i>	62
<i>Ilustración 46 Análisis de tensión en eje horizontal ante una fuerza de 6.12 Kg/cm².</i>	63
<i>Ilustración 47 Análisis de tensión en la carcasa ante una fuerza de 6.12 Kg/cm².</i>	63
<i>Ilustración 48 Impresora 3D Ender 3.</i>	64
<i>Ilustración 49 Desintoxicadora iónica marca Foot Spa.</i>	66
<i>Ilustración 50 Vista interior de la desintoxicadora.</i>	66
<i>Ilustración 51 Desintoxicador iónico EQUITEC SPA.</i>	67
<i>Ilustración 52 Interior de la desintoxicadora EQUITEC SPA.</i>	68
<i>Ilustración 53 Desintoxicadora iónica digital marca Foot Spa.</i>	69
<i>Ilustración 54 Desintoxicadora iónica Foot spa: GENERIC.</i>	70
<i>Ilustración 55 Tina especial para la desintoxicadora.</i>	71
<i>Ilustración 56 Máquina ionizadora.</i>	71
<i>Ilustración 57 Conexión en serie de reguladores de voltaje LM78**</i>	75
<i>Ilustración 58 Posicionamiento del electrodo.</i>	76
<i>Ilustración 59 soporte en 3 ejes para el sensor.</i>	77
<i>Ilustración 60 Comparación de resultados entre agua potable y agua filtrada.</i>	78
<i>Ilustración 61 Volumen de agua Vs. gramos de sal.</i>	79
<i>Ilustración 62 Grafica de resultados para las distintas sales.</i>	81

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Planos de impresión de los circuitos.

ANEXO 2. Planos de las impresiones 3D.

ANEXO 3. Manual de usuario del sistema.

INTRODUCCIÓN

La ionización en el agua trae muchos beneficios para la salud, esto se ve reflejado en estudios a nivel internacional, los cuales afirman que ayuda contra la dispepsia, diarrea crónica y el reflujo como sus usos más comunes. En el caso del continente asiático se puede observar el uso de estas aguas ionizadas como base para la creación de bebidas alcohólicas, un ejemplo de esto es el “soju” en Corea del Sur ya que implementaron el uso del agua alcalina en sus productos, esto con el fin de que no afecten tanto a la salud de sus consumidores. La empresa “하이트진로 (chamisul)” creó un producto llamado “참이슬 후레쉬” (chamisul fresh) el cual dentro de sus novedades sería minimizar los efectos de la resaca y evitar la acidez en el estómago causado por la ingesta de alcohol (Hitejinro, 2016). Esto causó que la mayoría de las empresas productoras de “soju” en Corea iniciaran con la producción de bebidas usando este proceso.

Los resultados y beneficios dados por el agua alcalina se pueden observar en el artículo “Varios efectos del agua mineral alcalina examinados a través de experimentos con animales” donde se lograron observar resultados positivos con respecto al colesterol y el azúcar en sangre haciendo pruebas con animales durante 10 semanas alimentándolos con un agua alcalinizada con pH mayor o igual a 10 (Revista de la Asociación Psiquiátrica Coreana, 2003.12).

La limpieza iónica juega un papel muy importante en la eliminación de las toxinas del cuerpo, ya que el efecto del campo electromagnético generado en el agua sobre la planta de los pies o en la palma de las manos, genera un estímulo que se propaga a los diferentes órganos. Los resultados, son entre otros, el desbloqueo energético y el restablecimiento del equilibrio corporal, así como una pronunciada sensación de bienestar. De esta forma la limpieza iónica estimula bioenergéticamente el cuerpo para facilitar su desintoxicación, potenciar el correcto funcionamiento de los órganos y reequilibrar los campos energéticos; así mismo, todos los sistemas del cuerpo funcionarán mejor (ankaestetica, 2000).

El proyecto consta de la realización de una máquina ionizadora del agua en la cual se implementó el uso de un controlador y un sensor para tener un mayor control del proceso de ionización y obtener un nivel de pH estable en el agua y así no perjudicar la salud del usuario ni afectar el proceso. El proceso tratado se lleva a cabo en los pies de la persona pues en esta parte del cuerpo se cuenta con una gran cantidad de poros con lo cual los efectos del tratamiento se reflejan en mayor medida.

RESUMEN

En este trabajo se ha llevado a cabo el diseño e implementación una máquina ionizadora de agua para medicina alternativa con el objetivo de presentar una propuesta distinta de este tipo de dispositivos con la cual se planea un nuevo diseño más compacto y que dé tanto al operario (especialista) como al paciente más información sobre lo que está pasando con el agua, tener un control más preciso del funcionamiento y una simplificación en los controles facilitando así su uso. Esto se logrará realizando pruebas en un ambiente semicontrolado teniendo en cuenta unas mediciones y cantidades exactas en el proceso de ionización, esto con el fin de que el usuario/operario al realizar dicho proceso pueda liberar toxinas, desactivar de manera más eficaz los radicales libres y erradicar impurezas del sistema linfático del paciente, siendo estos recreados en una clínica donde no se puede estar durante todo el proceso acompañando al paciente.

El mecanismo se realizó basado en el funcionamiento de una máquina ionizadora comercial a la cual se le realizaron mejoras significando una disminución en su tamaño y otorgando un sistema de control de tiempo y pH haciendo necesaria la creación de una carcasa usando impresión 3D para la adecuación del circuito y periféricos. También fue necesario el uso de dos fuentes de alimentación para evitar uno de los problemas más comunes con este tipo de equipos la cual es el daño total o parcial de los componentes controlados por el microcontrolador.

***Palabras clave:* Ionización, Sistema Linfático, Impresión 3D, Microcontrolador.**

ABSTRACT

In this work we have carried out the design and implementation of a water ionizing machine for alternative medicine with the objective of presenting a different proposal of this type of machines with which a new more compact design is planned and that gives both the operator (specialist) and the patient more information about what is happening with the water, to have a more precise control of the operation and a simplification in the controls thus facilitating its use. This will be achieved by performing tests in a semi-controlled environment considering exact measurements and quantities in the ionization process, so that the user/operator can release toxins, deactivate free radicals more effectively and eradicate impurities from the patient's lymphatic system, these being recreated in a clinic where it is not possible to be with the patient during the entire process.

The mechanism was made based on the operation of a commercial ionizing machine to which improvements were made meaning a decrease in its size and providing a time and pH control system making necessary the creation of a housing using 3D printing for the adequacy of the circuit and peripherals. It was also necessary to avoid one of the most common problems with this type of machinery, which is the total or partial damage of the components controlled by the microcontroller.

Keywords: Ionization, Lymphatic system, 3D printing, Microcontroller.

1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1.1. Antecedentes del Problema.

En Colombia el uso de medicina alternativa se encuentra limitado únicamente a unos pocos establecimientos y médicos con la titulación necesaria para practicar esta medicina lo cual limita en gran medida la entrada al país de la tecnología necesaria para practicarla elevando así sus precios y limitándose únicamente a la importación de esta.

Las desintoxicadoras iónicas las cuales son la base de este proyecto se encuentran en el mercado con valores que varían desde algunos cientos de miles de pesos y llegando algunas a costar hasta dos millones de pesos dado que los principales mercados y creadores se encuentran en el continente asiático sumando esto al posible desaprovechamiento del dispositivo puesto que a cantidad de personas que tienen conocimiento e interés en este tipo de medicina no es la misma en Colombia que en Asia y la mayoría de estas son diseñadas para realizar dos sesiones al mismo tiempo, contando con el doble de componentes y aumentando la máquina tanto en espacio como en costos

1.1.2. Descripción del problema.

En los últimos años se ha visto un incremento en la producción/elaboración de máquinas ionizadoras para su uso en la desintoxicación iónica. Dichos mecanismos se han comercializado por todo el mundo, muchas de estas son de gran tamaño y sus costos no son del todo asequibles para algunos centros de medicina alternativa lo cual dificulta que dichos centros realicen estas prácticas.

Por esto se decide realizar un diseño de una desintoxicadora iónica con la cual comparar los gastos de creación y diseño de un dispositivo de este tipo, dar alternativas al momento de adquirir una y realizar procesos de medicina alternativa, disminuyendo costos y dando una mayor adaptabilidad a las necesidades de los usuarios.

1.1.3. Formulación del problema.

¿Como se puede realizar una mejora en las máquinas para desintoxicación la cual refleje una disminución de costos y de solución a los problemas más comunes en el uso de estos equipos?

1.1.4. Línea de investigación del programa.

El trabajo pertenece a la línea de investigación de robótica y biomecatrónica pues se enfoca en las limitaciones que existen en el diseño de dispositivos de desintoxicación iónica que varían desde su organización interna hasta su tamaño y precio, al mejorar dichas limitaciones se busca la creación de un nuevo diseño que podrá generar una mayor facilidad de adquisición, un mayor uso y disminuir la desinformación referente al funcionamiento de este tipo de instrumentos, además ofrecer más información respecto a estos tratamientos y los beneficios para la salud de las personas.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

La motivación para realizar este proyecto y tomarlo como proyecto fue debido a la clínica Dr. Rafael De Jesús Nicola A. la cual pertenece al familiar de uno de los integrantes el cual realiza algunos procesos médicos en la línea de medicina alternativa por lo que trabaja con algunas máquinas de ionización en pacientes, y al ver los daños comunes que sufrían este tipo de dispositivos y las limitaciones en las capacidades de las mismas debidas de su valor de mercado se planteó la propuesta para este proyecto.

Con el desarrollo del proyecto y dando cumplimiento a los objetivos propuestos se espera generar una mejora en las máquinas ionizadoras, tanto en su diseño como en su precio, esto con el fin de darle a los usuarios una facilidad a la hora de adquirir e implementar estas en sus tratamientos.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General.

Diseñar e implementar una máquina ionizadora de agua para medicina alternativa.

1.3.2. Objetivos específicos.

- ✓ Diseñar un circuito de ionización con realimentación para el control de pH en el agua durante el proceso.
- ✓ Implementar un sistema de control para supervisar el proceso de alcalinización.
- ✓ Diseñar la estructura mecánica del sistema de ionización.
- ✓ Realizar comparaciones con algunas máquinas de desintoxicación iónica existentes en el mercado.
- ✓ Realizar pruebas de funcionamiento y fiabilidad del sistema de ionización construido.

1.3.3. Alcances y Limitaciones.

1.3.3.1 Alcances.

- ✓ Controlar los niveles de pH del agua con rangos de alcalinidad entre 9.5 y 10 durante el proceso de la ionización.
- ✓ Posibilidad de uso de distintas sales minerales como conductores en el agua mejorando la experiencia del usuario.

1.3.3.2 Limitaciones.

- ✓ Uso limitado únicamente en los pies del usuario.
- ✓ No se puede reutilizar del agua usada en el proceso de desintoxicación para otros usos pues esta agua tiene impurezas que no pueden ser filtradas fácilmente.

- ✓ El agua no puede ser usada para la ingesta directa pues estos niveles de pH son superiores a los indicados para el consumo humano.
- ✓ Las mujeres embarazadas y personas con marcapaso por precaución deben prevenir el uso de esta máquina.

1.4. MARCO REFERENCIAL.

1.4.1. Marco Teórico.

1.4.1.1. Electrodo y su funcionamiento.

Un electrolizador alcalino es un dispositivo en el que se produce la electrólisis del agua en un medio alcalino. En el electrolizador se produce la reacción no espontánea de separar el agua en hidrógeno y oxígeno al hacer circular una corriente continua. Los procesos electroquímicos demandan requisitos particularmente altos en cuanto a protección contra la corrosión. Los electrodos se encargan de conducir de manera conveniente la corriente eléctrica para que se produzca correctamente el proceso de la electrólisis, el electrodo positivo se denomina ánodo y el electrodo negativo también llamado cátodo durante este proceso ocurre una reacción química en la cual se separan las partículas de hidrogeno del oxígeno del agua [1], lo cual observamos como la generación de burbujas o desde el punto de vista termodinámico como se observa en la Ilustración 1.

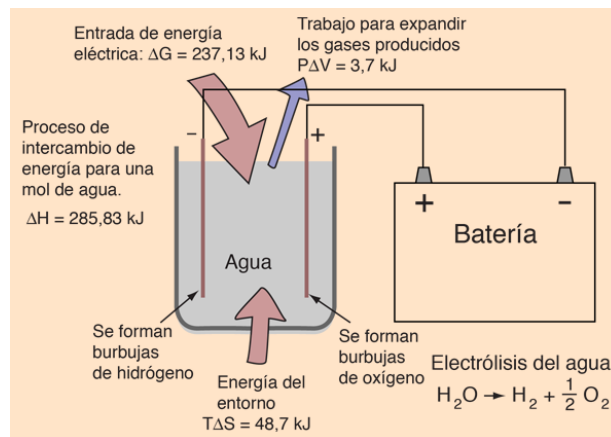


Ilustración 1 Electrolisis como proceso termodinámico.

Fuente: Hyperphysics. [1]

Los requisitos que tienen que cumplir los electrodos son:

- Resistentes a la corrosión.
- Buena conductividad.
- Buenas propiedades catalíticas.
- Integridad estructural.
- Protecciones para el ánodo y el cátodo.

Comercialmente el electrodo más usado para realizar este tipo de procedimientos se encuentra normalizado a uno el cual tiene su ánodo y cátodo en forma de espiral para reducir espacio, para proteger contra los posibles malos usos que se le dé a este como el tocar directamente el metal mientras se esté realizando el proceso de electrolisis. Los electrodos comerciales cuentan con una carcasa de plástico la cual rodea tanto los metales como las conexiones eléctricas y una conexión de tipo Jack de guitarra el cual funciona de manera similar a los audífonos. En la Ilustración 2 se muestra una de las presentaciones más comunes. Los electrodos al ser usados para los procesos se desgastan por lo cual es necesario realizar procesos de limpieza y mantenimientos para aumentar su vida útil la cual según los fabricantes se encuentra alrededor de los 500 usos antes del cambio.



Ilustración 2 Electrodo comercial para desintoxicación iónica.

Fuente: MercadoLibre.

1.4.1.2. Ionización de agua y escala de pH.

La energía de ionización, también llamada potencial de ionización, se lleva a cabo mediante una fuente de energía eléctrica conectada a dos electrodos hechos con platino o acero que representan el polo positivo y el polo negativo. Dichos electrodos se colocan en el agua, de tal forma, que el lado positivo se encarga de extraer el oxígeno, mientras que el negativo extrae el hidrógeno. De este modo se produce la descomposición de la molécula y por ende un aumento en el pH del agua. [2]

El pH del agua pura es 7 y lo consideramos neutro por lo que valores mayores serán básicos o alcalinos y valores menores ácidos como se observa en la Ilustración 3 la variación del pH o el uso de algunos líquidos con pH muy alto o bajo puede traer grandes complicaciones para los seres vivos como la aplicación del amoníaco en la piel o los daños que puede causar una acidificación de los jugos gástricos en el estómago.

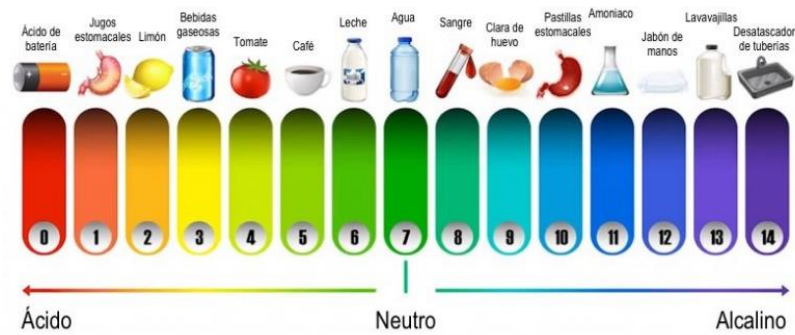


Ilustración 3 Niveles de pH.

Fuente: Instituto Detailing.

1.4.1.3. Lámparas de sal y beneficio de los iones negativos en el cuerpo.

Hay procesos que generan iones constantemente como lo son los rayos cósmicos que se colisionan con el planeta, es decir, son partículas energéticas que impactan en la atmósfera y transfieren energía al aire y la tierra creando iones. Estos crean aproximadamente 500 iones por cm^3 por las zonas donde pasan y varían dependiendo del tipo de partícula.

Cuando las gotas de agua chocan entre ellas, las moléculas de agua crean un rociado electrificado de iones negativos, eso ocurre al hacer uso del agua en los hogares en muy pequeñas cantidades hasta los océanos y cascadas creando así decenas de miles de millones de iones por cm^3 .

La idea bajo la que se sostiene el funcionamiento de las lámparas de sal es hacer uso del calor expedido por el foco de la lámpara el cual al entrar en contacto con la sal del himalaya la calienta hasta que esta comienza a reaccionar iónicamente desprendiendo iones negativos al ambiente lo ideal sería un aumento en cientos o miles de iones negativos por cm^3 para con esto cumplir la función de ionizar los ambientes y que estos cambios sean perceptibles [3]. Este tipo de lámparas se encuentran totalmente rodeadas de sal del himalaya cristalizada para evitar pérdidas en la sal en el transporte y haciendo uso de bombillas con luz blanca o amarilla con grandes pérdidas por calor para hacer más eficiente el proceso.

1.4.1.4. Conductividad eléctrica del agua.

La conductividad electrolítica en medios líquidos está relacionada con la presencia de sales en disoluciones, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico generalmente haciendo uso de placas de algunos metales cargados eléctricamente. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos mientras que el proceso fisicoquímico se denomina electrolisis. A su vez haciendo uso de sensores especializados se pueden realizar mediciones de la conductividad eléctrica en un medio líquido para llevar una constancia de los cambios en los minerales y sales disueltas en el mismo siendo necesario el uso de grandes cantidades de dinero para el uso de un sensor con la suficiente precisión y rango de medición [4].

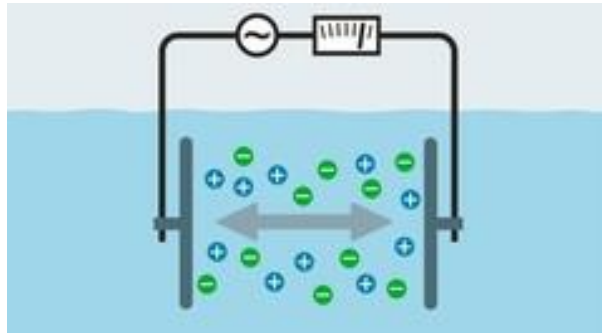


Ilustración 4 Funcionamiento básico de un sensor de conductividad.

Fuente: Endress+Hauser. [4]

La cantidad de sal influye de gran manera en la conductividad electrolítica de los medios líquidos, esto se debe a que la sal es un electrolito, es decir, al entrar en contacto con el agua permiten el paso de la corriente. Una mejor explicación de esto es la sal (Cloruro de sodio NaCl), que es un electrolito de uso cotidiano que al entrar en contacto con el agua se disocia en sus iones correspondientes, el catión sodio (Na^+) y el anión cloruro (Cl^-) [5]. Estos iones pueden moverse en la disolución, por lo que, si introducimos los extremos de un circuito eléctrico, el movimiento de los iones permitirá el paso de la corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la cantidad de sal disuelta más fácilmente podrá conducir la corriente eléctrica, pues aumentará la conductividad del medio líquido tiene una correlación con la velocidad del aumento de pH en un medio, sin embargo, esta relación no es del todo proporcional pues existen otras variables a considerar.

1.4.1.5. Medición de la conductividad.

Existen diferentes aplicaciones en las que la conductividad es crucial para el control de procesos, la monitorización de productos, la monitorización del agua o la detección de fugas. Además de esto, para dichas aplicaciones se utilizan diferentes métodos para medir la conductividad.

En cada método se implementan transmisores o sensores de conductividad que se utilizan en variedad de industrias como lo son: alimentación y bebidas, productos químicos, ciencias de la vida, productos farmacéuticos, agua y energía. Para escoger el sensor se debe tener en cuenta la aplicación y el rango de medida de conductividad que se requiere. Para medir conductividades bajas en agua pura y ultrapura, se opta por elegir sensores conductivos. En productos con una alta conductividad como la leche, la cerveza, las bases, los ácidos, entre otros se recomienda el uso de sensores toroidales por sus cualidades mientras que cuando los rangos de medición en la variación del pH son demasiado amplios como para tener una buena medición con los otros sensores existe un tipo basado en 4 electrodos el cual cuenta con separación de fases [4]. El funcionamiento interno de estos tipos de sensores se muestra a continuación en la ilustración 5.

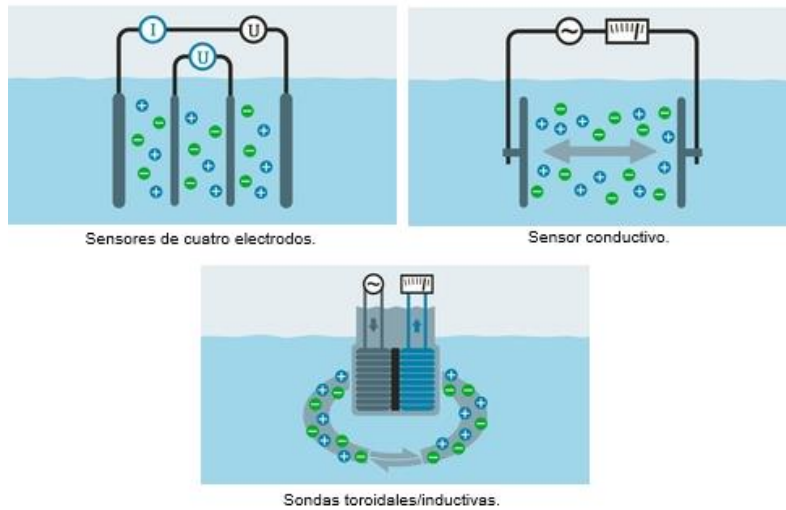


Ilustración 5 Funcionamiento interno de los distintos tipos de sensores para la conductividad eléctrica.

Fuente: Endress+Hauser. [4]

Hablando específicamente de los tipos de sensores que se utilizan para medir la conductividad tenemos las sondas conductivas que disponen de dos electrodos que se sitúan el uno frente al otro. Estas aplican una tensión que genera una corriente en el producto. Esta tensión va a depender a su vez de la cantidad de aniones y cationes que están libres en el producto y se mueven en entre los electrodos. Entre más aniones y cationes existan en el líquido, mayor es la conductividad eléctrica los tamaños de estos pueden variar, sin embargo, para usos no industriales se encuentra un rango de precios de \$200.000 y \$500.000 pesos colombianos se les encuentra en forma digital y analógica, siendo estos últimos los de mayor valor en el mercado. A continuación, se muestra en la Ilustración 6 una sonda conductiva de la marca DFRobot y su diagrama de conexiones.

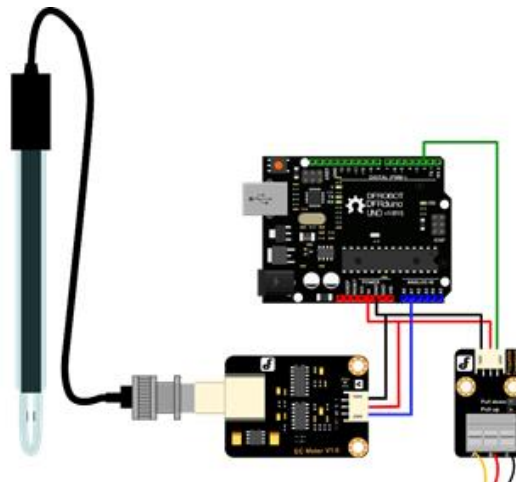


Ilustración 6 Sensor analógico de conductividad eléctrica.

Fuente: <https://www.dfrobot.com/product-1123.html>.

El sensor mostrado aun siendo análogo no cuenta con un precio muy elevado pues se considera para uso educativo. Este tipo de sensores generan tensiones en el medio a medir, por lo cual el uso de dos electrodos tanto el encargado de la ionización como el sensor de conductividad generan fallos en la medición e incluso daños en los componentes debido a lecturas que sobrepasan las tenciones para las cuales fue construido el sensor.

1.4.1.6. Medidas de conductividad y salinidad.

El contenido de sales en el agua es lo que le da la capacidad de conducir electricidad. Cuantas más sales estén disueltas en el agua, más va a conducir el agua la electricidad. Cada caso es distinto, para un orden de magnitud de los valores de conductividad en el agua. Una vez se tiene la conductividad podemos obtener la salinidad, multiplicando por un factor de 0,6 o 0,7 para obtener el valor de la salinidad en mg/L [5]. Los datos de conductividad y salinidad para diferentes tipos de agua encontrados y fueron condensados en la tabla 1.

Tipo de agua	Conductividad	Salinidad
Agua pura	0.055 $\mu\text{S/cm}$	0,033-0,0385 mg/L
Agua destilada	0.5 $\mu\text{S/cm}$	0,3 – 0,385 mg/L
Agua de montaña	1.0 $\mu\text{S/cm}$	0,6 – 0,7 mg/L
Agua de uso doméstico	500 a 800 $\mu\text{S/cm}$	300 – 560 mg/L
Agua potable	10055 $\mu\text{S/cm}$	6033 – 7033 mg/L
Agua de mar	52 mS/cm	31,2 – 36,4 g/L

Tabla 1 Medidas de conductividad y salinidad.

Fuente: autor.

1.4.1.5 Sales.

- La sal de mar pues para los médicos naturistas este tipo de sal es la más usada para los procesos de desintoxicación iónica considerando que por sus propiedades y minerales esta sal es la más adecuada para un correcto procedimiento y relajación por parte del paciente.
- La sal del Himalaya pues sus propiedades iónicas estudiadas en distintos procesos relacionados con la ionización de un ambiente, un ejemplo de esto las lámparas de sal. Con lo cual se puede dar uso a sus propiedades iónicas para obtener un mayor beneficio en el proceso de desintoxicación.
- La sal sin sodio cuenta con una variación en su composición respecto a las dos sales anteriormente mencionadas con lo cual puede generar variaciones en las pruebas y resultados. A su vez se tomó en consideración el uso de la sal de mesa pues al realizar procesos de electrolisis con fines educativos este es el tipo de sal más comúnmente usada y al ser este el principio fisicoquímico en el que se basa el proceso de desintoxicación iónica.

Por último se tiene el uso de sales minerales sin embargo, en las tiendas encargadas de la venta y distribución de este tipo de sales no cuentan con una composición controlada como si lo hacen las sales comerciales pues su método de producción y venta es más artesanal y su composición exacta no es una información dispuesta para el público, por lo cual está se convertiría en una variable más a tener en cuenta durante las pruebas de desintoxicación

iónica, puesto que si no se contara con el mismo tipo de sal y mismo distribuidor no se podría llegar a un mismo resultado además en muchos casos estas sales minerales llevan dentro cristales no solubles en el agua o incluso son de un grano muy grueso haciendo que la preparación necesaria antes de cada proceso de desintoxicación aumente y se vuelvan ineficientes, algunos tipos de sales minerales se muestran en la ilustración 7.



Ilustración 7 Sales minerales.

Fuente: HsnStore.

A continuación, se muestran la composición de las sales anteriormente mencionadas para una porción de 1.5 gramos de la sal en cuestión, estos valores fueron obtenidos de sus respectivas tablas nutricionales, normalizadas para la marca de sal “Refisal” [6], la cual cuenta con la mayor cantidad de ventas nacionales, estos datos fueron anexados en la tabla 2 para su comparación.

Composición [1,5g]	Sales			
	Marina	Alta pureza	Himalaya	Sin sodio
Sodio [mg]	590	590	570	290
Yodo [ppm]	50-100	50-100	50-100	25-50
Flúor [ppm]	180-220	180-220	180-220	80-100
Potasio [mg]	-	-	-	390

Tabla 2 Composición química de las sales.

Fuente: Autor.

1.4.2. Estado del arte.

“Aplicación de la ionización Cu - Ag para mejorar la calidad microbiológica del agua en las viviendas de la ciudad de Tumbes”

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo aplicar la ionización Cu-Ag para el aseguramiento de la calidad microbiológica del agua potable que llega a las viviendas de la ciudad de Tumbes. Se identificaron 20 casas ubicadas dentro de las diferentes zonas urbanas de la ciudad de Tumbes, donde se instaló un Ionizador Cu-Ag (marca NECON GmbH) para evaluar parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica y turbidez) y microbiológicos (mesófilos viables coliformes totales y termo tolerantes) del agua potable en diferentes tiempos de operación del equipo (10, 20 y 30 min.). En este proyecto se

determina que el nivel de pH tanto en las viviendas de un mismo barrio como en las de diferentes localidades de la ciudad antes y después del proceso de ionización. Además de esto, también se mide la conductividad eléctrica del agua en esa muestra de 20 viviendas antes y después del proceso, viendo que 5 de estas presentan unos niveles de concentración más elevados, encontrando que las demás muestras se encuentran con una concentración baja. Teniendo como conclusión que el pH en todas las muestras varía, pero se encontraron dentro de los límites máximo permisible establecidos por S.U.N.A.S.S. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento en el Perú) entre 6.5 y 8.5, para la conductividad eléctrica se encontró que algunas muestras sobrepasan los valores máximos permisibles [7]. Estos y otros datos relacionados con la calidad del agua se encuentran en la ilustración 8.

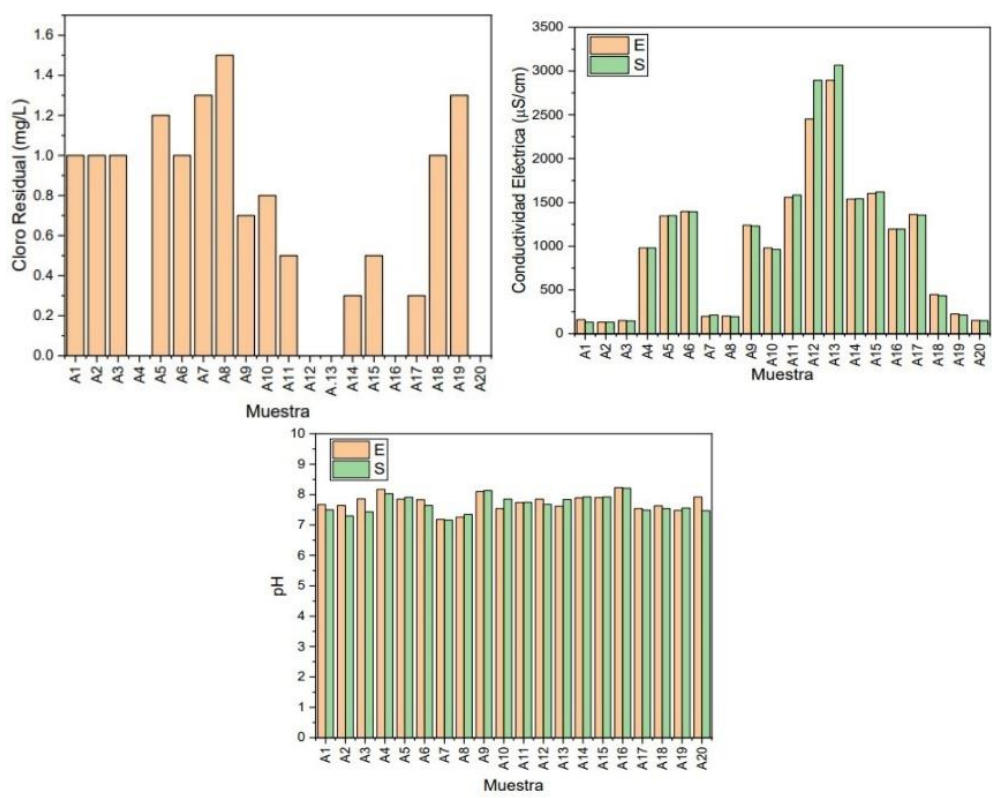


Ilustración 8 Comparaciones entre las características del agua para distintas zonas de la ciudad.

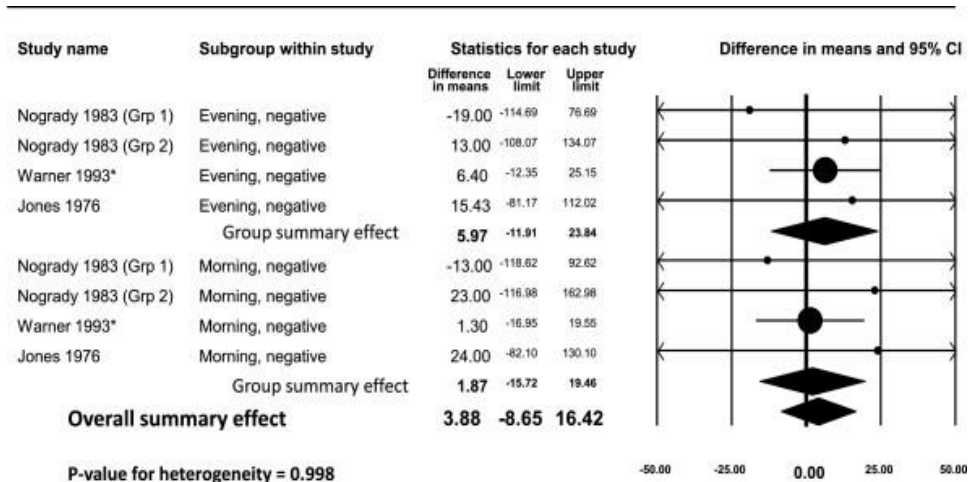
Fuente: Aplicación de la ionización Cu - Ag para mejorar la calidad microbiológica del agua en las viviendas de la ciudad de Tumbes.

“Clinical Effect and Mechanism of Alkaline Reduced Water” del Libro “Journal of Food and Drug Analysis”.

Recientemente, el agua alcalina ionizada (AIW) generada por la electrólisis del agua ha recibido una atención creciente debido a sus beneficios demostrados en el tratamiento y la prevención de enfermedades. Esta agua que en ocasiones es usada tanto para la ingesta como para los baños dando medidas de los máximos niveles de conductividad y pH que pueden tener este tipo de aguas para evitar problemas con posibles reacciones dentro y fuera del organismo. Los gobiernos de Corea y Japón reconocieron oficialmente la eficacia del AIW como un material novedoso para la mejora de la fermentación intestinal anormal, diarrea crónica, hiperacidez gástrica y dispepsia. Al ser una investigación financiada por el gobierno coreano para obtener pruebas visibles de los beneficios de esta agua sobre todo para el consumo dio paso a la producción y comercialización del uso de agua alcalina en algunos países asiáticos. [8]

“Air ions and respiratory function outcomes: a comprehensive review”.

Existe una premisa de que los iones positivos hacen sentir mal a la persona y los iones negativos la hacen sentir bien. Cuando se emiten iones negativos al aire y al respirarlos o al cuerpo recibirlos producen serotonina la cual es el primer neurotransmisor en el cuerpo y esto es lo que produce la sensación de bienestar. Se realizaron estudios que examinaron los beneficios terapéuticos de la exposición a iones negativos del aire sobre los resultados respiratorios, como la función ventilatoria y los síntomas asmáticos. En dichos estudios se tomaron grupos específicos de personas que oscilaron entre 7 y 23 años, y en los cuales se observó que los resultados variaron considerablemente según las características clínicas del sujeto (Lactantes con asma, adultos con enfisema, síntomas subjetivos, sensibilidad, función pulmonar clínica, entre otros). A continuación, se muestran los resultados en ambientes controlados de un metaanálisis para identificar la existencia de una mejora significativa en el estado de ánimo de los sujetos y en la presión arterial estudiados luego de ser expuestos por un periodo de tiempo a un aumento en la cantidad de iones negativos en el aire observando algunos cambios visibles en la ilustración 9. [9]



*Analyses conducted with the assumption that Warner 1993 evaluated negative ionization

Ilustración 9 Diferencias en las pruebas del grupo de pruebas después de la exposición a iones negativos en el aire.

Fuente: Air ions and respiratory function outcomes: a comprehensive review [9].

“Ionized Alkaline Water: New Strategy for Management of Metabolic Acidosis in Experimental Animals”.

Tomando como base la idea de que el agua alcalina ionizada no se ha evaluado como un posible tratamiento para los pacientes con acidosis metabólica un equipo del departamento de urología de la universidad Masoura de Egipto con el objetivo de evaluar su eficacia en el tratamiento de la acidosis metabólica en modelos animales. El primer modelo de insuficiencia renal se indujo mediante la ligadura de los dos uréteres, y el segundo modelo se indujo mediante la desviación de la orina al intestino usando en ambos casos un grupo usando agua alcalinizada iónicamente y otro haciendo uso de agua de grifo como resultados se obtuvo que en los modelos de animales con insuficiencia renal, los parámetros ácido-base mejoraron significativamente tras la hemodiálisis con agua alcalina ionizada en comparación con el agua convencional tratada con ósmosis inversa (OI) estos resultados se obtuvieron como un promedio de todas las pruebas realizadas en animales con un tratamiento cuya duración total fue de dos semanas los resultados muestran la diferencia entre el uso de agua alcalinizada y la diálisis como se observa en la ilustración 10 . [10]

	Score of clinical features			P value
	Good	Moderate	Poor	
Drinking				
Group I ¹	5	3	1	0.10
Group II ²	5	2	5	
Feeding				
Group I	3	1	5	0.93
Group II	3	1	8	
Activities				
Group I	6	2	1	0.72
Group II	7	4	2	
Gait				
Group I	7	1	1	0.30
Group II	8	3	1	
Clotting of lines				
Group I	7	1	1	0.15
Group II	6	2	4	

¹Acetate dialysis sessions (N = 12) Group 1. ²Ionized alkaline water sessions (N = 9) Group 2.

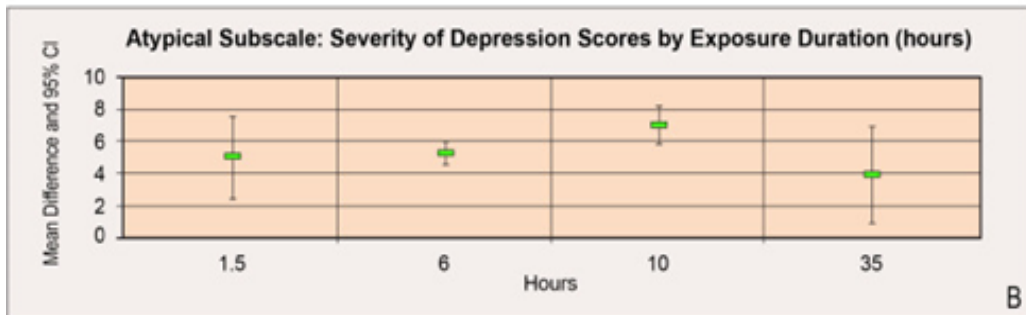
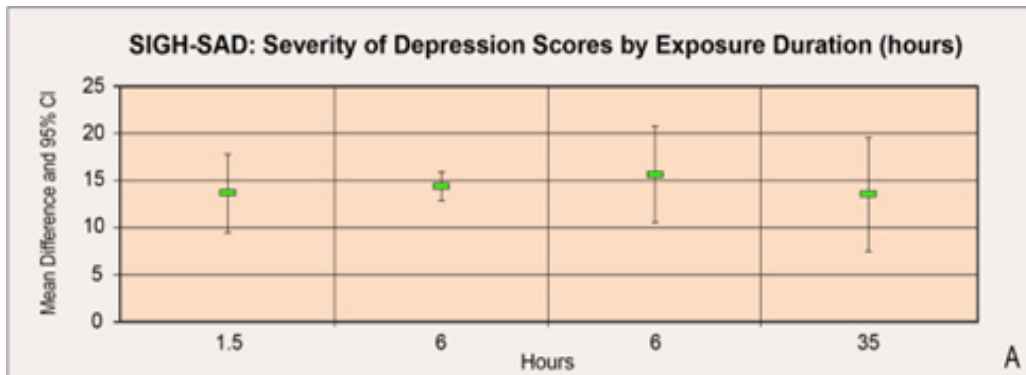
Ilustración 10 Resultados obtenidos en los animales y grupos de muestra.

Fuente: Ionized Alkaline Water: New Strategy for Management of Metabolic Acidosis in Experimental Animals [10].

“Air ions and mood outcomes: a review and meta-analysis”.

En este estudio, un grupo expuesto a altas densidades de iones negativos mostraron tiempos de respuesta más rápidos y reportaron sentirse con más energía, a través de electroencefalograma se vio que tenían una frecuencia de onda alfa más lenta y con mayor amplitud y también reportaron aumentos en la relajación, alerta y mejora en la capacidad de trabajo. En conclusión, no se observaron efectos de ionización constantes para la ansiedad, el estado de ánimo, la relajación / sueño y la comodidad personal. En contraste, los resultados del metaanálisis mostraron que la ionización negativa, en general, se asoció significativamente con índices de depresión más bajos, con una asociación más fuerte observada a niveles altos de exposición a iones negativos.

Aunque se investigaron tesis referentes al agua alcalina y al proceso de electrolisis, en su mayoría de los casos son unos sistemas los cuales controlas variables que en un ambiente real no habría forma física de cambiar como la presión, temperatura y humedad del aire al momento de ionizar el agua, también hacen uso de un modelado de electrolisis visto a través de modelos químicos y usando celdas a las cuales se les varia el voltaje usando la conductancia eléctrica del agua la cual no puede ser usada en este caso al hacer uso de coeficientes experimentales los cuales necesitan hacer uso de valores experimentales obtenidos usando equipo especializada como el “banco de ensayos de electrolisis alcalina” [9]. Algunos de los resultados obtenidos después de una exposición a altas exposiciones de iones negativos en el aire según una cierta cantidad de tiempo transcurrido son mostradas en la ilustración 11.



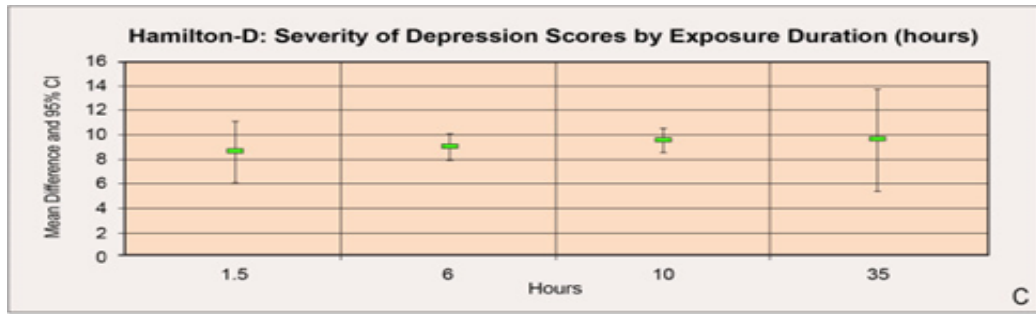


Ilustración 11 Evaluación de dosis-respuesta entre la duración de la exposición medida por horas, dentro de los niveles de iones de aire de alta densidad, y la diferencia de medias de puntuación de cada estudio.

Fuente: Air ions and mood outcomes: a review and meta-analysis. [9]

“Modelado de sistemas de electrolisis alcalina para la producción de hidrógeno a partir de energías renovables”.

En los resultados obtenidos de este trabajo se determinó cuáles son las variables que más influyen en el proceso y, aquellas sobre las que deben dirigirse los esfuerzos de mejora para optimizar el funcionamiento de un electrolizador. En este trabajo se llevó a cabo el desarrollo y validación experimental de un modelo matemático para predecir el comportamiento electroquímico de un sistema de electrolisis alcalina, bajo diferentes condiciones de operación como son temperatura de funcionamiento, presión y concentración de electrolito (ilustración 12). [11]

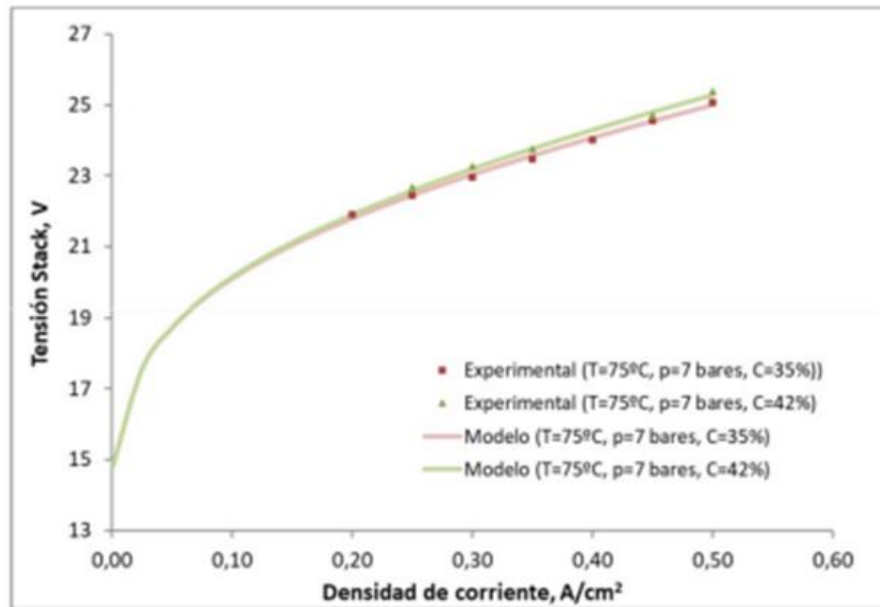


Ilustración 12 Resultados obtenidos al varía la alcalinidad en el experimento. [11]

Fuente: Modelado de sistemas de electrolisis alcalina para la producción de hidrógeno a partir de energías renovables.

“Automatización de un sistema de energía renovable basado en celdas de combustible PEM de baja potencia”.

Se realizaron experimentos sobre como automatizar un sistema con electrolizador en las que se basaron en un sistema de celdas de combustible, se evidencia que es posible modificar su comportamiento cuando hay variación de flujo de hidrógeno entrante. El presente proyecto desarrolla el tema de la automatización de un sistema de energía renovable utilizado de manera poco convencional en aplicaciones estacionarias, conocido como fuel cells o celdas de combustible, del tipo PEM (protón Exchange membrana) de baja potencia. A continuación, se muestra el modelo en lazo cerrado del sistema (ilustración 13). [12]

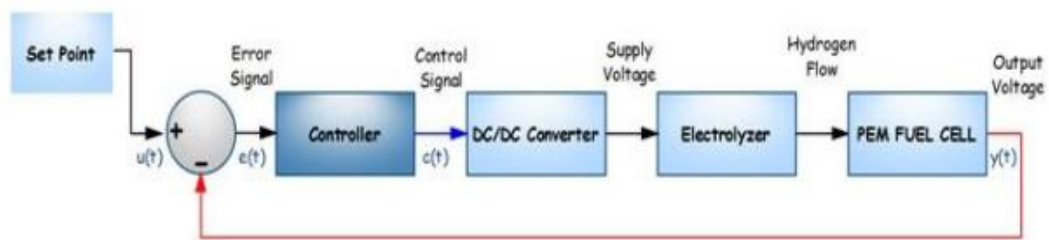


Ilustración 13 Modelado del sistema de energía renovable con celdas PEM. [12]

Fuente: Automatización de un sistema de energía renovable basado en celdas de combustible PEM de baja potencia.

1.5. MARCO METODOLÓGICO.

El proyecto se llevará a cabo en 5 fases las cuales abarcan desde la investigación inicial hasta las pruebas finales, siendo estas las observadas en la Ilustración 14 las cuales son:

- ✓ Fase 1: Investigación, se construye estado del arte del proyecto y se establece la problemática y se analizan cuáles son sus antecedentes y la descripción de este, también se establece el objetivo general y los específicos.
- ✓ Fase 2: Diseño del prototipo y realización del circuito con base en las necesidades del proyecto establecidas en los objetivos específicos; se realiza un primer diseño junto con la selección de sus componentes eléctricos y electrónicos, además se realizan las primeras pruebas de funcionamiento.
- ✓ Fase 3: Caracterización y programación del sensor, diseño y realización final del circuito junto con sus componentes eléctricos y electrónicos.
- ✓ Fase 4: Realización del diseño mecánico del sistema, en donde se realiza el modelo en CAD, una selección de material a usar que cumpliera con las necesidades del proyecto y proteja los elementos sensibles del sistema para evitar daños.
- ✓ Fase 5: Funcionamiento final, en la última fase se realizan las últimas pruebas del funcionamiento del prototipo.



Ilustración 14 Esquema metodológico.

Fuente: Autor

2. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO

En el actual capítulo se realizará la selección de componentes electrónicos para posteriormente hacer el diseño e implementación del circuito para el proceso de desintoxicación.

Como base se realizó la apertura de una máquina ionizadora que se encuentra actualmente en el mercado en un valor de 800.000 a 900.000 pesos colombianos con esta apertura se observaron y separaron los componentes encargados del proceso de ionización de los componentes adicionales que se tiene esta y en base a los primeros se inició con la investigación de los distintos componentes en el mercado y las características que estos podrían ofrecer.

2.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES.

Para realizar una correcta selección de componentes se le asignó a cada componente investigado un peso/valor entre 0 y 5 con lo cual luego de asignar el valor a cada uno de los componentes según el criterio de selección se sumarán los valores dados y el componente con mayor peso será a su vez el mejor cualificado para cumplir con los requerimientos.

2.1.1. Selección de la fuente de alimentación.

Criterios de selección:

- ✓ Voltaje.
- ✓ Amperaje.
- ✓ Polo a tierra.
- ✓ Medida de cable.
- ✓ Precio.

Para el buen funcionamiento de la ionizadora se requieren dos fuentes: la primera se encarga de la alimentación del microcontrolador y los periféricos por lo cual hará uso de potencias menores a 2 W (tabla 3), mientras que la segunda fuente se encarga de la alimentación del electrodo el cual requiere potencias superiores a los 10 W (tabla 4).

	Fuente-5V-0.6A	Valor	Fuente 5V-1A	Valor	Pilas AA x3	Valor
Voltaje	5V	5	5V	5	4,5V	5
Amperaje	0.6A	5	1A	5	0,9Ah	2
Polo a tierra	No	3	No	3	No	3
Límite de uso	No	5	No	5	Si	1
Largo del cable	< 40cm	4	< 25cm	2	N/A	5
Precio (COP)	15.000	5	25.000	4	25.000	1
Conteo de valor	-	27/30	-	24/30	-	17/30

Tabla 3 Selección de fuentes para baja potencia.

Fuente: Autor.

Cómo se observa en la tabla 3 se hace la selección de la primera fuente; entre las posibles a usar la mejor selección es la de 5 voltios a 0.6 amperios ya que cumple con los criterios de selección anteriores, no depende de un número limitado de usos y/o tiempo de uso además de ser calidad y bajo costo. El uso de pilas fue descartado debido a sus limitantes pues la batería se consumirá en gran medida por cada uso pues al ser procesos con una duración mayor a 30 minutos, esto conlleva a ser necesario reemplazarlas o recargarlas.

	Fuente 12V-1A	Valor	Fuente 12V-4.6A	Valor	Fuente 19V-2.37A	Valor
Voltaje	12V	3	12V	3	19V	2
Amperaje	1A	2	4.6A	5	2,73A	3
Polo a tierra	No	3	Si	5	Si	5
Medida del cable	< 30 cm	3	> 50cm	5	> 50cm	5
Precio (COP)	45.000	5	40.000	5	123.500	2
Conteo de valor	-	13/25	-	23/25	-	17/25

Tabla 4 Selección de fuentes para potencias mayores a 10W.

Fuente: Autor.

Para la segunda fuente se requiere una salida de 12 voltios o mayor que cumpliera con los requisitos de potencia por parte del circuito y el electrodo; dentro de esta selección se encuentran las fuentes de portátiles y equipos de mediano tamaño, siendo las primeras de un costo mayor al previsto por lo cual se optó por la fuente de 12 voltios a 4.6 amperios la cual es una refacción para equipos de audio antiguos, este cumple con los requisitos dados y ayuda a la disminución de costos del instrumento.

2.1.2. Selección del regulador de voltaje.

Criterios de selección:

- ✓ Voltaje de entrada.
- ✓ Voltaje de salida.
- ✓ Amperaje de entrada.
- ✓ Amperaje de salida.
- ✓ Temperatura de uso.
- ✓ Salida variable.
- ✓ Precio.

En la tabla 5 se observa la comparación de los reguladores de voltaje para el caso de la familia LM es necesario tener en cuenta que en algunos casos debido a la potencia que recorre el circuito es necesario hacer uso configuraciones en serie y paralelo para cumplir con la conversión de voltaje sin llegar a dañar los componentes. Además, el uso de este regulador de voltaje es necesario debido a la fuente de 12 voltios 4.6 Amperios pues se necesita disminuir el voltaje de entrada al electrodo hasta los 5 voltios.

	LM 7805	Valor	DC-DC LM2596	Valor	LM 7812	Valor	DC-DC XL4005	Valor
Voltaje de entrada	7V - 20V	4	4.5V- 45V	5	14,5V-35V	4	5V-32V	5
Voltaje de salida	5V	5	1.2V-37V	5	12V	4	0,8V-30V	5
Amperaje de entrada	< 1A	1	3.6A-6.9A	3	< 1A	1	< 5A	5
Amperaje de salida	< 1A	1	3A	2	< 1A	1	0,1A-4.5A	5
Temperatura de uso	0°C - 125°C	5	-65°C - 100°C	5	0°C - 125°C	5	-40°C- 125°C	5
Salida variable	NO	3	NO	3	NO	3	SI	5
Precio (COP)	1500	5	16000	4	1000	5	19000	4
Conteo de valor	-	24/35	-	27/35	-	23/35		34/35

Tabla 5 Opciones de selección para el regulador de voltaje.

Fuente: Autor.

Para la selección de un convertor de voltaje fue necesario realizar pruebas preliminares con la familia LM pues al ser comerciales y de bajo costo permitieron hacer las pruebas necesarias para definir si se necesitaban mejores componentes y de un precio mayor o únicamente haciendo uso de estos y un disipador de calor se podría cumplir requisitos del circuito. Luego de realizar las pruebas se cambió el convertor usando LM por el convertor de voltaje XL4005 debido a la necesidad de un amperaje variable y bajas pérdidas por calor pues estas son tan elevadas para poner en riesgo los componentes del convertor de voltaje de la familia LM, mientras que haciendo uso del convertor XL4005 es posible usar el electrodo aún en condiciones con mayor amperaje al necesario sin poner en riesgo los componentes.

2.1.3. Selección de microcontrolador.

Criterios de selección:

- ✓ Cantidad de pines.
- ✓ Método de comunicación.
- ✓ Fabricante.
- ✓ Memoria.
- ✓ Precio.
- ✓ Velocidad.

Para la selección se buscaron fabricantes como lo son Arduino, Pic y Atmel, así como otros fabricantes los cuales son los principales distribuidores de microcontroladores para uso educativo para finalmente reducir las posibilidades de selección únicamente a los mostrados en la tabla 6 tomando en cuenta sus especificaciones tamaño y costo total del circuito.

	ATMega328p	Valor	SAMD21E15	Valor	PIC18F4550	Valor	PIC18F2550	Valor
Memoria RAM	2Kb	4	4Kb	5	2Kb	4	2Kb	4
Memoria FLASH	32Kb	5	32Kb	5	32Kb	5	32Kb	5
Alimentación	1.8 – 5.5v	5	1.62 – 3.63v	3	5v	5	5v	5
Velocidad	20MHz	4	48MHz	5	48MHz	3	48MHz	3
Programación	Atmel studio	4	Arduino	5	MikroC for PIC	5	MikroC for PIC	5
Precio (COP)	18000	5	60000	2	77350	4	59000	3
Pines	28	4	32	4	40	3	28	4
Conteo de valor	-	31/35	-	29/35	-	29/35	-	29/35

Tabla 6 Selección de microcontrolador.

Fuente: Autor.

Finalmente se seleccionó el microcontrolador ATMega328p como controlador a usar puesto que cumple con los criterios de selección anteriores, es de bajo costo y se cuenta con los conocimientos necesarios para realizar su programación, así como con el programador pololu para comunicaciones SPI y la experiencia realizando códigos para esta familia de microcontroladores, además al contar con una gran cantidad de bibliográfica relacionada facilito la programación con la cual se puede controlar el circuito.

2.1.4. Selección de pantalla LCD.

Criterios de selección:

- ✓ Alimentación entre 3.3V – 5V.
- ✓ Precio.
- ✓ Tamaño.
- ✓ Conexión.
- ✓ Pines

	LCD 16x2	Valor	LCD 16x4	Valor	LCD 20x4	Valor
Alimentación	5V	5	5V	5	5V	5
Conexión	i2c	5	i2c	5	i2c	5
Espacio horizontal	16 caracteres	4	16 caracteres	4	20 caracteres	5
Espacio vertical	2 caracteres	4	4 caracteres	5	4 caracteres	5
Pines necesarios	8 a 10	5	8 a 10	5	8 a 10	5
Precio (COP)	16000	5	18000	4	28000	4
Conteo de valor	-	28/30	-	28/30	-	29/30

Tabla 7 Selección de pantalla LCD.

Fuente: Autor.

Para la selección de la LCD dado que todas las pantallas cuentan con especificaciones muy similares se tomó en cuenta tanto el espacio vertical como horizontal pues se planeó el mostrar cuatro datos al mismo tiempo los cuáles serían voltaje, amperaje, pH y tiempo de uso con lo cual se necesitarían como mínimo cuatro espacios verticales y horizontales para mostrar los datos al mismo tiempo sin embargo se decidió que los datos de voltaje y amperaje fueran mostrados en una pantalla distinta y realizando su propia selección de componentes en el apartado 2.1.5 con esto los datos mostrados en la pantalla LCD tendrían una mejor disposición del espacio para facilitar su visualización con lo cual se seleccionó la LCD 20 x 4 puesto que la búsqueda de LCD de mayor tamaño incurriría en mayores costos y a su vez el tamaño final del dispositivo se vería afectado.

2.1.5. Selección de voltímetro/Amperímetro.

Criterios de selección:

- ✓ Tensión de trabajo mayor a 12 voltios.
- ✓ Corriente máxima mayor a 3 Amperios.
- ✓ Tamaño.
- ✓ Modelo DC digital.
- ✓ Precio.

Bajo los criterios de selección anteriormente mencionados comercialmente se encuentran únicamente dos Voltímetros-amperímetros digitales con lo cual la selección únicamente se tomó para la minimización de gastos y dado que las especificaciones variaban según la corriente máxima se tomó el de menores especificaciones pero que aún cuenta con un amplio margen para evitar daños o deterioros en el mismo a continuación se muestra el componente (Ilustración 15).

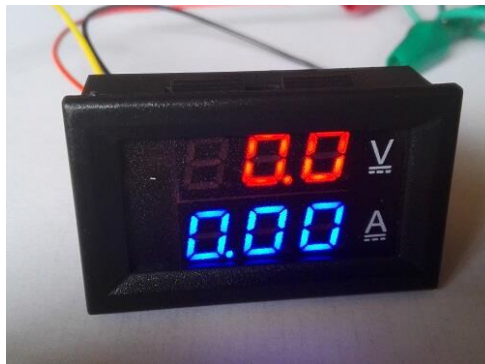


Ilustración 15 Voltímetro Amperímetro digital.

Fuente: <https://www.sigmaelectronica.net/producto/36192/>.

2.1.6. Selección de sensor para pH.

Criterios de selección:

- ✓ Alimentación entre 3.3V – 5V.
- ✓ Rango de medición de 0 – 14 de pH.
- ✓ Precisión $\leq \pm 0.2\text{pH}$.
- ✓ Precio.

- ✓ Implementación con microcontrolador.
- ✓ Salida de datos (Análogo/Digital)

En la siguiente tabla (Tabla 8) se observa la comparación entre los distintos sensores comerciales de pH.

	PH-Meter	Valor	Sensor de pH DFRobot	Valor
Alimentación	2x batería 1.5V	3	5V	5
Rango de medición	0 – 14 de pH	5	0 – 14 de pH	5
Precisión	± 0.1pH	5	± 0.1pH	5
Tipo de sensor	Digital	3	Análogo	5
Precio (COP)	36.000	5	154.700	3
Implementación con microcontrolador	NO	1	SI	5
Conteo de valor	-	22/30	-	28/30

Tabla 8 Opciones para el sensor de pH.

Fuente: Autor.

La cantidad de sensores de pH comerciales está muy limitada pues la mayoría son de uso industrial. De los sensores mostrados en la tabla anterior el único que es integrable con un microcontrolador es el sensor de pH de la marca DFRobot, pues cuenta con comunicación análoga y conexión $5V_{DC}$ sin embargo, se realizó la compra de los dos sensores ya que este sensor requiere de una calibración y caracterización en su pH, por esto fue necesario hacer uso del sensor digital “pH-Meter” pues cuenta con un método de calibración de un solo uso que incluye sobres para disolver en agua los cuentan con un pH específico, los sobres y el sensor digital fueron usados durante el proceso de calibración del sensor análogo para una mayor fiabilidad en las mediciones obtenidas. El sensor usado para la implementación en la máquina se observa en la ilustración 16.



Ilustración 16 Sensor de pH DFRobot.

Fuente: DFRobot.

2.1.7. Selección de electrodo para la ionización.

Para la selección del posible electrodo se redujeron las opciones a tres posibles casos los cuales son: 1) Electrodo ionizadores, los cuales cuentan con un solo tipo para la venta que se encuentran normalizados para el uso en las máquinas ionizadoras comerciales, 2) Electrodo ionizadores para piscinas, estos cuentan con sistemas de control integrado y gran fiabilidad sin embargo son diseñados para funcionar con grandes volúmenes de agua y sus precios son mayores, 3) Por último se encuentra la posibilidad de realizar un electrodo propio, sin embargo, esta opción fue dejada de lado durante el proceso de selección pues sería necesario realizar un sistema de protección para que el usuario no pudiese interactuar directamente con las placas de metal, así como también sería necesario realizar investigaciones sobre la forma y los metales usados en los procesos de electrolisis y como estos afectan los resultados del tratamiento.

Se seleccionó el electrodo comercial y asequible pues estos cuentan con una vida útil limitada aproximadamente 500 usos por el desgaste de los metales debido al oxido y por su forma en espiral, la cual cuenta con el ánodo y cátodo integrados en un solo recipiente de plástico con rejillas que evitan que la persona tenga contacto directo con los metales del electrodo como se observa en la Ilustración 17.



Ilustración 17 Electrodo comercial para desintoxicación iónica.

Fuente: MercadoLibre.

2.2. DISEÑO DEL CIRCUITO.

La construcción del circuito se realizó en cuatro fases las cuales fueron: 1) selección de componentes para el electrodo ionizador, 2) diseño del circuito, 3) caracterización del sensor y 4) circuito impreso. Las dos primeras partes tomaron lugar durante la selección de componentes y las pruebas realizada con los mismos para una correcta puesta en marcha del dispositivo mientras que en la tercera fase se centró en el uso del sensor de pH para su integración en el circuito y por último la cuarta parte se centra en la mejora y finalización de la circuitería y junto con los cambios necesarios de organización para reducir el tamaño de la carcasa.

2.2.1. Electrodo Ionizador.

Durante la primera fase de pruebas referente a los requisitos de alimentación del electrodo se contaba con una información muy pobre con lo cual fue necesario indagar sobre esto encontrando así que el voltaje recomendado para la alimentación son 5 voltios con un amperaje variable que podría ir desde los miliamperios hasta 3 o 4 Amperios esto se debe a la calidad del embobinado de metal y según la potencia se ve afectada en mayor o menor medida la cantidad de usos posibles del electrodo, teniendo en cuenta la información anterior se realizó la selección de fuentes para la alimentación del electrodo.

Se uso inicialmente un regulador de voltaje a $5V_{DC}$ usando transistores Lm7805 y Im 7807 en configuración de serie para reducir el voltaje y lograr una mayor disipación de energía, y en paralelo para mejorar la potencia máxima del circuito cabe recalcar que para las pruebas iniciales del electrodo no se hacía uso de sales para minimizar la conductividad del agua y por ende observar la respuesta natural del electrodo en el agua. Durante estas pruebas se observó que cuando se usaban fuentes de bajo amperaje ocurría una caída de potencial por lo cual se hacía uso de un amperaje mayor al suministrado por la fuente siendo necesario aumentar la potencia de esta y cuando se realizan pruebas con fuentes de mayor potencia las pérdidas por calor fueron suficientes para que únicamente después de cinco minutos, la temperatura a la que se encontraban los reguladores se considera peligroso para los componentes. En este punto se consideraron dos opciones la primera, hacer uso de disipadores de calor o cambiar el regulador de voltaje, en primera instancia se buscaron disipadores y se realizaron pruebas tanto con los disipadores comerciales TO-220 como con disipadores con mayor resistencia térmica (ilustración 18) los cuales fueron capaces de mejorar la temperatura de los componentes haciendo posible un uso continuo durante media hora esto si se cumplía con buen flujo de aire, se daba un tiempo para que redujera su temperatura después de cada uso y únicamente haciendo uso de Amperajes en el orden de los 0.6 a 0.7 Amperios.

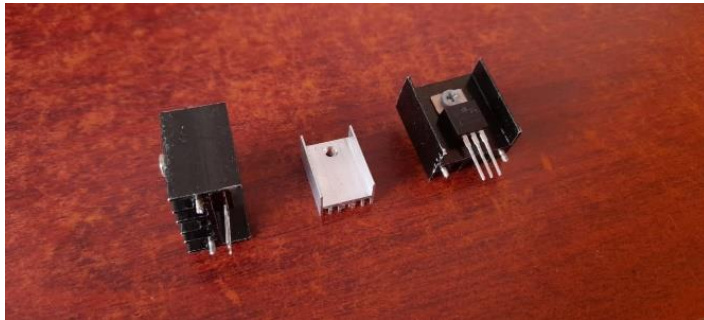
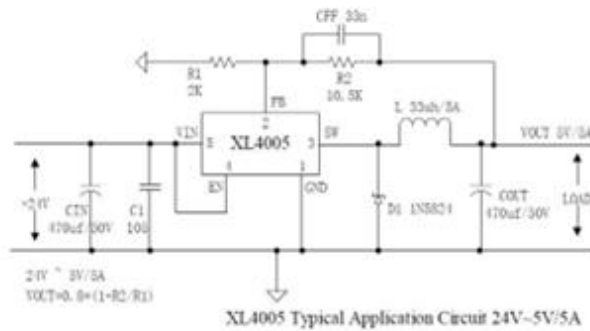


Ilustración 18 Comparativa entre los disipadores de calor usados para el regulador inicial.

Fuente: Autor.

Al ver estas limitaciones de uso fue necesaria la selección de un nuevo regulador de voltaje optando así por el regulador XL4005 (Ilustración 19a) el cual es vendido en formato de impreso con sus componentes y potenciómetros integrados en una placa lo cual no solo facilitaba su implementación sino que además ayuda para una mejor presentación del circuito de la máquina en la Ilustración 19b se observa el diagrama de conexiones del circuito encargado de la conversión de voltaje DC-DC el cual posteriormente se conecta al electrodo ionizador pues en esta primera fase aún no se contaba con un método de control definido.



19a) Diagrama de conexiones del regulador XL4005.



19b) modulo regulador XL4005 DC-DC.

Ilustración 19 Regulador XL4005.

Fuente: Alldatasheet.

2.2.2. Circuito del microcontrolador y circuito de potencia.

Tras una completa disposición del circuito Ionizador se inició la implementación del microcontrolador y los periféricos a usar, en un inicio no se contaba con el sensor pues este debía ser enviado desde el exterior del país. Durante las pruebas en las que se integró en un único circuito y por lo tanto una sola fuente de alimentación para el microcontrolador y el electrodo se notó un problema con la pantalla LCD en la cual se observaba una interferencia en la imagen, esto ocurría cuando se daba paso a la corriente para alimentar el electrodo, la LCD mostraba por un breve momento una imagen en blanco y luego se reiniciaba, al no presentarse esta falla en todas las pruebas no se encontró una relación directa entre el uso de una sola fuente y el problema en la LCD sin embargo este problema se solucionó con el uso de dos fuentes separadas.

Mientras se esperaba por el sensor se hizo una investigación sobre los principales problemas que sufren las desintoxicadoras iónicas con su circuitería, esto con la información suministrada por un centro de reparación especializados en equipos médicos y de medicina alternativa se observó que una de las fallas más comunes en este tipo de dispositivos es en el microcontrolador y/o sus periféricos pues como se observa en la ilustración 20 no cuenta con una conexión estable y de buena calidad pues los cables son de un calibre muy bajo lo que hace que sean endeble y se puedan soltar con facilidad si se hace un movimiento brusco de la máquina.

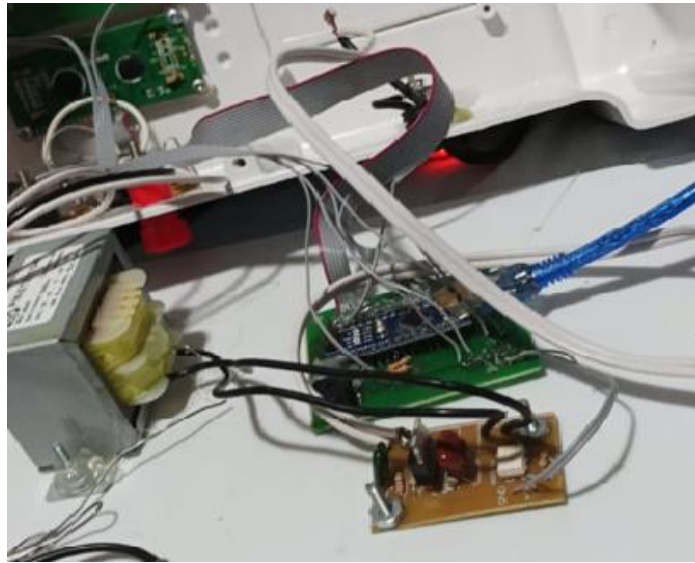


Ilustración 20 Circuito desintoxicadora iónica comercial

Fuente: Autor.

El problema que genero mayor preocupación al contar con un único circuito fue el aumento en la medición dada por el sensor, pues después de realizar su respectiva calibración se observaron mediciones que superaban las 13 unidades de pH valor que según la ecuación usada por el microcontrolador necesitaba señales análogas mayores a 1000 bits después de la conversión ADC y cuando se impedía que el electrodo entrara en contacto con el agua los valores de pH se normalizaban y el sensor obtenía una medición de pH que coincidía con los valores medidos por el sensor digital. Replicando el circuito para pruebas y usando una fuente independiente se intentó repetir las condiciones anteriores para identificar si realizando esta separación de circuitos se seguían obteniendo las mediciones mayores a 13 unidades de pH o se identificaba el pH real de la solución, en este caso no se observó una alteración en los valores medidos por lo cual se decidió realizar una separación en dos circuitos. El circuito del microcontrolador, sus periféricos y fuente de baja potencia siendo el encargado de las mediciones y el futuro control como se observa en la ilustración 21.

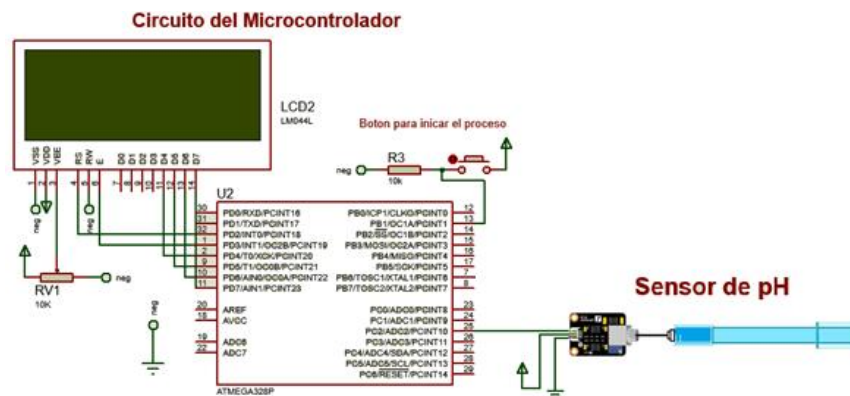


Ilustración 21 Diagrama de conexiones para el circuito del Microcontrolador.

Fuente: Autor.

El circuito en primera instancia y para su puesta en marcha de la Ilustración 19 únicamente cuenta con los periféricos de LCD, sensor de pH y botones, este es alimentado por medio de un circuito fuente el cual pasa de $120 V_{AC}$ a $5 V_{DC}$ sin componentes destinados para el control pues para este punto del diseño el planteamiento del sistema de control no era completo.

También se tiene el circuito encargado de la alimentación de electrodo (Ilustración 22) el cual cuenta con una mayor potencia y dos sistemas para regular el voltaje entregado pues su circuito fuente entrega $12 V_{DC}$ y hasta 4.6 A debido a su fiabilidad y demás datos dados en la selección del componente y posteriormente pasa por el regulador de voltaje XL4005 el cual asegura una salida de $5 V_{DC}$ con uno o mas Amperes sin sufrir problemas relacionados con las pérdidas por calor. Por último, se usó un módulo voltímetro-Amperímetro para mostrar al usuario la potencia que circula por el circuito.

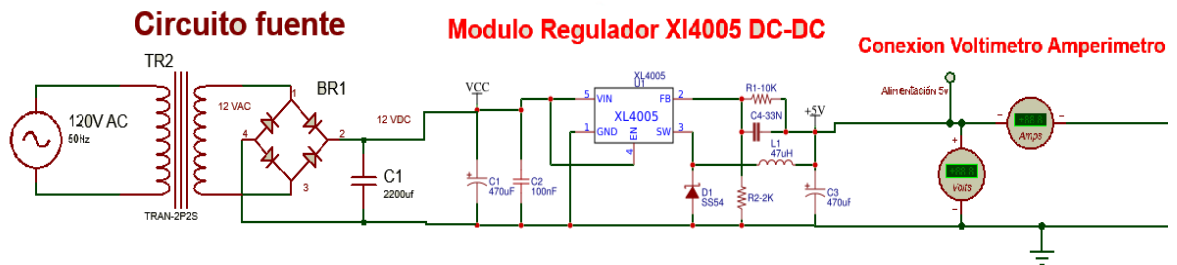


Ilustración 22 simulación del circuito encargado de alimentar al electrodo.

Fuente: Autor.

El uso de dos circuitos soluciona errores causados por el uso del electrodo y sensor en el mismo medio (agua), pues esto genera interferencia con las mediciones del último. Adicionalmente se cuenta con el diagrama de conexiones completo donde se integran los dos circuitos anteriormente mencionados y los componentes que intervienen en el método final de control como se muestra en la ilustración 23.

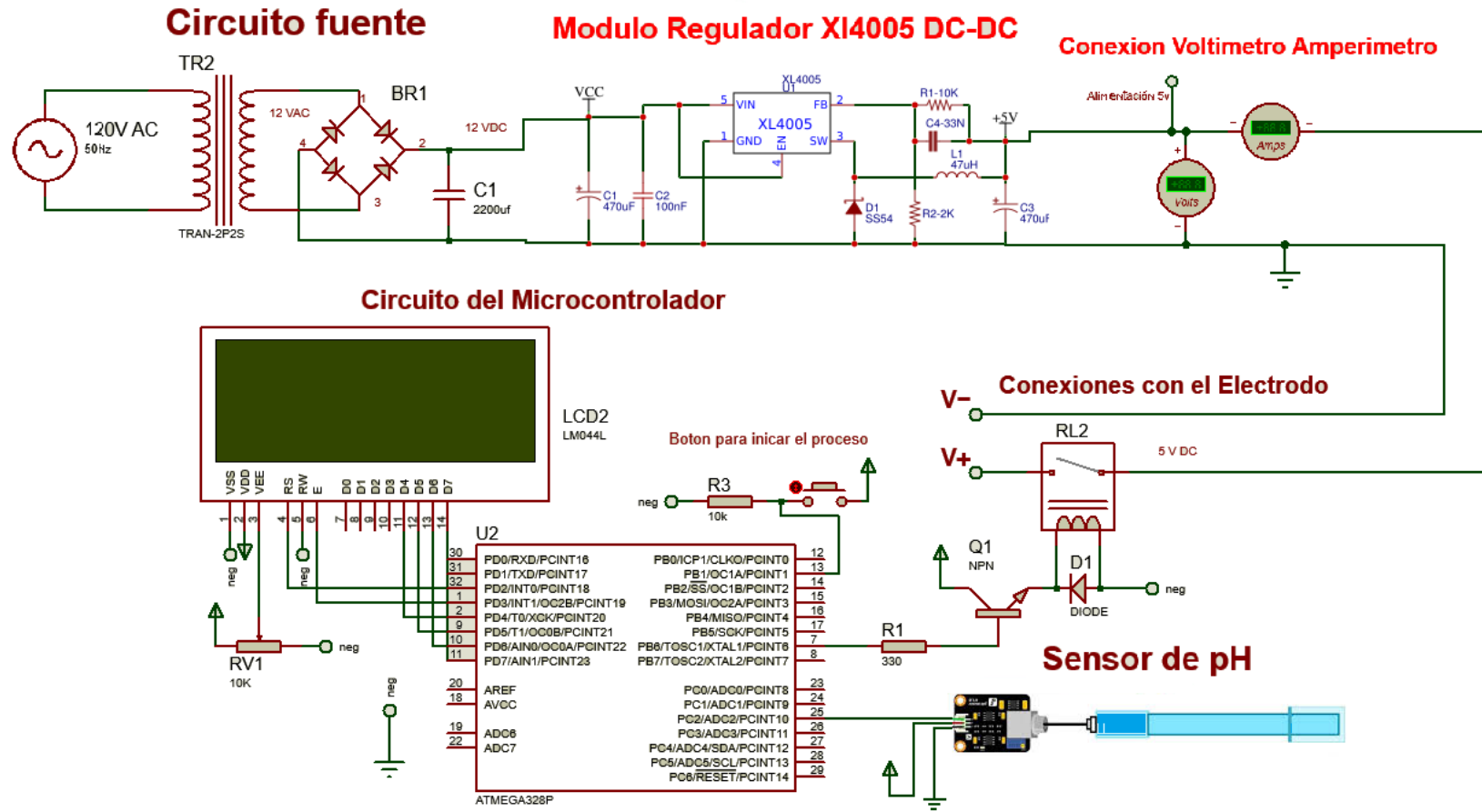


Ilustración 23 Diagrama de conexiones completo del circuito para la máquina ionizadora

Fuente: Autor.

2.2.3. Impresión del circuito.

Posterior a la selección y pruebas con el método de control se realizan los respectivos esquemáticos en Proteus para la impresión de los circuitos. Los circuitos finales se dividen en:

Circuito de potencia correspondiente a las Ilustraciones 24a) y 24c), este no cuenta con tierra compartida puesto que por medio de este circuito se realiza el control y fluyen las corrientes de potencia mayores a 1.5 A que alimenta el electrodo como la corriente de 0.2A correspondiente al microcontrolador y sus periféricos, los cuales se aíslan gracias al relé para el control On/Off.

Por otra parte, las Ilustraciones 24b) y 24d) corresponden al circuito del microcontrolador y demás conexiones relacionadas como lo son la alimentación de LCD, sensor y botón en conexión "Pull Down". La decisión de dividir los circuitos de esta forma un teniendo en cuenta el diagrama mostrado en la Ilustración 23 Diagrama de conexiones completo del circuito para la máquina ionizadora fue debido a que los circuitos fuente y el regulador cuentan cada uno con una placa propia haciendo necesario únicamente crear las conexiones entre estos y los circuitos impresos. Los esquemáticos 3D se encuentran en el Anexo 1. Planos de impresión de los circuitos



Ilustración 24a) Circuito de potencia impreso.

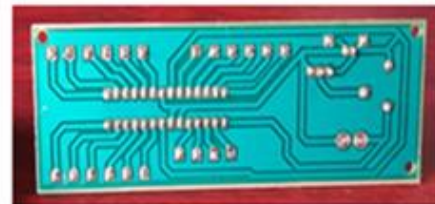


Ilustración 24b) Circuito del microcontrolador impreso.



Ilustración 24c) Esquemático para el circuito de potencia.

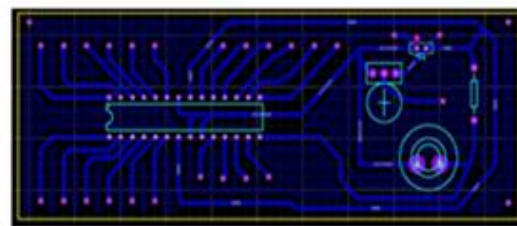


Ilustración 24d) Esquemático para el circuito del microcontrolador.

Ilustración 24 Esquemáticos e impresiones de los circuitos

Fuente: Autor.

2.2.4. Caracterización del sensor.

Para la calibración del sensor hecho por DFRobot se cuenta con la ecuación proporcionada por la empresa, la cual si bien viene acompañada de un código para Arduino este necesita la calibración del potenciómetro integrado en la placa (Ilustración 15) ya que, si bien el sensor cuenta con una gran precisión en los datos esto solo aplica para un cierto rango de

pH y al variar el potenciómetro el intervalo con mayor precisión aumenta o disminuye. Como se mencionó anteriormente se realizó la compra de los dos sensores vistos en Tabla 8 Opciones para el sensor de pH. Pues gracias a la calibración del sensor digital y los sobres con pH variados se facilitó la calibración para el sensor análogo dichos sobres se observan en la ilustración 25.



Ilustración 25 Soluciones con distinto pH para calibrar sensores.

Fuente: Autor.

Los calibradores de pH cuentan con sus instrucciones para la correcta medición del pH pues tienen que ser diluidos en cierta cantidad de agua antes de realizar las mediciones, asegurando así que los valores de pH sean lo más acordes a lo esperado.

Durante el proceso de caracterización se varió el valor del potenciómetro en el impreso del sensor de pH análogo de DFRobot para encontrar una posición en la cual las mediciones fueran correctas para un intervalo de 8 a 10, encontrando así que cuando los valores de pH medidos se alejaban del intervalo, existe un mayor error en la medición.

Se realizaron 10 pruebas por cada solución de pH, obteniendo así el promedio de las pruebas para conocer el error en precisión debido a que se encuentran alejados del intervalo inicial de caracterización, esto tomando como base para la medición el sobre con pH de 9.18, dichas pruebas y resultados se encuentran en la tabla 9.

Prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Error
pH 4.00	4.34	4.21	4.45	4.35	4.3	4.26	4.29	4.38	4.42	4.39	4.37	9.3%
pH 6.86	6.9	6.92	6.9	7	6.98	6.95	6.86	6.99	7	6.9	6.94	1.2%
pH 9.18	9.11	9.15	9.07	9.23	9.18	9.11	9.10	9.13	9.18	9.23	9.14	0.4%

Tabla 9 Datos de variación en el pH al realizar las calibraciones.

Fuente: Autor.

Entre cada una de las pruebas realizadas anteriormente, se le hacía una limpieza al sensor para evitar posibles errores de medición. En la tabla 9 se observa que hay datos un poco más elevados al valor promedio, esto debido al intervalo de valores al que estaba ajustado el sensor. En la ilustración 26 se observa el proceso de preparar la solución en agua, en la

que se realiza la medición con el sensor análogo para posteriormente hacer una comparación con el valor obtenido en el sensor digital.



Ilustración 26 Calibración de los sensores.

Fuente: Autor.

En la página web de la empresa DFRobot se encuentra el código encargado de la calibración para el sensor de pH v1.0, el cual fue usado durante la calibración del sensor, sin embargo, al observar los picos en las mediciones de la tabla 9 se realizó un cambio en un segmento del código pues este desde un inicio realiza los siguientes procesos:

- Toma de 10 datos por el puerto análogo con una separación de 10 ms.
- Ordena dichos datos en un array de menor a mayor.
- Descarta 1 dato en cada extremo del array.
- Toma los 8 datos sobrantes y realiza un promedio.
- Realiza la conversión ADC del promedio.

Los pasos anteriores se realizan para descartar posibles errores en la medición con mayor y menor valor pues estas pueden quedar alteradas por el sensor, sin embargo, al utilizar el monitor serial de Arduino se encontró que dichos problemas de medición pueden aparecer hasta 3 veces al realizar la toma de los 10 datos siendo necesario descartar 2 datos en cada extremo del array. A continuación, se muestra una comparación en los datos obtenidos del sensor cuando se realiza el promedio con 8 y 6 datos centrales donde se observa una disminución en los picos.

Prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH con 8 datos centrales	9,12	9,15	9,18	9,13	9,14	9,23	9,17	9,15	9,18
pH con 6 datos centrales	9,16	9,18	9,19	9,17	9,20	9.,20	9,16	9,16	9,18

Tabla 10 Prueba de promediado para la caracterización del sensor.

Fuente: Autor.

A continuación (Ilustración 27), se muestra el diagrama de flujo completo usado en el código de ejemplo para el sensor de pH dicho código ya cuenta con el conversor ADC y con la ecuación necesaria para pasar de Voltaje a pH y será usado en el código final del microcontrolador una vez realizados los ajustes necesarios.



Ilustración 27 Diagrama de flujo para el sensor de pH.

Fuente: Autor.

Después de realizar la toma de los datos y el promedio es necesario convertir los datos análogos a valores de pH esto con la ayuda de la ecuación de conversión ADC y posteriormente multiplicar el resultado por una constante k (3.5) la cual realiza la conversión de valores de voltaje a valores de pH. La fórmula completa se observa en la ilustración 28.

$$phValue = \frac{avgvalue * 5}{1024}$$

$$phValue = 3.5 * phValue$$

Ilustración 28 Ecuación principal del sensor de pH.

Fuente: DFRobot.

2.3. DISEÑO INICIAL DEL CÓDIGO.

Para la creación inicial del código se tuvo en cuenta únicamente la puesta en marcha del sistema y los periféricos usados junto con el microcontrolador (2.1.3) y el electrodo ionizador (2.1.7), es decir, sin hacer uso de ningún tipo de controlador y alimentando constantemente los circuitos, de esta forma es como se realizarían las pruebas iniciales del sistema para la selección y uso de las sales, y conocer los cambios en la respuesta “natural” del sistema.

A continuación (ilustración 29), se muestra el diagrama de flujo referente al código inicial. Se debe tener en cuenta que internamente se realiza el proceso visto en la Ilustración 27 Diagrama de flujo para el sensor de pH. al cual se le ha realizado la calibración y caracterización.

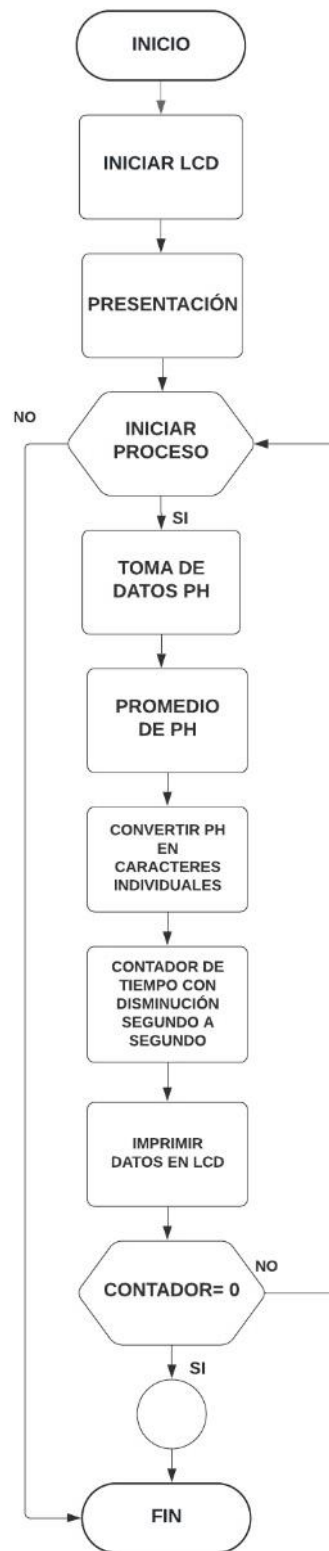


Ilustración 29 Diagrama de flujo del código inicial.

Fuente: Autor.

2.4. DISEÑO DEL CONTROLADOR.

Para el controlador se buscó en primera instancia el uso de controladores "robustos" como lo son el control digital o análogo, en el caso de usarlos se planeaba dar un mayor tamaño a la carcasa ya fuese para ubicar el microcontrolador encargado del control digital o los amplificadores operacionales para el control análogo, sin embargo, durante el proceso de identificar la ecuación del sistema $G(s)$ se observó que la ecuación cambiará en todas las pruebas ya sea por una variación en las cantidades y características del agua y/o sal, en la limpieza que tengan los componentes que entren en contacto con el agua, y en mayor medida en los movimientos consientes e inconscientes realizados por el paciente mientras espera los 30 minutos del proceso de desintoxicación.

En caso del control análogo con amplificadores operacionales se descartó debido al ruido y las posibles dificultades técnicas pues al tratar con potencias que aumentan repentinamente de 0 a 1.6 Amperios o más el ruido debido a dichos incrementos podría dificultar el funcionamiento del controlador y las posibles dificultades técnicas encontradas para hacer uso de este tipo de controlador fueron la posibilidad de falla de los componentes o la necesidad de cambiarlos debido a un error en la ecuación del sistema. En su lugar el control digital fue descartado debido a que no fue posible obtener la ecuación del sistema $G(s)$ y también era necesario usar un microcontrolador para que este se encargara de realizar el control y otro microcontrolador para la LCD y demás periféricos.

El método con el cual se intentó obtener la ecuación del sistema fue haciendo uso de la gráfica en su respuesta natural sin embargo cada vez que se realizan las pruebas con la máquina se obtenían diferencias en la respuesta y por ende en la gráfica, estas diferencias van desde un tiempo de reacción lento es decir aun después de 30 minutos no logra un pH mayor a 9.5, picos de pH pues ya sea el punto en el que se está midiendo o por movimientos en el agua el sensor mide picos de pH los cuales pueden ser desde +/- 0.3 de pH en algún momento hasta picos que superan una o dos unidades de pH, la mayoría de estos picos desaparecen si se realizan buenas prácticas durante las pruebas como lo son la posición el electrodo y el sensor, evitar los movimientos para no crear ondas en el agua y hacer uso de la pulsera antiestática sin embargo aún pueden aparecer picos de pH a lo largo del proceso con lo cual no fue posible hacer uso de las herramientas de Matlab para obtener $G(s)$ con graficas del sistema.

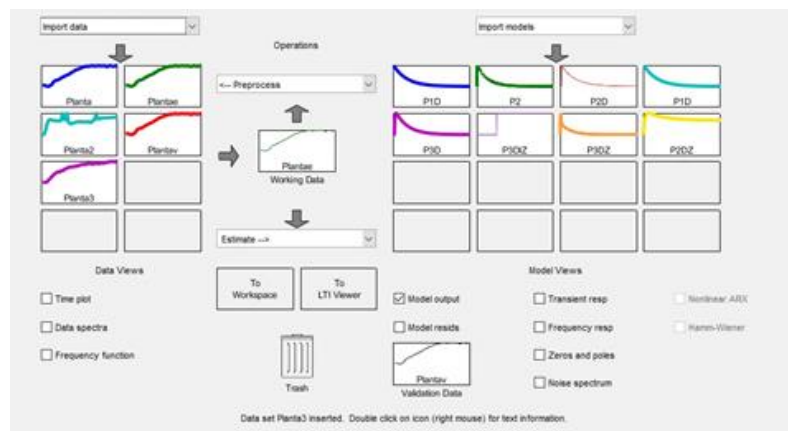


Ilustración 30 Identificación de sistemas en Matlab.

Fuente: Autor.

En la ilustración 30 se muestra el identificador de sistemas de MATLAB, el cual fue utilizado como método para identificar la función de transferencia de una planta para una prueba. En el lado izquierdo se muestran tres plantas, estas son los gráficos que muestran cada señal que se obtiene al realizar cada prueba, en este caso a tres pruebas. Se identificó la función de transferencia variando la cantidad de polos, añadiéndole ceros y haciendo uso de delays, esto con el fin de determinar que función presentaba una mayor fiabilidad con respecto a la señal original obtenida por la prueba.

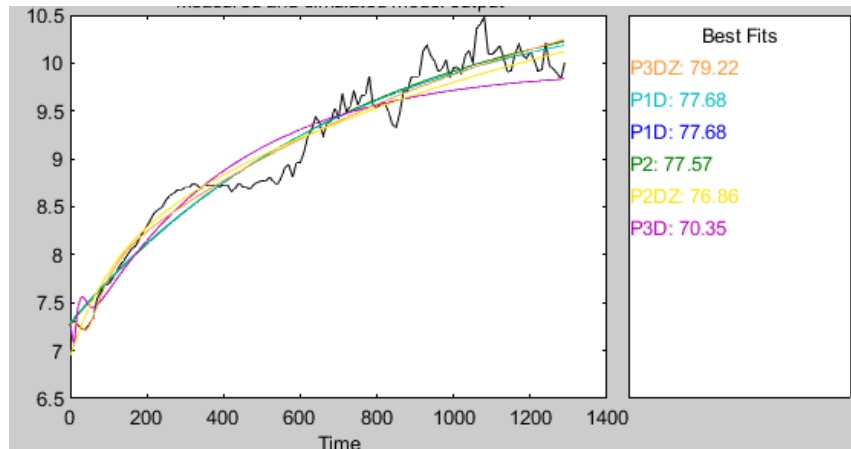


Ilustración 31 Comparación de resultados planta 1.

Fuente: Autor.

Como se observa en la ilustración 31, en el lado derecho identificadas con colores se muestra la fiabilidad de cada función de transferencia para una prueba. En este caso se determinó que al usar una función de transferencia con 3 polos y un cero (Ilustración 32), además de tener un delay, tiene una fiabilidad de 79.22%. Con esto se tiene un error del 20.88% con respecto a la señal original de esta prueba, siendo esto un valor alto para el error encontrado.

$$G(s) = K_p * \frac{1+T_z*s}{(1+T_{p1}*s)(1+T_{p2}*s)(1+T_{p3}*s)} * \exp(-T_d*s)$$

$K_p = 11.577$
 $T_{p1} = 1195.9$
 $T_{p2} = 13.963$
 $T_{p3} = 42.944$
 $T_d = 36.36$
 $T_z = 108.07$

Ilustración 32 Función de transferencia 3 polos y un cero.

Fuente: Autor.

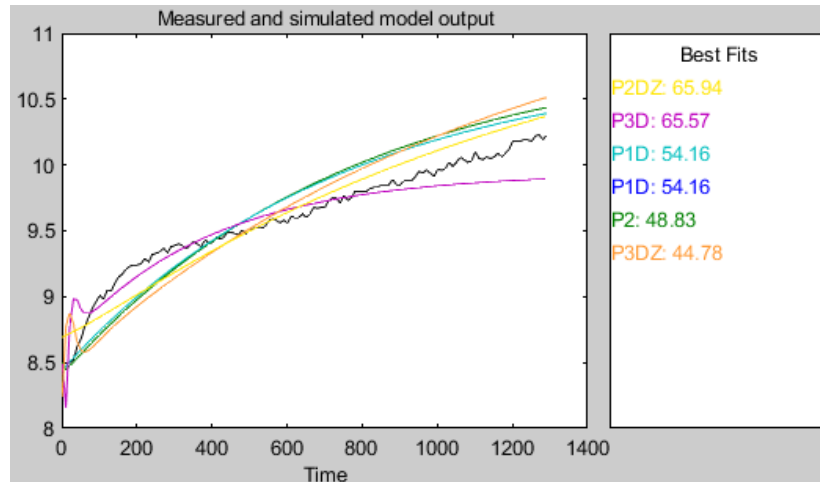


Ilustración 33 Comparación de resultados planta 2.

Fuente: Autor.

En la ilustración 33 haciendo uso de las mismas funciones de transferencia, pero en este caso para una prueba distinta en la que se obtuvieron datos de pH similares, pero con una ligera variación y se determinó que la función de transferencia de 3 polos y un cero que para la prueba anterior tuvo los mejores resultados, para esta prueba tuvo una fiabilidad del 44.78%, lo cual aumenta el error considerablemente. Para este caso la función de transferencia con mayor fiabilidad fue la de 2 polos y un cero (Ilustración 34).

$$G(s) = K_p * \frac{1+T_z*s}{(1+T_{p1}*s)(1+T_{p2}*s)} * \exp(-T_d*s)$$

$K_p = 11.427$
 $T_{p1} = 1310.4$
 $T_{p2} = 103.81$
 $T_d = 0$
 $T_z = -179.99$

Ilustración 34 Función de transferencia 2 polos y un cero.

Fuente: Autor.

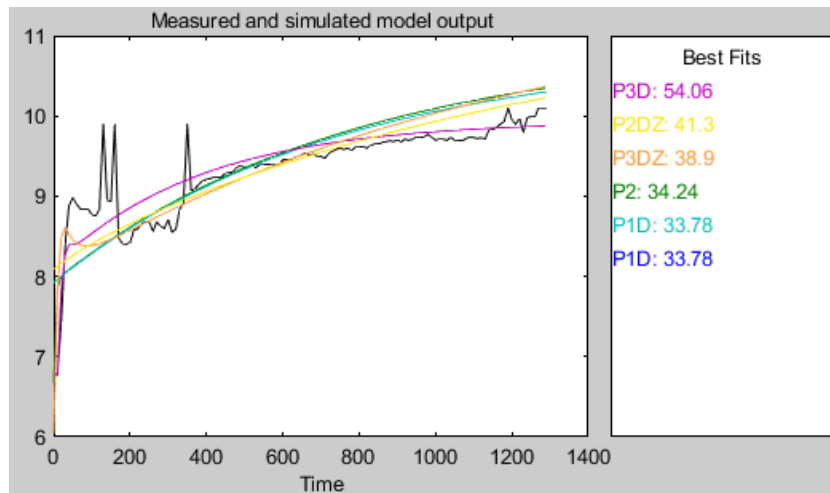


Ilustración 35 Comparación de resultados planta 3

Fuente: Autor.

Para esta última prueba (Ilustración 35) la función de transferencia que presentó mejores resultados fue la que tenía 3 polos (Ilustración 36), sin embargo, siendo esta la de mejores resultados presentaba un error del casi 50% con respecto a la señal original de la prueba. Mostrando así que no se podría obtener la misma función de transferencia siempre, ya que dicha función varía su fiabilidad con respecto a cada prueba.

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$K_p = 9.9404$
 $T_{p1} = 385.36$
 $T_{p2} = 15.366$
 $T_{p3} = 0.64544$
 $T_d = 42.02$

Ilustración 36 Función de transferencia 3 polos.

Fuente: Autor.

Debido a esto se optó por un sistema que permitiese una mayor flexibilidad respecto a dichas variaciones entre las pruebas con lo cual se eligió un tipo de control On/Off del cual se tomó un periodo de trabajo de 4 segundos esto debido al tiempo que necesita el electrodo para sus tiempos de subida y bajada. Debido a esto no se seleccionó un control PWM, pues dichos tiempos son muy largos haciendo que la señal se asemeje a una continua, inutilizando el control. En la ilustración 37 se observa el diagrama de flujo final para el código de la desintoxicadora.

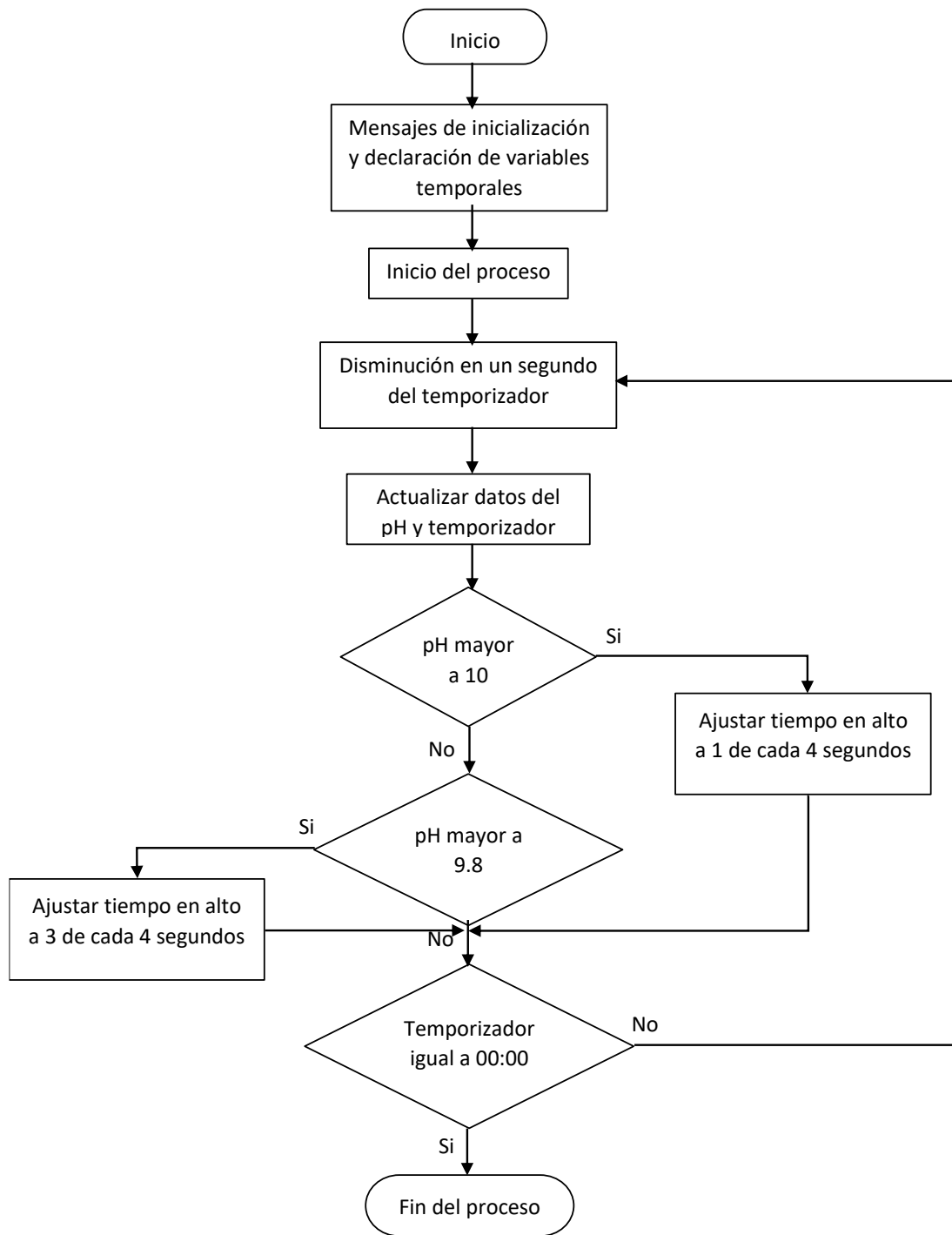


Ilustración 37 Diagrama de flujo del código con control ON/OFF en lazo cerrado.

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la ilustración 37 se usó un On/Off por lazo cerrado, el cual varía el “tiempo en alto” según el valor actual de pH y al hacer uso de una variable interna en el código se lleva el conteo de la cantidad de segundos en alto o bajo según corresponda. El microcontrolador al recibir la señal del sensor indicando que el pH está en un valor mayor o igual a 10, corta el paso de corriente lo que hace que empiece a descender el pH en el agua, mientras que si el sensor indica que el pH está en un valor menor o igual a 9.8 volvería a permitir el paso de la corriente haciéndolo aumentar, para así mantener el pH entre esos niveles.

Como se mostrará en el capítulo referente a las pruebas finales, específicamente en el numeral *pruebas finales*. el control funciona correctamente para limitar los picos de pH y evitar aumentos no deseados en este pues de forma natural si se le diese las variables correctas al proceso de electrolisis este no dejaría de aumentar el pH hasta convertir el medio de la electrolisis en uno puramente alcalino.

3. COMPONENTES MECÁNICOS

En este capítulo se hablará sobre el proceso de creación para las partes mecánicas de la máquina ionizadora las cuales son: 1) El soporte para el sensor el cual es necesario tanto para facilitar el uso del dispositivo, como para una correcta toma de datos por parte del sensor y 2) La carcasa principal donde se encuentra el circuito, las conexiones y las pantallas en las cuales se mostrará la información referente al proceso de desintoxicación iónica.

El capítulo se divide en tres secciones principales las cuales son: 1) selección de materiales para la creación de las partes, 2) proceso de creación y resultado final y 3) las pruebas mecánicas realizadas para encontrar las limitaciones de los componentes creados bajo algunas de las fuerzas que se consideraron como las más comunes.

3.1. SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LAS PARTES MECÁNICAS DE LA MÁQUINA.

Para la elección del material con el que se realizaría tanto el soporte del sensor como la carcasa del circuito se tuvo en cuenta algunos requisitos que debería tener el material con el que se creará, algunos de estos requisitos aplican en mayor medida para el soporte del sensor de pH que para la carcasa donde se encontrara la circuitería según la probabilidad que tienen de ser mojados, golpeados o caerlos cuales son:

- No presenta daños por agua o humedad.
- Resistente a caídas y/o golpes.
- Facilidad y velocidad de creación.
- Permisividad a la hora de dar forma al diseño.

Para la creación de las partes mecánicas se contemplaron dos formas las cuales fueron impresión 3D ya sea usando ABS o PLA como materiales de impresión o mediante corte laser siendo los materiales elegibles MDF y acrílico, con estas opciones y basándose en los criterios de selección antes mencionados pues por los daños por agua la resistencia a la caída y la permisividad no se cumpliría lo requerido con lo cual se seleccionó el método de impresión 3D un plus de seleccionar el método de impresión es que uno de los integrantes cuenta con una de estas facilitando el proceso de creación y acelerando el proceso de creación.

Dentro de las posibles selecciones de materiales para la impresión 3D se eligió el PLA pues aún si no es el plástico más recomendado para creaciones que necesiten soportar grandes esfuerzos como lo hace el ABS lo compensa con su facilidad de impresión por lo cual no es necesario hacer uso de equipos de impresión especiales y debido a que con el paso del tiempo no tiende a agrietarse adicionalmente se encontró un filamento de PLA el cual cuenta con un refuerzo de fibra de carbono lo cual compensa la baja resistencia del PLA común, dentro de sus limitantes en la gama de colores con la que se cuenta y su costo sin embargo el filamento esta hecho con las mismas especificaciones tanto físicas como de impresión como se muestra en la ilustración 38.



Ilustración 38 Carrete de PLA con carbono.

Fuente: MakeR.

A continuación, se muestra la tabla 11 con la información referente a las propiedades mecánicas del filamento de PLA común, dichas propiedades de este después de impreso, pero puede llegar a variar según la calidad de la impresora 3D y las características de impresión.

Propiedades mecánicas del PLA.	
Conductividad térmica	1,600E-01 Con (m · k)
Calor Especifico	1,500 J/ (G · ° C)
Coeficiente de dilatación térmica	85,700 $\mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$
Módulo de Young	2,240 GPa
Módulo de Poisson	0,37
Modulo Cortante	805,000 MPa
Densidad	1,060 g/cm ³
Límite de elasticidad	20,000 MPa
Límite máximo a la tracción	29,600 MPa

Tabla 11 propiedades mecánicas del PLA.

Fuente: Autor.

Siendo que las propiedades del PLA pueden llegar a variar, en el caso del PLA reforzado con fibra de carbono esta diferencia llega a ser aún mayor pues cada según vendedor varia la cantidad de fibra de carbono a usar en el proceso de creación. Estos datos fueron obtenidos del Software usado para la simulación (Inventor) usando la selección de materiales en el apartado de estudios por tracción, así como los datos encontrados en páginas web encargadas de realizar pruebas en los filamentos como lo es Airwolf 3D o MatterHackers y fueron condensados en la tabla 12.

Propiedades mecánicas del PLA reforzado con fibra de carbono	
Conductividad térmica	2,000E-01 Con (m · k)
Calor Especifico	1,733 J/ (G · ° C)
Coefficiente de dilatación térmica	90,930 µm/(m·°C)
Módulo de Young	2,780 GPa
Módulo de Poisson	0,4
Modulo Cortante	2300,000 MPa
Densidad	0,830 g/cm ³
Límite de elasticidad	54,400 MPa
Límite máximo a la tracción	54,100 MPa

Tabla 12 Propiedades mecánicas del P.L.A reforzado con fibra de carbono.

Fuente: Autor.

Para la creación del soporte para el sensor, se utilizó PLA con fibra de carbono debido a sus propiedades mecánicas ya que este es más resistente y puede resistir golpes pues este está a nivel del suelo. Para el caso de la carcasa se utilizó PLA común para la reducción de costos y ya que este se encuentra en un lugar elevado no necesita gran protección contra los golpes.

3.2. CREACIÓN DE LOS COMPONENTES.

En la página de la empresa DFRobot empresa la cual fabrica el sensor seleccionado sugiere un soporte para el sensor en impresión 3D (ilustración 32), el cual no se utilizó debido a que no tenía un punto de agarre firme del sensor, además no podía ser nivelado por el usuario que fuese a colocar el sensor en el agua. Por este motivo fue necesario realizar un diseño propio en el cual estuviese agarrado de manera firme el sensor al soporte, y que tuviera unas “patas” en la parte inferior que sostuvieran el peso del soporte cuando el sensor estuviera colocado en él, además de poder tener esa nivelación y la estabilidad suficiente para colocarlo donde fuera necesario así también dando la posibilidad de ingresar o retirar el sensor del centro del recipiente para adaptarse a ellos. Todo esto con el fin de darle al usuario una manera correcta y más fácil de usar todos los componentes necesarios para la realización del proceso de desintoxicación.

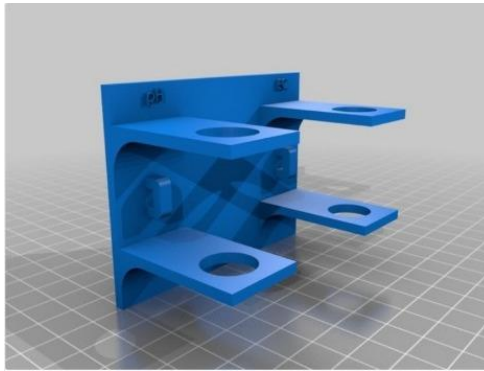


Ilustración 39. Soporte para el sensor de pH.

Fuente: DFRobot.

Basándose en el soporte de la empresa DFRobot ilustración 39, se realizaron los primeros diseños de CAD (Ilustración 40) para el sensor, esto con el fin de mejorar el realizado por la empresa, que tuviera un sistema de agarre similar, el cual contara con un sistema de nivelación vertical para que el sensor esté en la posición correcta a la hora de la desintoxicación y mejorara la estabilidad de este para evitar perturbaciones en la medición del pH. En la Ilustración 41 se observa el diseño del soporte en el programa de impresión 3D para realizar los ajustes pertinentes su posterior impresión.

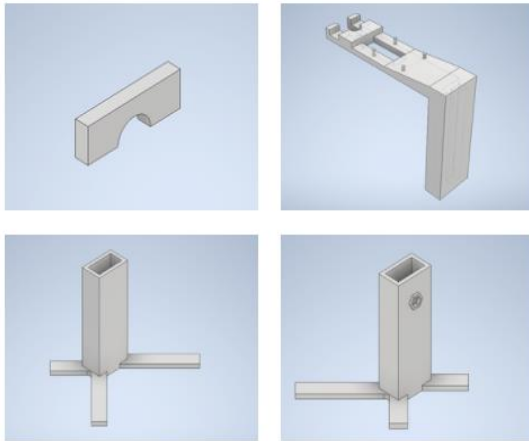


Ilustración 40. CAD del soporte 3D.

Fuente: Autor.

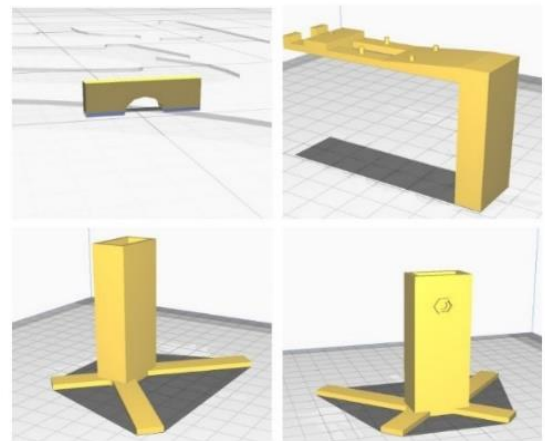


Ilustración 41. stl del soporte.

Fuente: Autor.

En primer lugar, se realizaron los planos en Inventor teniendo en cuenta las medidas del sensor y la manera en cómo se quería colocar, y así poder adaptar la estructura para que tenga un buen agarre del sensor y que este no se caiga durante el proceso, además de esto también se tuvo en cuenta la estabilidad de las piezas para que no se caigan por una mala posición de su centro de masa pues al contar con un método para variar la altura del sensor según el nivel del agua, su centro de masa variará lo cual facilitaría que el soporte pierda su estabilidad. Anexo 2. Planos de las impresiones 3D.

Los cambios realizados antes de tener el soporte final fueron principalmente en la longitud del brazo que funciona como soporte del sensor y la longitud de las bases para contrarrestar mejor los cambios en su centro de masa así como una pieza separable en el soporte del sensor la cual se encarga de sostener en su lugar pues en caso de hacer esta parte fija se necesitaría retirar por completo la sección donde se encuentra el líquido de con pH de referencia pues aunque en un principio esto no parece un problema el retirar repetidamente esta parte del sensor se puede dañar y generar fugas en el líquido de referencia. En la ilustración 42 se observa el soporte final una vez impreso con los cambios realizados y un sistema de extensión vertical y soporte por medio de la presión que ejerce un tornillo a las dos secciones principales del soporte para mantener la extensión vertical.



Ilustración 42. Soporte del sensor impreso en 3D.

Fuente: Autor.

Se utilizó el mismo método de creación para la carcasa, es decir, realizar el diseño en CAD de esta para luego ser enviada a impresión 3D. Para la realización de la carcasa se tomó en cuenta el tamaño total del circuito y de todos los componentes que estarían dentro de esta, además de cómo serían ubicados para reducir al máximo su tamaño y así tener un diseño lo más compacto posible. Se añadieron agujeros en los laterales para que obtener un flujo constante de aire que pase por el circuito y se adicionaron soportes entre los circuitos y la estructura para que este se mantuviese en una posición fija en caso de cualquier movimiento brusco o caída de la carcasa. En la ilustración 43 se observa la carcasa principal antes de posicionar el circuito y los demás componentes.

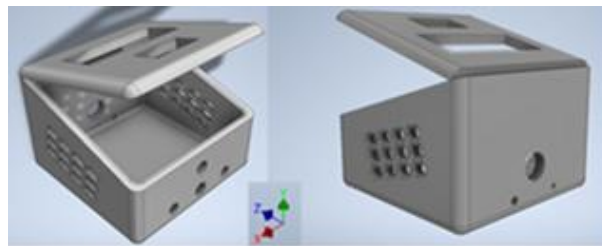


Ilustración 40) Diseño en Inventor de la carcasa.



Ilustración 40) Carcasa principal de la máquina.

Ilustración 43 Carcasa de la máquina.

Fuente: Autor.

Una vez realizado el diseño final se obtuvieron las propiedades físicas aproximadas sacadas de Inventor tanto del soporte para el sensor como para la carcasa principal pues bajo estas propiedades físicas se realizaron las simulaciones de resistencias mecánicas ante los esfuerzos que se consideraron más comunes, a continuación se observan las tablas 13 y 14 la información condensada haciendo uso de los planos direccionales vistos en las imágenes anteriores.

Propiedades físicas del soporte	
Masa	0,233575 kg
Área	90,748 mm ²
Volumen	220,354 cm ³
Centro de gravedad en el punto de mayor estabilidad	x=3,33788 mm y=77,3925 mm z=0,278457 mm
Centro de gravedad en el punto de menor estabilidad	x=3,33788 mm y=97,5844 mm z=0,278457 mm

Tabla 13 Propiedades físicas del soporte.

Fuente: Inventor.

Propiedades físicas de la carcasa	
Masa	0,658811 kg
Área	1745.2 m ²
Volumen	621.5 cm ³
Centro de gravedad	x=3,88144 mm
	y=51,2498 mm
	z=30,1432 mm

Tabla 14 Propiedades físicas de la carcasa.

Fuente: Inventor.

Se planteo el uso de un diseño unificado, el cual contaría en su parte delantera el sistema encargado de mostrar la información además de las conexiones de los componentes, el soporte para el sensor y la tina como un único componente, esto facilitando la configuración y el uso del dispositivo y así, favorecer la correcta disposición de los componentes para el tratamiento. En la ilustración 44 se puede observar este diseño unificado.

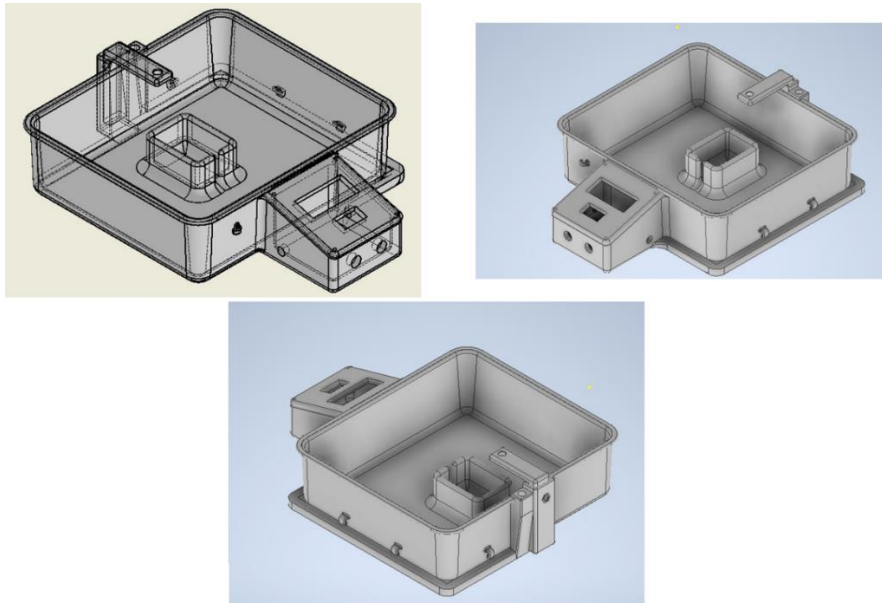


Ilustración 44 Diseño unificado.

Fuente: Autor.

Las partes que componen este diseño son el soporte para el sensor el cual queda junto al talón del paciente contando con una graduación vertical según el volumen de agua agregado, un canal para los cables de los circuitos fuente así como para la manilla antiestática, un soporte para el electrodo ubicado en la parte central de la tina con el cual ya no es necesaria una ubicación manual según lo planteado en el manual de uso, organizadores de cables tanto para el sensor como para el electrodo, esto para ayudar en la conexión con la circuitería y por último un nuevo diseño para la carcasa que recubre los circuitos, pues esta tendría una apertura por tornillos para un mejor aislamiento ya que al estar a nivel de suelo esta podría mojarse durante el tratamiento, también se cambió la ubicación de los conectores y botones para facilitar su uso. Para observar en más detalle las partes que lo componen se puede observar los planos de este en el Anexo 2.

3.3. ESTUDIO MECANICO POR TENSIÓN.

Una vez planteado el diseño básico y el soporte para el sensor fue necesario realizar un estudio mecánico previo a su impresión para confirmar la correcta selección de los materiales pues en caso de obtener fallas en los componentes al aplicar fuerzas mayores a las consideradas como normales u obtener un fallo en la estabilidad de estos sería necesario replantear tanto su diseño como su método de creación. Las propiedades tanto físicas como mecánicas usadas para la simulación de los componentes se encuentran condensadas desde la Tabla 11 propiedades mecánicas del PLA. hasta la Tabla 14 Propiedades físicas de la carcasa. Estos datos fueron obtenidos del software con el cual se realizaron las distintas pruebas de análisis de tensión sobre las estructuras, las pruebas fueron realizadas suponiendo una restricción fija en sus bases por lo cual debe darse dicha restricción para observar los resultados en la realidad.

En primer lugar, se realizaron dos análisis al soporte para el sensor, uno con una fuerza puntual en la zona encargada de dar soporte al sensor suponiendo un uso excesivo de la fuerza al momento de colocar el sensor y una fuerza distribuida en un lateral del soporte simulando un golpe abrupto en esta área, siendo esta misma fuerza aplicada a la carcasa. Las fuerzas se llevaron hasta el límite de elasticidad del material con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

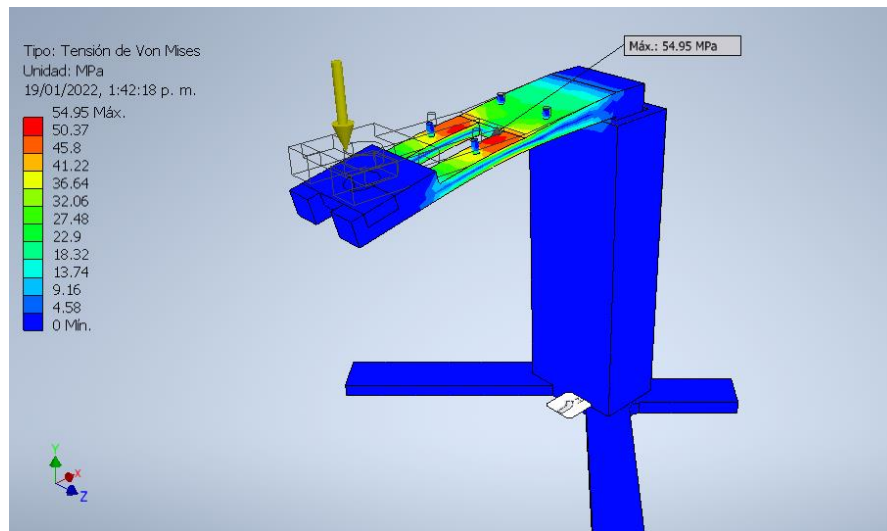


Ilustración 45 Análisis de tensión en eje vertical ante una fuerza de 4.58 Kgf.

Fuente: Autor.

Cómo se observa en la ilustración 45 al aplicar una fuerza puntual de 45 newtons o 4.58 kilogramos fuerza en el eje vertical la fuerza se situó en el extremo donde se encontraría el sensor de pH pues es el punto con mayor momento y al encontrarse lo más alejado del centro de masa genera una fuerza de palanca la cual “facilita” la ruptura del componente al usar esta fuerza de 4.58 kilogramos fuerza se está ligeramente por debajo del límite elástico del material con lo cual el cambio a PLA con refuerzo de fibra de carbono fue la mejor opción, ya que al usar PLA normal la fuerza máxima aplicable en esta zona sería menor a 2 kilogramos fuerza estos límites pueden aumentar o disminuir dependiendo de la calidad del filamento y según la impresora 3D usada en el proceso de extrusión del plástico por lo cual es recomendado no esas fuerzas mayores a 4 kilogramos fuerza en esta área. Una vez impreso el soporte se realizaron unas pruebas de estabilidad con lo cual se encontró que compresiones mayores un kilogramo en la zona que soporta al sensor es suficiente para que el soporte se deforme ante el peso y caiga hacia el frente por lo cual en caso de no usar restricciones en la base del soporte en primer lugar caería antes de llegar a soportar una presión que ponga en riesgo a la estructura.

En la ilustración 46 se muestra que una fuerza horizontal distribuida de 0.6 MPa referentes a $6.12 \frac{Kgf}{cm^2}$ distribuida en un área mayor a $70 cm^2$ genera la suficiente tensión en el soporte para superar su límite elástico punto en el cual ocurre una ruptura debido a la presión ejercida en esta cara del soporte. Logra soportar esto pues las dos partes que componen al soporte cuentan con refuerzos internos en esta área, estos refuerzos se usaron para facilitar la impresión pues al ser una zona tan recta el filamento podría deformarse durante la impresión y también como un método de refuerzo ante golpes y/o caídas.

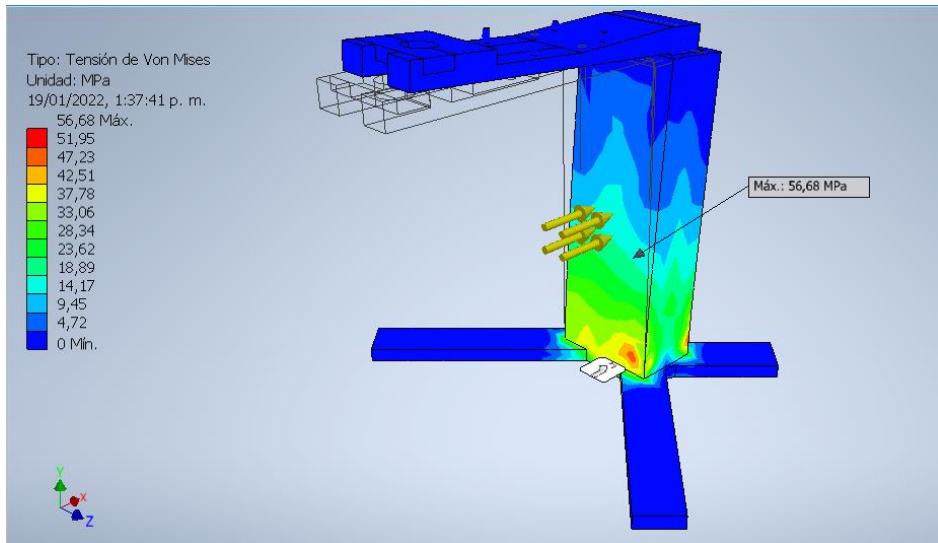


Ilustración 46 Análisis de tensión en eje horizontal ante una fuerza de $6.12 \frac{Kgf}{cm^2}$.

Fuente: Autor.

Como se observó con las simulaciones anteriores el usar PLA con refuerzo de fibra de carbono brinda una resistencia dos veces mayor que usando PLA normal y aunque esto no sea completamente necesario para los esfuerzos a los que comúnmente se verá sometido, en caso de una falla, caída o problema durante el proceso de desintoxicación pues el soporte al encontrarse al nivel del suelo y estará separado del recipiente donde el paciente tendrá ubicados los pies.

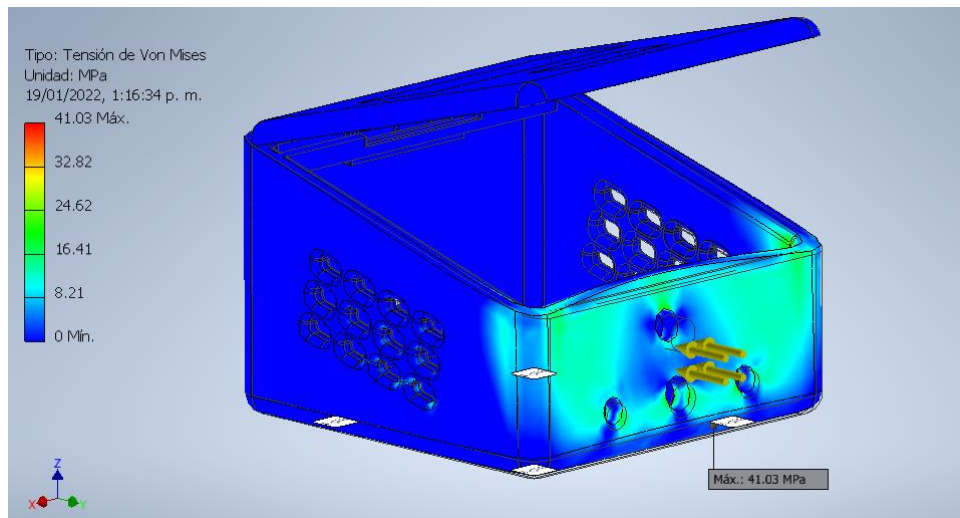


Ilustración 47 Análisis de tensión en la carcasa ante una fuerza de $6.12 \frac{Kgf}{cm^2}$.

Fuente: Autor.

La ilustración 47 se muestra los resultados de someter lateral de la carcasa con menor superficie ante una presión de 0.6 MPa como resultado no se genera de una ruptura aun cuando se muestra una tensión máxima de 40 MPa suficientes para dañar en su totalidad el componente, el lugar dónde se encuentran todas las tensiones mayores a 20 MPa se encuentran en las cuatro bases de la carcasa pues al contar con un área reducida, una geometría con puntas redondeadas y siendo la zona donde se ubicó la restricción de movimiento las tensiones aumentaron en este punto en caso contrario la presión descrita para el lateral de la carcasa durante el análisis estructural no sería suficiente para dañar la estructura.

La máquina usada para la impresión 3D fue la Ender 3 (ilustración 48), la cual cuenta con una amplia gama de posibles calibraciones según el material a imprimir pero en el caso de usar ABS requiere de cuidados específicos así como un espesor de filamento menor fue por esto que se buscaron alternativas dentro de las posibilidades del PLA para crear los componentes de la desintoxicadora y dado que el PLA con fibra de carbono cuenta con propiedades de impresión más cercanas a las del PLA que al ABS fue posible su impresión.



Ilustración 48 Impresora 3D Ender 3.

Fuente: <https://dynamoelectronics.com/tienda/impresora-3d-ender-3-creality/>.

4. MÁQUINAS DESINTOXICADORAS COMERCIALES

Durante el proceso de investigación para la creación de una desintoxicadora y con la ayuda de una clínica de medicina alternativa fue posible revisar y comparar algunos tipos de máquinas comunes, las cuales tienen los menores precios en el mercado por lo cual se puede llegar a hacer uso de la información recolectada para la mejora en el diseño. La razón por la cual se seleccionaron únicamente estas como la competencia directa de la diseñada a lo largo del documento es debido a la poca literatura que se encuentra con respecto a la desintoxicadoras iónicas y su funcionamiento, pues incluso al momento de observar los circuitos con los que cuentan estas fue necesario realizar la apertura de las mismas ya que en internet no es posible encontrar planos detallados de sus conexiones y componentes para con esto tener una idea de las mejoras que se pueden llegar a implementar.

Dos de los dispositivos usadas para el estudio pertenecen a la clínica mencionada mientras que los dos sobrantes fueron llevadas al centro de reparaciones “Electromedical J.Y. S.A.S.” en el cual se observaron los problemas descritos en el capítulo. Por último, se utilizó la información recolectada y se compara con el producto final creado, para evidenciar la solución de los problemas y las mejoras respecto a sus competidores.

4.1. Desintoxicador spa limpiador iónico dual baño de pies iónica.

La información dispuesta por la empresa encargada de la venta y distribución de la máquina la cual es Foot Spa la vende con la siguiente información:

En esta el agua se disuelve en una gran cantidad de iones de energía a través del dispositivo de limpieza de iones (positivo y negativo), hace que el vigor interno de la célula se fortalezca, promueve varias enzimas en vivo. La desintoxicación mejora la función de circulación del órgano del cuerpo humano y acelera el metabolismo, hace que el cuerpo humano mejore gradualmente. A través del color que demuestra, puedes entender más sobre tu propia salud. Los iones son moléculas que en la mayoría de los casos tienen una carga positiva o negativa. Cuando se enciende el electrodo, se crean iones en el agua. Cuando la unidad se establece en positivo, la corriente se dirige al polo positivo, que produce más iones negativos en el agua, lo que induce una polaridad positiva que genera un flujo de iones negativos elevando el pH sanguíneo de ácido a alcalino en estudios científicos.

Esta máquina maneja dos sistemas independientes en una unidad principal y un sistema de MP3 para que se pueda escuchar música durante el procedimiento (Ilustración 49).



Ilustración 49 Desintoxicadora iónica marca Foot Spa.

Fuente: Foot Spa.

Los problemas encontrados en esta máquina son fallas en las conexiones de las placas, con el tiempo los botones dejan de funcionar debido a sus conexiones frágiles, esto genera problemas a la hora de configurar el equipo para el tratamiento y en algunos casos cortos en el circuito que hacen necesario volver a cablear los caminos en una sección del circuito. Cuenta con sistemas extra que incrementan mucho el tamaño de esta, además de su precio, un ejemplo de esto es el sistema de reproducción de música por sistema MP3 la cual además viene pregrabado por lo cual siempre será la misma reproducción y al contar con dos sistemas de conexión de audio análogo TRS (Audífonos) se puede colocar música a las dos personas que realicen el proceso, esto es un adicional que no es del todo necesario ya que se puede ambientar el lugar donde se está haciendo la desintoxicación para no incrementar el precio del dispositivo. Se puede ahorrar espacio interno con una mejor ubicación de los componentes, transformador y el rectificador de onda y dado que todos estos componentes pueden ser cambiados por una fuente que cuente con todo esto significa un desuso de espacio y peso. La desintoxicadora comercialmente puede ser vendida en un kit básico el cual cuesta \$850.000 o el kit avanzado el cual cuenta con empaques para guardado y transporte, así como repuestos para el electrodo el cual cuenta aproximadamente \$1.200.00 según el distribuidor. A continuación, se muestra el interior de la carcasa donde se pueden detallar los problemas anteriormente mencionados Ilustración 50.



Ilustración 50 Vista interior de la desintoxicadora.

Fuente: Autor.

Dentro de los puntos positivos con los que cuenta esta, se encuentra el buen flujo de aire, pues al contar con el conversor de voltaje la generación de calor es mayor, por lo cual un buen flujo de aire puede ayudar a evitar problemas. También cuenta con una carcasa gruesa con lo cual ayuda a evitar rupturas y la zona del circuito cuenta con refuerzos y soportes para que en caso de una caída esta zona evite romperse o deformarse.

4.2. DESINTOXICADOR IÓNICO DIGITAL: EQUITEC SPA.

El desintoxicador ionic Equitec spa es vendido bajo la premisa de que cumple con todos parámetros técnicos de biocompatibilidad dando como resultado eficiencia en los tratamientos y seguridad en su uso. También incluye un práctico instructivo que le ayude al usuario a tener una ayuda confiable en los procesos que realice con el equipo. Cuenta con una guía ilustrada de colores del agua los cuales representan la condición de salud del paciente, por lo tanto, se podrá hacer un diagnóstico certero.

Algunas de sus características son:

- Equipo con tecnología intuitiva.
- versión en 1 o 2 array para tratamientos simultáneos.
- Registro sanitario.
- 9 protocolos predeterminados.
- Equipo digital LCD.



Ilustración 51 Desintoxicador iónico EQUITEC SPA.

Fuente: Equitec Spa.

Los problemas encontrados en esta máquina son fallas en las conexiones, más que todo en la soldadura pues como se observa en la ilustración 52 una gran cantidad de conexiones se realizan en un circuito impreso, en su lugar se hace uso de cables grises para alimentar los distintos puntos del circuito, esto genera problemas a la hora de realizar los procesos, ya que puede hacer que ocurran con mayor regularidad los fallos debido a las conexiones del microcontrolador con el resto del circuito por ende no se realizaría de manera correcta el procedimiento. Otra falla encontrada fue el mal uso del espacio, pues en el interior de su armazón contiene un Arduino, el transformador y el rectificador de onda como se observa en la ilustración 52, se pierde mucho espacio en la carcasa, esto incrementa el tamaño de

la máquina e incrementa su precio. Esta desintoxicadora tiene un costo aproximado de \$619.900 - \$769.900.

En el momento de obtener la imagen el dispositivo se encontraba en una revisión técnica pues debido a sus conexiones precarias algunos cables se desoldaron, esta revisión se realizó pocos meses después de su compra lo cual ejemplifica las desventajas anteriormente mencionadas.



Ilustración 52 Interior de la desintoxicadora EQUITEC SPA.

Fuente: Autor.

4.3. COMFORT FOOT SPA FOOT.

La información dispuesta por la empresa encargada de la venta y distribución de la máquina la cual es Foot Spa la vende con la siguiente información:

Durante el curso de su sesión de spa de pies con desintoxicación iónica, el agua de la unidad probablemente cambiará de color y los trozos de materia extraña pueden aparecer como sedimentos (las toxinas se liberan con el baño de pies). Esto es de esperar entre las toxinas liberadas del cuerpo de un usuario y las partículas en el agua, la sal añadida al agua, los metales en el ionizador y la acidez o alcalinidad del usuario. Tenga en cuenta que el color producido por las reacciones mencionadas anteriormente dependerá, hasta cierto punto, de los alimentos y el estilo de vida del usuario, las impurezas químicas del agua en su área geográfica de condición de salud existente. La estructura externa se puede observar en la ilustración 53.



Ilustración 53 Desintoxicadora iónica digital marca Foot Spa.

Fuente: Foot Spa.

Algunas de las características son:

- La unidad de doble usuario operará dos baños iónicos al mismo tiempo o simplemente la usará usted mismo.
- A través de una serie de sesiones de spa de pies con desintoxicación de iones, experimentará muchos beneficios para la salud.
- Con pantalla LCD, fácil de controlar.
- Reproductor de música MP3 para que te relajes y disfrutes del spa de pies.
- La matriz se puede usar para 50-60 sesiones.
- Viene con un manual.

Los problemas encontrados en esta máquina al igual que en la primera cuenta con sistemas extra que incrementan mucho el tamaño de esta además de su precio como lo es el sistema de MP3 en el que se puede colocar música a las dos personas, esto es un adicional que como se dijo anteriormente no es del todo necesario ya que se puede ambientar el lugar donde se está haciendo la desintoxicación y de una manera más económica sin incrementar el precio de esta. A diferencia de la primera máquina esta cuenta con una LCD para los datos que se quieren mostrar lo que la hace un poco más sofisticada, sin embargo, a nivel de circuito únicamente se hizo el cambio referente al uso de LCD en lugar de usar displays 7 segmentos aun así esto es suficiente para incrementar aún más su precio. Esta desintoxicadora iónica tiene un costo aproximado de \$1'099.900 si cuenta con los componentes vistos en la ilustración 53 en caso de hacer uso de más componentes el precio aumenta.

4.4. MÁQUINA DE DESINTOXICACIÓN IÓNICA DEL BAÑO DEL PIE: VEICOMTECH.

Descripción de la empresa: Somos fabricantes concentrados en el spa desintoxicante para pies, este baño de pies desintoxicante iónico adopta una reacción puramente al agua sin ningún efecto secundario y sin sustancias tóxicas, te da una purificación total del cuerpo, recuperación libre de salud y vitalidad.

Cuenta con unas características como:

- Portátil y compacta.
- Amplia aplicación: Este baño iónico para pies es adecuado para la familia, el salón, el club de belleza y el club de spa para trabajar como spa de pies.
- Múltiples beneficios: Este baño de desintoxicación iónica para pies puede mejorar tu sistema inmunológico, equilibrar el azúcar en la sangre y la presión, entre otros.

Sus métodos normales de venta son el kit básico el cual cuenta únicamente con la máquina y un electrodo con precios que oscilan entre los \$300.000 y los \$500.000, la tina normalmente no se encuentra incluida en estos precios pues esta debe ser especial para que se adapten los componentes, adicionalmente es necesario pagar cargos por compra internacional y aduana en caso de ser necesario. En la Ilustración 54 se muestra su armazón principal



Ilustración 54 Desintoxicadora iónica Foot spa: GENERIC.

Fuente: Foot SPA.

Los problemas encontrados en esta máquina son que el dispositivo electrónico que realiza el proceso de ionización se encuentra en una posición muy cercana al recipiente donde el paciente ingresa los pies, esto puede llevar a que dicho dispositivo pueda caer dentro del recipiente y afectar tanto los circuitos como al paciente, pues en su parte superior se encuentran unos leds a través de los cuales puede ingresar agua al circuito. Requiere de un recipiente especial el cual tiene soportes para posicionar la estructura y relieves en el interior para posicionar el electrodo esto se puede observar en la Ilustración 55, ya que el dispositivo va anclado a ese recipiente, esto lleva a que el usuario deba adquirir dicho recipiente con la máquina, lo que genera un gasto mayor al necesario. El dispositivo no cuenta con un indicador de tiempo para saber cuánto tiempo le queda al proceso, en su lugar cuenta con seis leds los cuales prenden a lo largo del proceso.



Ilustración 55 Tina especial para la desintoxicadora.

Fuente: Amazon.

4.5. COMPARACIÓN ENTRE LAS MÁQUINAS DESINTOXICADORAS.

Como se observó en las máquinas anteriormente mencionadas sus pesos, tamaños, precios y circuitos son los principales problemas encontrados, cada uno de estos inconvenientes fueron solucionados en mayor o menor medida durante la creación y diseño finales de la desintoxicadora iónica.

En la ilustración 56 se puede observar el diseño exterior de la carcasa y los componentes con los que cuenta el usuario para su interacción directa, el precio de la máquina se redujo considerablemente pues ya no se encuentra sobre dimensionada y el transformador de corriente se encuentra en el cable de poder, pues las desintoxicadoras comerciales hacen uso de transformadores con embobinado los cuales son un problema si se quiere transportarla, con esto se disminuye considerablemente el peso del armazón haciéndolo más fácil de transportar.



Ilustración 56 Máquina ionizadora.

Fuente: Autor.

A su vez durante la creación de los impresos de los circuitos se tuvo en cuenta los espacios entre los caminos para evitar continuidades y disminuyendo al máximo posible el espacio usado por los componentes para cumplir con la mejoría en la disposición del espacio dentro de la carcasa. Gracias a la reducción de tamaño de los circuitos se logró hacer una carcasa de 15cmx15cmx12cm como se observa en la ilustración 48 siendo más práctico para usar y trasladar la máquina.

Para realizar una comparación total entre las desintoxicadoras comerciales y la creada a lo largo de este documento se realizó La tabla 15 donde se muestran los gastos debidos de la creación de la máquina ionizadora, con este presupuesto se realizó la comparación con los precios del mercado, en la cual se ve que aún con el uso del sensor de pH siendo este el componente más caro los precios por la creación de un equipo de este tipo no son comparables a sus precios de venta.

Componentes comprados	Precios (COP)
Fuente 5V 0,6 A	15.000
Fuente 12V 4,6A	40.000
Convertor XI4005	19.000
Resistencias	200
Potenciómetro	1.000
Microcontrolador	18.000
Voltímetro/Amperímetro	19.000
Botones	2.000
Jumpers	4.500
Relé	1.000
Transistor	2.000
Tornillos	3.000
Disipadores de calor	500
LCD 20x4	28.000
Impresión del circuito	28.000
Sensor de pH análogo	154.700
Electrodo	33.500
Manilla antiestática	9.000
Presupuesto de impresión PLA	50.000
Total	428.400

Tabla 15 Precio final de la desintoxicadora.

Fuente: Autor.

Esta tabla es teniendo en cuenta los precios de los componentes comprados al detal para la realización de un sol dispositivo, estos precios puedes disminuir si se compran al por mayor, por ende, el precio disminuiría. Teniendo en cuenta que las desintoxicadoras vendidas comercialmente cuentan con lazos abiertos y sin la implementación de sensores para indicar las condiciones del agua usada en el proceso, aun siendo estos unos de los componentes de mayor precio.

Desintoxicadoras	Precios (COP)	Tamaño (L X A X H)
Comfort Foot Spa Foot	\$1.259.900	42cm x 28cm x 15cm
Generic	\$400.000 + envío	10.92cm diámetro x 6.1cm
Equitec Spa	\$619.900 - \$769.900	35cm x 25cm x 12cm
Veicomtech	\$714.900	42cm x 28cm x 15cm
Diseño propio	\$428.400	15cm x 15cm x 12cm

Tabla 16 Comparación de precios y tamaño entre las máquinas ionizadoras.

Fuente: Autor.

En la tabla 16 se observa la comparación de precio y tamaño de las máquinas comerciales tratados en este numeral con los datos del diseño de realización propia.

5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS.

En este capítulo se hablará del proceso, desde las pruebas iniciales hasta las finales, relacionadas con la fuente y el consumo de potencia por parte del electrodo, así como el uso de las distintas sales mencionadas a lo largo del documento y realizando la totalidad del proceso de desintoxicación iónica. También se hicieron algunas tablas y gráficos los cuales son importantes al momento de hacer uso de la máquina pues con estas se logra un mejor entendimiento de las variables relacionadas su uso y como afectan a la misma.

5.1. VARIABLES Y SU EFECTO EN EL RESULTADO.

La medición de pH se ve afectada por muchas variables durante el proceso de ionización, entre estas existen algunas que pueden ser controladas por medio de procesos, controles y recomendaciones en el uso, sin embargo, al tratarse de una máquina que se usará en repetidas ocasiones un mismo día puede resultar muy complejo y engorroso hacer todas las comprobaciones antes de cada tratamiento. También hay variables que resulta muy difícil controlarlas durante la realización del mismo tratamiento, un ejemplo de esto son los movimientos voluntarios e involuntarios de la persona a la cual se le está realizando el tratamiento, ya que esto afecta de manera directa el movimiento del agua, por ende, las corrientes de esta, afectando así, la conductividad y el pH del agua.

En el caso del circuito y sus componentes, al cambiar el posicionamiento del sensor puede resultar en una variación en las mediciones, además si no se controla de manera adecuada la entrada en el mismo puede generar daños en los componentes e incluso afectar la salud de la persona.

La oxidación del electrodo es una variable que no se puede controlar, debido a que con el tiempo de uso que se le dé a este, se oxidará y a medida que se use no tendrá el mismo efecto en el agua, lo cual afectaría el pH de esta, según el fabricante al superar los 400 usos se debe cambiar de electrodo. Además, el posicionamiento del electrodo es importante a la hora de realizar el procedimiento, ya que esto puede afectar la medición y el cambio de pH en el agua. Para esto y más recomendaciones tener él cuenta el Anexo 3. Manual de Usuario.

Otra variable sería la cantidad de sal que se debe usar en el tratamiento, debido a que varía dependiendo del tipo que se utilice. No se puede establecer una medida de “dos cucharadas de sal”, porque no todas las cucharas tienen el mismo tamaño ni la misma forma. Además de esto, cada tipo cuenta con una densidad diferente por lo que usar un gramaje “X” de sal normal, puede significar un gramaje totalmente diferente en otro tipo de sal. Tabla 18 Equivalente en gramos para un medidor según la sal.

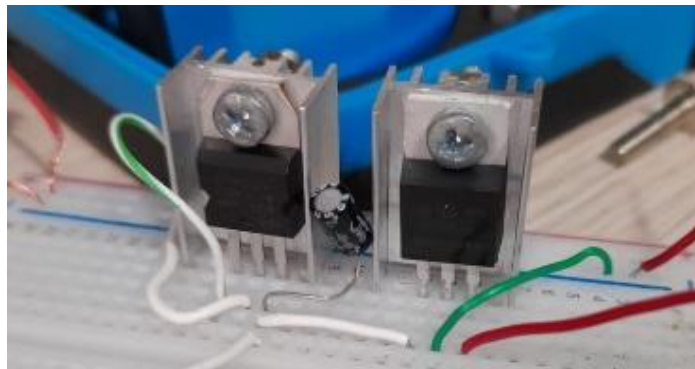
Se tomó la decisión de hacer un controlador On/Off por medio de un transistor y relé pues debido a todas las variables anteriormente descritas y sumado a esto el ambiente hostil con el que se realizarían las pruebas pues como se ha mencionada en el documento la máquina tiene como objetivo ser de utilidad y debe poder ser usada por clínicas especializadas en medicina alternativa. dichos lugares necesitarían contar con grameras y probetas en todo momento, así como contar con el tiempo necesario para realizar al pie de la letra cada uno de los procesos que se realizarían en un ambiente controlado para cada una de las pruebas,

pues este proceso haría que fácilmente entre un proceso y otro fuera necesaria una limpieza adecuada del espacio y toma de medidas que limitarían el flujo de pacientes.

5.2. PRUEBAS INICIALES CON EL CIRCUITO DE POTENCIA.

Al momento de realizar el circuito principal de la máquina ionizadora se contaba con una información muy limitada sobre el uso correcto del electrodo en este tipo de dispositivos ya que las empresas encargadas de su venta y distribución no dan información específica sobre el proceso de electrolisis realizado por el equipo y las formas de mejorar su efectividad. Teniendo en cuenta máquinas comerciales se encontró que el electrodo cuenta con una alimentación de $5 V_{DC}$ por medio de una conexión tipo “Jack de 6.3mm” y un rango de funcionamiento entre 1 y 2 Amperes, esto llevo a la premisa errónea de que aun usando una carga mínima de potencia se conseguiría los resultados de la ionización esperados, siendo que en realidad es necesario aumentar dicha carga haciendo uso de las sales para obtener un aumento en su amperaje, ya que sin salinizar el agua no se realizarían correctamente los procesos químicos necesarios y por lo tanto el pH no aumentaría durante el proceso de electrolisis.

En primera instancia se planteó el uso de una fuente con una entrega de potencia mayor a las especificadas en su rango de funcionamiento debido a que se esperaban picos en el consumo del circuito en los puntos de activación y cambio en el consumo de potencia. se seleccionó la fuente de $12V_{DC}$ y 4.6 A y por medio de reguladores de la familia LM78** se controla el voltaje de entrada a los electrodos para que los reguladores soportaran el amperaje del circuito fue necesario realizar configuraciones de serie y paralelo ilustración 57, sin embargo, se encontraron dos problemas al realizar esto, el primero fue el aumento del espacio necesario del circuito y el segundo fue que aun realizando dichas configuraciones era necesario hacer uso de disipadores de calor o de lo contrario se ponía en riesgo la integridad de los componentes.



*Ilustración 57 Conexión en serie de reguladores de voltaje LM78**.*

Fuente: Autor.

Se dejó de lado el uso de los reguladores de la familia LM78** debido a las razones anteriormente mencionadas y adicionalmente cuando se realizara el impreso del circuito si los reguladores presentaran problemas por las altas potencias sería necesario sacar los impresos de la carcasa y desoldar los reguladores. Al realizar la selección de componentes se tomó la decisión de implementar el regulador XL4005 debido a sus características mostradas en la Tabla 5 Opciones de selección para el regulador de voltaje.

5.3. MANEJO DEL ELECTRODO.

Se determinó el manejo que se debe tener a la hora de la realización de la ionización después de realizar 5 pruebas por cada posición en las que se observó como dependiendo de la posición y ubicación del electrodo puede afectar a la hora de tomar una medida del pH en el agua. En las primeras pruebas realizadas se ubicó el electrodo en posición vertical en el centro del recipiente con agua, con esto se observó que el electrodo no es cubierto en su totalidad por el agua, siendo necesario un aumento en los litros de agua usados para sumergirlo completamente, ya que puede afectar a la hora de ionizar pues no toda el área del electrodo está en contacto con el agua generando una pérdida de conducción y acumulándose toda la variación en el pH cerca de este, haciendo esto que no se distribuya de manera uniforme por toda el agua pues al sobresalir el electrodo del agua las corrientes generadas por las burbujas se veían afectadas.

Para las pruebas siguientes, se colocó el electrodo en posición vertical y cercano al sensor, en esta prueba se observaron los mismos problemas que en las primeras a la hora de ionizar el agua, además se observaban grandes zonas de acumulación de pH pues al encontrarse cerca del sensor el pH aumenta rápidamente mientras que si se realizan mediciones cerca de los pies las variaciones observadas en el pH son mínimas respecto a la medición inicial.

Para las pruebas finales, se colocó el electrodo en posición horizontal en el centro del recipiente. En estas pruebas se observó que cuando las burbujas suben y romper en la superficie del agua se creará una pequeña corriente de agua la cual ayuda a igualar el pH en la misma, además las variaciones encontradas al medir desde distintos puntos disminuyen considerablemente. Dichos posicionamientos del electrodo se pueden observar en la Ilustración 58.



Ilustración 58a) Electrodo centrado y vertical.



Ilustración 58b) Electrodo bajo el sensor y vertical.



Ilustración 58c) Electrodo centrado y horizontal.

Ilustración 58 Posicionamiento del electrodo.

Fuente: Autor.

5.4. SOPORTE DEL SENSOR.

Debido a que el sensor toma valores de pH en el recipiente donde se realiza la ionización, se debe mantener en una posición fija y estable para que no haya cambios bruscos a la hora de tomar la medición durante el proceso. Al realizar las pruebas se notó que, al ingresar el sensor al agua, dependiendo de su inclinación y el lugar donde se ubica, genera variaciones en la medición del pH medido por el sensor, ocasionando así problemas a la hora de mostrar los datos. Adicionalmente, si la persona a la cual se le realiza el tratamiento se mueve y el sensor no está asegurado puede caer dentro del recipiente generando posibles filtraciones o inclusive el daño del sensor.

Tomando en cuenta lo anterior se creó el soporte que cuenta con una graduación en la altura (eje Y) pues debido al volumen del agua y como este se disponga en el recipiente la altura final a la que quedara el agua variara, se tuvo en cuenta la necesidad de una base amplia para la estabilidad del soporte ante una fuerza lateral y por último con un método de soporte que evitará el movimiento del sensor en los 3 planos (X, Y, Z) (Ilustración 59) con esto evitando los errores de medición debidos al posicionamiento y ángulo del sensor respecto al agua.



Ilustración 59 soporte en 3 ejes para el sensor.

Fuente: Autor.

5.5. SELECCIÓN DE LAS SALES.

Se investigaron las sales comerciales vistas en el numeral 1.4.1.5 Sales., a las cuales se les realizó una investigación en sus tablas nutricionales para conocer si sus componentes influían de manera directa en el proceso de ionización con esto se determinó que no había una gran variación en los resultados a la hora de realizar el proceso pues exceptuando la sal sodio que contiene potasio, las otras tres sales tienen un comportamiento muy similar a lo largo del proceso siempre y cuando se tenga en cuenta las variaciones de gramos usados para cada tipo de sal según la Ilustración 61 Volumen de agua Vs. gramos de sal.

5.5.1. AGUA

Dentro de las primeras pruebas realizadas se observó que algunos cambios en el agua a usar generan diferencias en el proceso de ionización mientras que otras realmente no lo afectan. Dentro de los cambios que no afectan los resultados encontramos la variación en la temperatura del agua siempre y cuando esta no supere los 40°C pues no ocurrió una evaporación en los metales y bacterias naturales del agua, así como tampoco se ve afectada por el filtrado de partículas.

Sin embargo, si se hace uso de químicos o agua previamente hervida los cambios se hacen notorios e incluso según el caso hace imposible realizar correctamente la electrolisis al agua. A continuación, se observa la gráfica (Ilustración 60) de tiempo vs pH para agua potable y agua a la cual se le realizó un proceso de filtrado previo usando una máquina que cuanta con fibras a través de las cuales pasa el agua para realizar un filtrado de partículas pequeñas e impurezas.

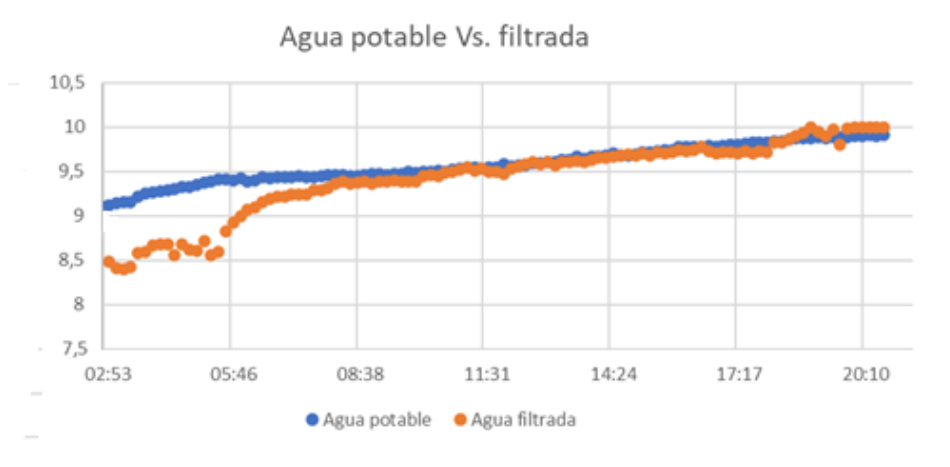


Ilustración 60 Comparación de resultados entre agua potable y agua filtrada.

Fuente: Autor.

Se observa únicamente una variación en la respuesta inicial de la gráfica después de realizar el promedio de 5 mediciones para cada tipo de agua manteniendo las demás variables igual, evitando en la medida de lo posible alteraciones debido a razones externas al cambio de agua.

Las pruebas con el agua a temperaturas elevadas no fue posible realizar para la toma de datos debido a un posible daño en el sensor pues no fue fabricado para soportar grandes temperaturas, así como la incomodidad debido a ingresar los pies en agua con temperaturas elevadas.

5.5.2. Cantidad de sal y el amperaje en el agua.

Para la normalización con respecto a la cantidad de sal necesaria para obtener un mismo resultado durante la ionización se optó por tomar el amperaje de 0.1 A como una medición indirecta de la conductividad del agua por lo cual se realizaron 5 pruebas con cada una de las cantidades de agua, variando la cantidad de cada una de las cuatro sales y buscando obtener el resultado deseado, estos resultados están dispuestos en la tabla 17.

Volumen de agua	Sal de mesa	Sal de mar	Sal del Himalaya	Sal sin sodio
2 litros	3.5 [g]	3.5 [g]	3.5 [g]	3.7 [g]
3 litros	4 [g]	4 [g]	4 [g]	4.6 [g]
4 litros	5.2 [g]	5.2 [g]	5.2 [g]	5.7 [g]

Tabla 17 volumen de agua Vs. gramos de sal para un amperaje de 0.1A.

Fuente: Autor.

Con respecto a los resultados anteriores se planteó, para una duración del proceso de desintoxicación de 30 minutos de los cuales los 20 minutos iniciales sería el “tiempo se subida” durante el cual el pH en el agua variaría de su nivel de pH inicial hasta llegar a un pH de 10 unidades, esto teniendo en cuenta que el pH adecuado para realizar estos procesos no debe superar los 11.0 ya que un pH muy alcalino en el agua durante periodos prolongados puede generar problemas de salud en la piel. Además, dado que el aumento de pH por electrolisis es un proceso lento y si se quisiera mejorar la respuesta de este sería necesario un uso de potencias mayores esto significaría que sería necesaria una mejora tanto en los componentes del circuito, el electrodo, las fuentes de alimentación y en la seguridad del sistema pues esta cantidad de potencia, en caso de un fallo podría poner en riesgo la salud de quien lo use. Esto se explica con más detalle en el 2.4 Diseño del controlador.

Con prueba y error se logró encontrar una cantidad de sal en el agua la cual asegurara los niveles de pH, la velocidad de respuesta requerida (aproximadamente 20 minutos para llegar a 10 de pH) y una variación correcta de amperaje de 1.6 a 1.8 sin tomar en cuenta los picos de Amperaje ocasionales. Las pruebas se realizaron para 2,3 y 4 Litros de agua asegurando que en cada caso el electrodo quedase completamente cubierto por la misma, para estos volúmenes se obtuvieron los datos mostrados en la Ilustración 61 mientras que los datos intermedios y de los extremos se obtuvieron haciendo uso de las ecuaciones de la recta, y posteriormente fueron comprobados realizando pruebas variando los volúmenes y los gramos de sal según los datos obtenidos de dicha grafica.

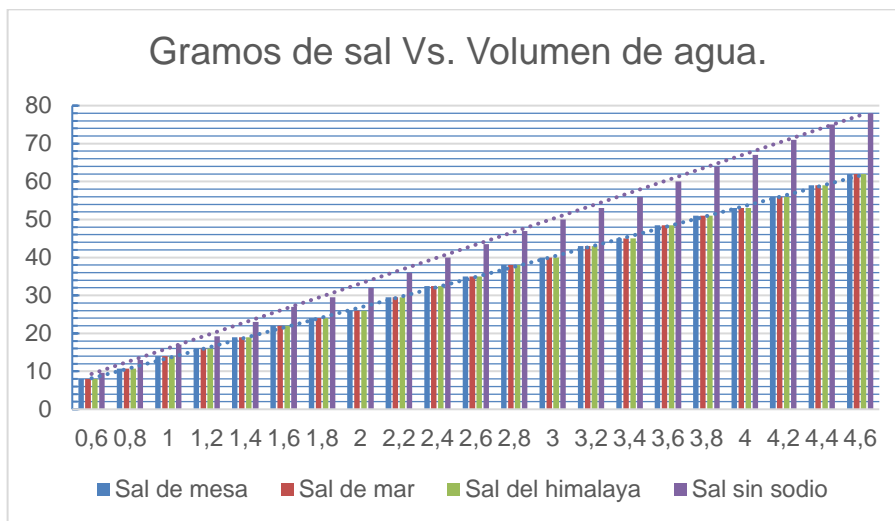


Ilustración 61 Volumen de agua Vs. gramos de sal.

Fuente: Autor.

De la ilustración 52 se puede obtener sus respectivas líneas de tendencia las cuales son:

$y_1 = 3,407x + 5.891$ y $y_2 = 2.67x + 5.5$ siendo que y_1 corresponde a la línea de tendencia para la sal sin sodio mientras que y_2 corresponde a la línea de tendencia para las demás sales teniendo en cuenta los posibles errores, la ecuación variaría ligeramente.

La cantidad de sal de la tabla puede varias ligeramente, es decir no se tiene que usar esa cantidad específica para que funcione, estas variaciones pueden llegar a ser inclusive del 10% o 20% y únicamente notar retardos en los tiempos plantados para la subida a un pH de 10 así como unos valores mayores de potencia.

Además, al no poder hacer uso de un medidor universal para las sales diferencias de 5 o 6 gramos de sal para un usuario no podrían llegar a ser identificables, pues para medir una cantidad específica de gramos en las sales al estas tener un grosor de grano distinto, un volumen irregular y variable para cada grano además de una densidad que varía de una sal a otra el uso de un medidor se haría efectivo si se usara para una única sal, un ejemplo de esto se observa al comparar lo pesos obtenidos al llenar un recipiente completamente con sal de mesa y obtener una medición de 40 gramos mientras que si se mide la sal del himalaya, la sal de mar y la sal sin sodio en el mismo recipiente se obtendrá un gramaje distinto.

A continuación, se muestra la tabla 18 en la cual según el tipo de sal muestra a cuantos gramos equivale un llenado total del medidor, es decir, los pesos variarían dependiendo de la densidad del grano, su tamaño y como logran encarrarse en el recipiente. En caso de necesitar cantidades parciales se debe realizar una aproximación según los pesos dados en la tabla.

	Sal de mesa	Sal de mar	Sal del Himalaya	Sal sin sodio
Equivalente en gramos con el medidor lleno	40gr	32gr	35gr	30gr

Tabla 18 Equivalente en gramos para un medidor según la sal.

Fuente: Autor.

5.6. PRUEBAS FINALES.

Teniendo en cuenta toda la información anterior con sus respectivos resultados, se inició con las pruebas finales en las cuales se haría uso del circuito con doble fuente, la correcta disposición del electrodo en el agua tomando las calibraciones mencionadas y siguiendo los procesos de limpieza y cuidado correspondientes para con el sistema. En su mayoría estas pruebas se realizaron usando agua potable entregada a Bogotá sin usar ningún proceso de filtrado en el agua se realizaron 8 pruebas con cada tipo de sal y se graficó la mejor respuesta obtenida al usar cada tipo de sal para la selección de la prueba a graficar se tuvo en cuenta el pH inicial medido por el sensor, la respuesta del amperaje siendo la franja de valores de 1.6 a 1.8, Amperes, la menor cantidad de saltos en los valores y duración de la prueba igual o superior a 20 minutos. Lo promedios de las pruebas para cada tipo de sal se comparan en la Ilustración 62.

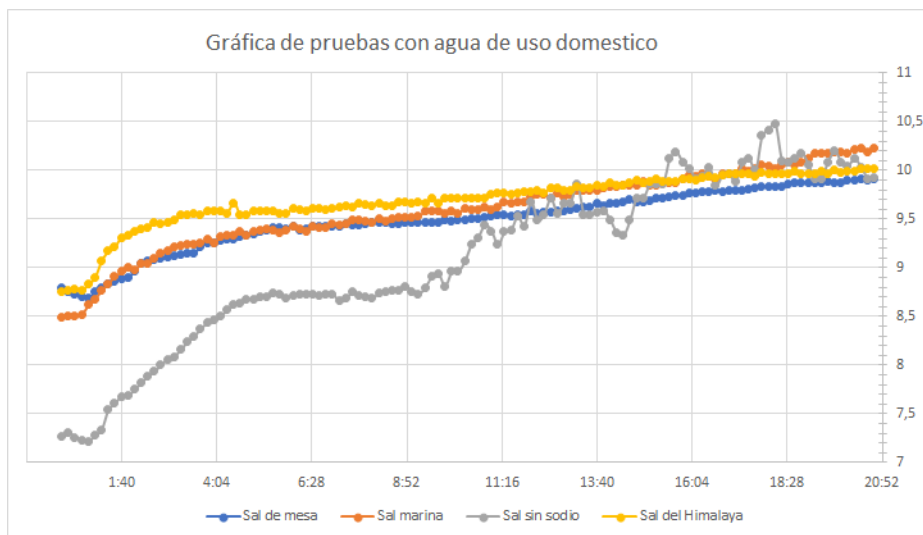


Ilustración 62 Grafica de resultados para las distintas sales.

Fuente: Autor.

Podemos observar con los resultados obtenidos que, en el caso de las sales de mesa, de mar y del Himalaya las respuestas son similares siendo sus únicas diferencias significativas el tiempo de subida y el pH inicial. Se notó que el pH encontrado en el agua al inicio de la muestra es mayor al esperado, esto es debido a que no fue posible realizar todas las pruebas usando exactamente la misma agua.

Por otro lado, el control demostró su efectividad al disminuir los picos de pH en las mediciones, observando el trazado dado por la sal sin sodio y específicamente sus gráficas individuales para cada prueba se observa que estos picos caen rápidamente hasta pH inferior a 10 y manteniendo durante las pruebas un nivel similar.

6. CONCLUSIONES

- La construcción del circuito de una máquina de ionización si bien cuenta con bases en procesos simples como lo es la electrolisis al necesitar un sistema de retroalimentación significa no solamente crear su sistema de control en lazo cerrado, sino que también reestructurar parte del funcionamiento simple de estas agregando así complejidad y aumentando los costos de esta.
- La implementación de un sistema de control ya sea análogo o digital para el manejo de múltiples variables y con la suficiente robustez como para soportar los cambios algunos datos iniciales e incluso cambios en sus modos de uso supera los conocimientos con los que se cuenta e incluso hace parte de niveles de posgrado.
- Se logró reducir tanto el tamaño como la cantidad de componentes utilizados en las máquinas ionizadoras, dándole una forma más compacta al compararla con otras desintoxicadoras encontradas en el mercado.
- La ionización al ser un proceso químico en caso de querer realizar la prueba con un 100% de fiabilidad serían necesarias condiciones de laboratorio con todas las variables controladas y con un amplio conocimiento de la electrolisis desde el punto de vista de las reacciones involucradas a lo largo del proceso, según los componentes de cada sal y sus repercusiones en el medio (agua).
- Este sistema no es para tratar una enfermedad específica, este tratamiento se usa para ayudar al cuerpo a desintoxicarse, expulsar una gran cantidad de toxinas y contaminantes del cuerpo, permitiendo que los órganos realicen mejor sus funciones y la persona se sienta mucho mejor. La desintoxicación iónica va de la mano con las terapéuticas alternativas. Además, se puede utilizar como el inicio de un tratamiento biológico cualquiera sea su tipo.

7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- Si se quiere aumentar en la cantidad de sales disponibles a usar en el proceso se puede iniciar con el uso de las sales minerales, pues estas pueden llegar a mostrar propiedades “relajantes” en las personas y mayores beneficios en el proceso de ionización. Para su uso sería necesario realizar un muestreo de las sales minerales en el mercado, hacer una agrupación por similitudes de composición química y realizar las pruebas referentes a la cantidad de estas sales para obtener los resultados deseados.
- Al observar el proceso desde un enfoque de la química se hará más fácil identificar las variables y los problemas relacionados con el aumento del pH en el agua debido a la electrólisis y el proceso desintoxicación, si se controlan más variables se podrá lograr un mejor control en la variación del pH en el agua durante cada momento del experimento siendo también posible la implementación de nuevas sales, así como distintos tipos de agua para usar en el proceso de ionización.
- Al realizar el proceso de ionización se recomienda revisar minuciosamente las conexiones y el posicionamiento de la carcasa, ya que esto puede derivar en fallas a la hora de realizar el tratamiento, además de posibles caídas de la máquina. Para esto, tener en cuenta las recomendaciones hechas en el Anexo 3. Manual de usuario.

8. REFERENCIAS

- [1] M. Olmo, R. Nave y C. Rod, «Electrólisis del Agua,» 2010. [En línea]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/electrol.html>. [Último acceso: Mayo 2021].
- [2] D. Conde, «Qué es el pH y qué importancia tiene en el detailing,» 2020. [En línea]. Available: <https://institutodetailing.com/blog/que-es-el-ph-y-que-importancia-tiene-en-el-detailing/>. [Último acceso: 2021].
- [3] D. Muller, J. Beauchamp y N. Dr. Dalleska., «¿Funcionan las Lámparas de Sal?,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.veritasium.com/videos?offset=1561154497442>. [Último acceso: Febrero 2021].
- [4] Endress+Hauser, «Medición de la conductividad en procesos industriales,» 02 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/analisis-agua-liquidados-industria/conductividad-agua-conductivimetro>. [Último acceso: 12 2021].
- [5] E. Burres, «Conductividad Eléctrica/Salinidad,» 2010. [En línea]. Available: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130s.pdf. [Último acceso: Octubre 2021].
- [6] Refisal, «Productos,» 2018. [En línea]. Available: <https://refisal.com.co>. [Último acceso: 2021].
- [7] A. C. Costa Farfan y L. E. Silva Ramirez, «Aplicación de la ionización Cu - Ag para mejorar la calidad microbiológica del agua en las viviendas de la ciudad de Tumbes,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/244/TESIS%20-%20COSTA%20Y%20SILVA.pdf?sequ>. [Último acceso: 03 2022].
- [8] C. I. Rosa Mistica, K.-B. Yoo y K.-J. Lee, «Clinical Effect and Mechanism of Alkaline Reduced Water,» de *Journal of Food and Drug Analysis*, vol. 20, 2012, pp. 394-397.
- [9] V. Perez, D. D. Alexander y W. H. Bailey, «Air ions and mood outcomes: a review and meta-analysis,» Enero 2013. [En línea]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23320516/>. [Último acceso: Septiembre 2021].

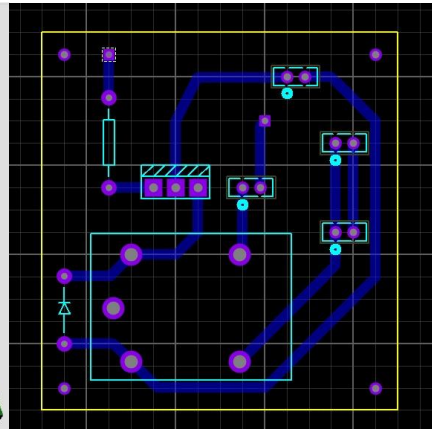
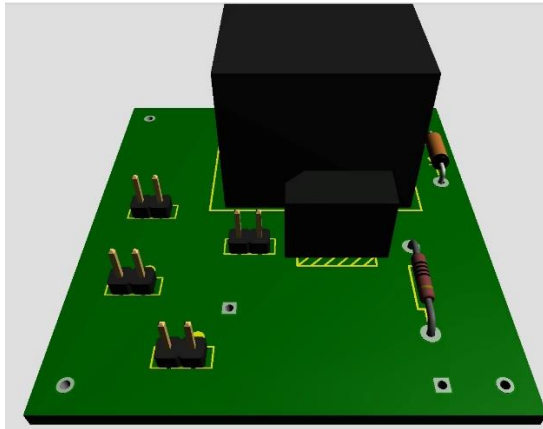
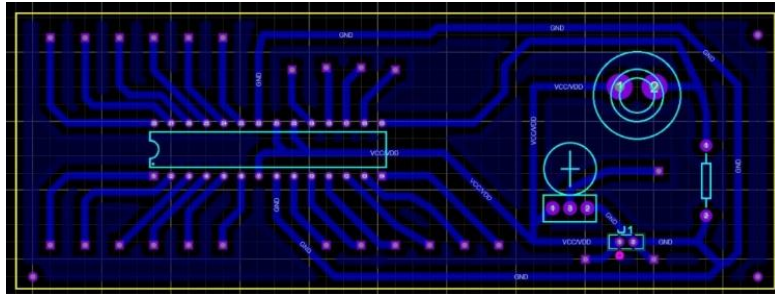
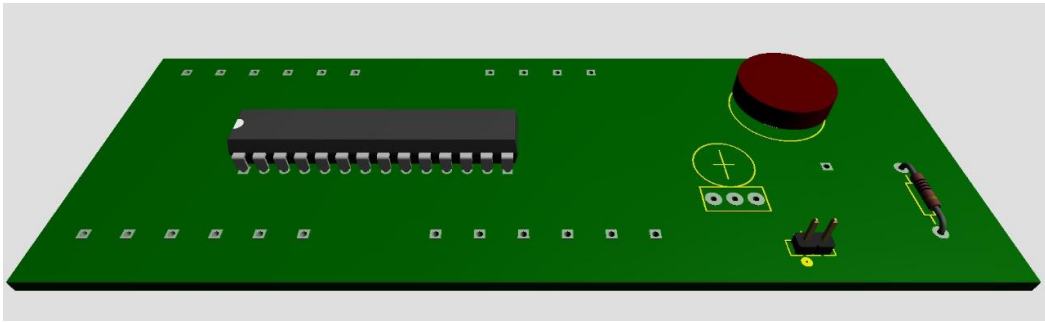
- [10 H. Abol-Enein, O. Gheith, N. Barakat, E. Nour y A. E. Sharaf, «Ionized Alkaline Water: New Strategy for Management of Metabolic Acidosis in Experimental Animals. Therapeutic Apheresis and Dialysis,» 27 Mayo 2009. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1111/j.1744-9987.2009.00659.x>. [Último acceso: Agosto 2021].
- [11 M. d. C. Clemente J., M. Sánchez Delgado y L. Rodríguez, Desarrollo y validación de un modelo para la simulación de sistemas de electrólisis alcalina para la producción de hidrógeno a partir de energías renovables, Madrid: Tesis Doctoral, 2019, pp. 19-36.
- [12 J. C. Guavita P. y J. D. Niño M., «Automatización de un sistema de energía renovable basado en celdas de combustible PEM de baja potencia,» 2014. [En línea]. Available: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16523>. [Último acceso: abril 2021].
- [13 C. Alcivar, G. Alejandro, P. Gutiérrez y M. Melissa, «Estudio del efecto citoprotector de allium sativum (ajo) y agua alcalina en las células β pancreáticas como tratamiento preventivo de diabetes inducida en ratas wistar,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8960>. [Último acceso: Julio 2021].
- [14 Atmel Corporation, «Atmega328p Datasheet,» [En línea]. Available: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/241077/ATMEL/ATMEGA328P.html>. [Último acceso: 2021].
- [15 W. H. Bailey, A. L. Williams y M. J. Leonhard , «Exposure of laboratory animals to small air ions: a systematic review of biological and behavioral studies,» Junio 2018. [En línea]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29866122/>. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [16 C. Barrientos y J. Roy, «Uso de iones de plata y ozono en el tratamiento de agua para consumo humano,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3229>. [Último acceso: junio 2021].
- [17 J. R. Fox y P. M. Fox., «Acid / Alkaline Water Ionizers A Perspective from Custom Pure-the water store,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.custompure.com/Assets/AlkalinityWaterIonizer.pdf>. [Último acceso: 2021].
- [18 K.-J. Lee, S.-G. Kim, J.-W. Kim y H.-W. Kim , «Varios efectos del agua mineral alcalina examinados a través de experimentos con animales,» 2003. [En línea]. Available: <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeld=NODE00568236>. [Último acceso: Abril 2021].

- [19 V. Perez, D. D. Alexander, W. H. Bailey, M. E. Mitchell y S. Su., «Air ions and respiratory function outcomes: a comprehensive review,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3848581/>. [Último acceso: Abril 2021].
- [20 D. F. Suárez Zambrano y J. Mora Carrilo, «Elaboración de un prototipo ionizador con plata (ag+) para la desinfección en aguas residuales provenientes de plantas de beneficio,» 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2273>. [Último acceso: Mayo 2021].
- [21 P. Tipler y G. Mosca, Physics for Scientists and Engineers: Electricity, Magnetism, Light, & Elementary Modern Physics: 2, 5th ed., W. H. Freeman, 2003.
- [22 XLSEMI, «XL4005 Datasheet (PDF),» [En línea]. Available: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/763181/ETC2/XL4005.html>. [Último acceso: Agosto 2021].
- [23 T.-h. Yoo, «ConsumerNews La 'verdad' de Chamisul Fresh 19,5 grados ... eso es lo que quiero saber,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.consumernews.co.kr/news/articleView.html?idxno=34884>. [Último acceso: Mayo 2021].

Anexo 1.
PLANOS DE IMPRESIÓN DE LOS
CIRCUITOS.

PROYECTO PG 21-1-03

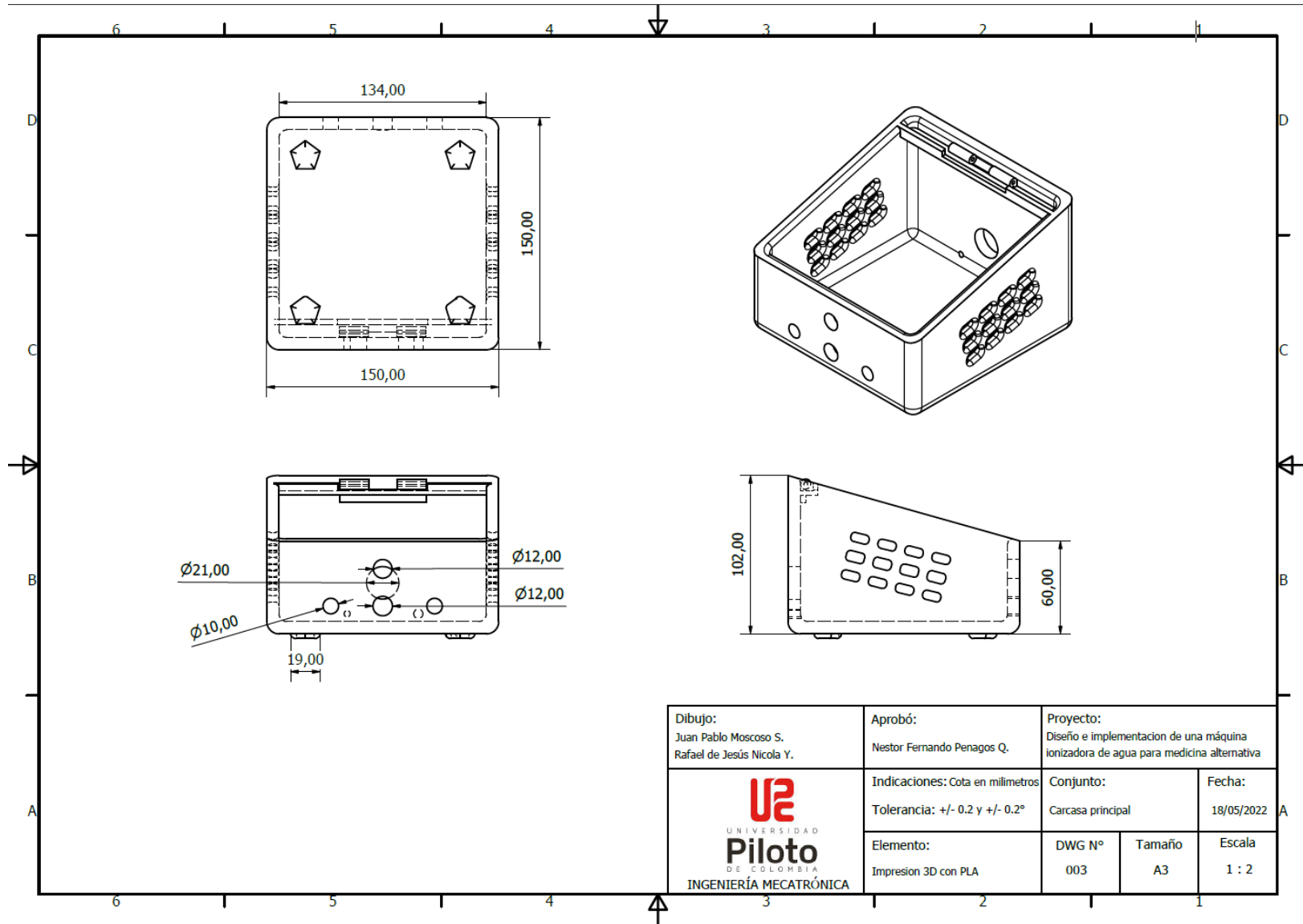
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA
IONIZADORA DE AGUA PARA MEDICINA
ALTERNATIVA.




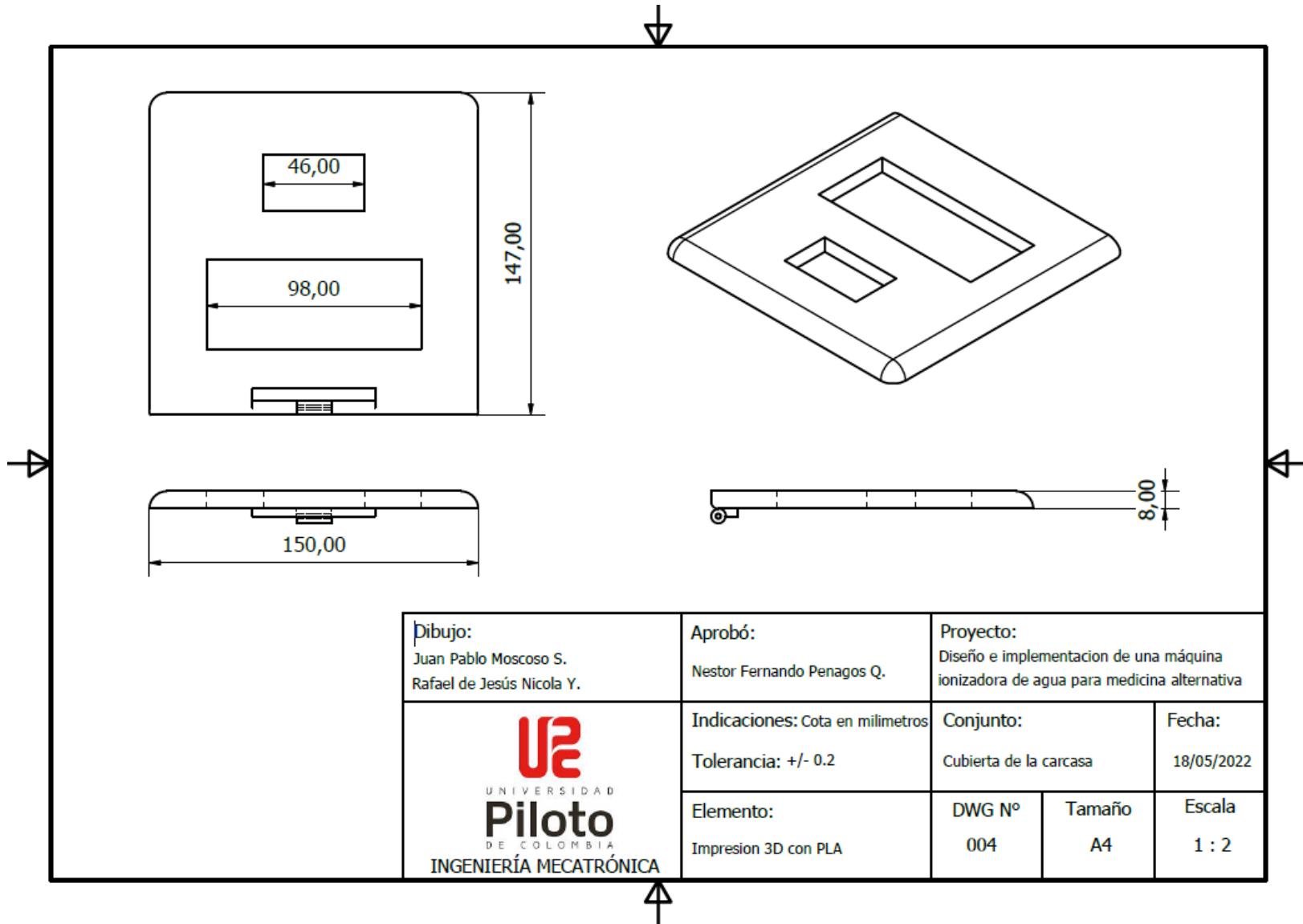
Anexo 2.
PLANOS DE LAS IMPRESIONES 3D.


PROYECTO PG 21-1-03

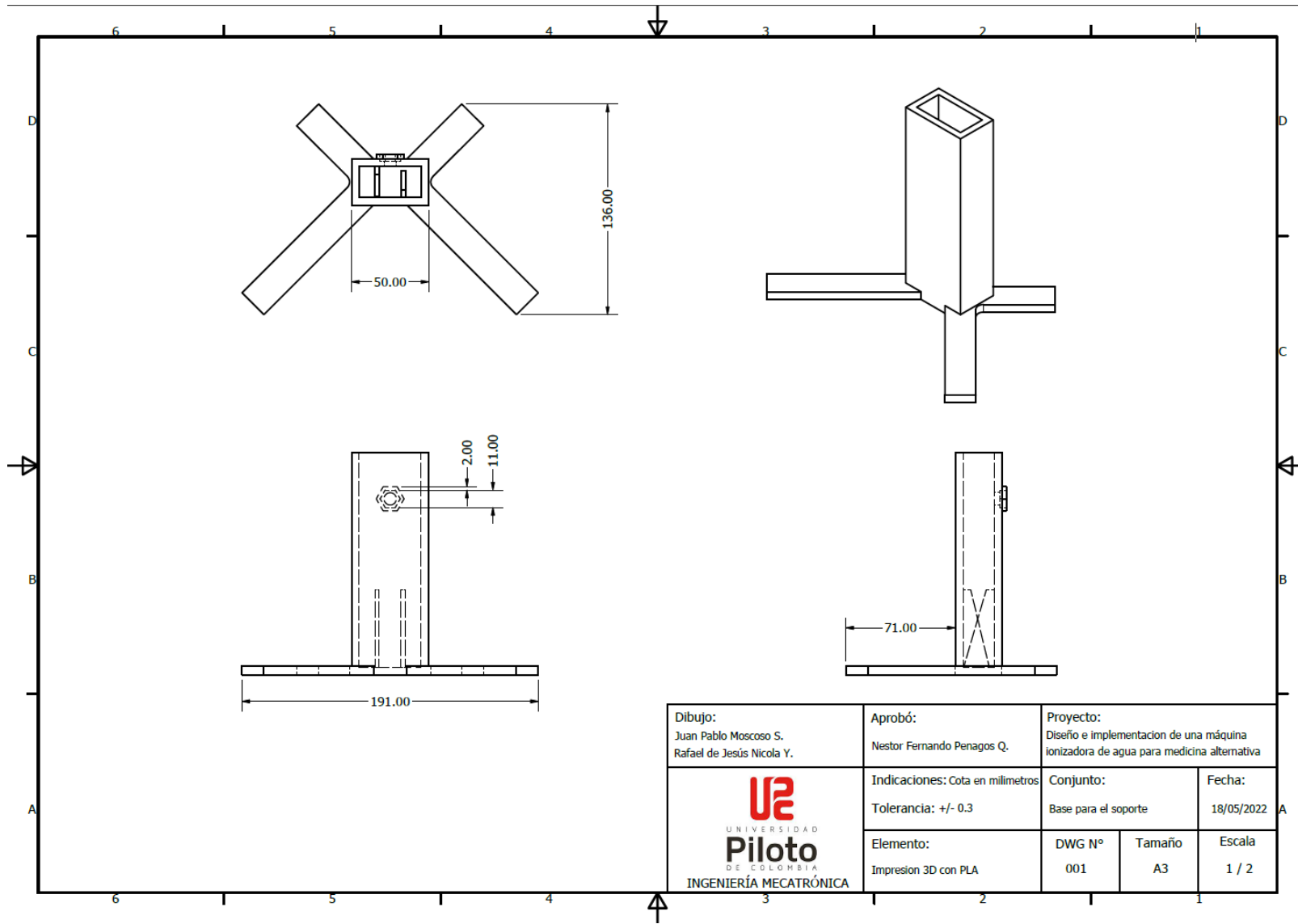
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA
IONIZADORA DE AGUA PARA MEDICINA
ALTERNATIVA.**




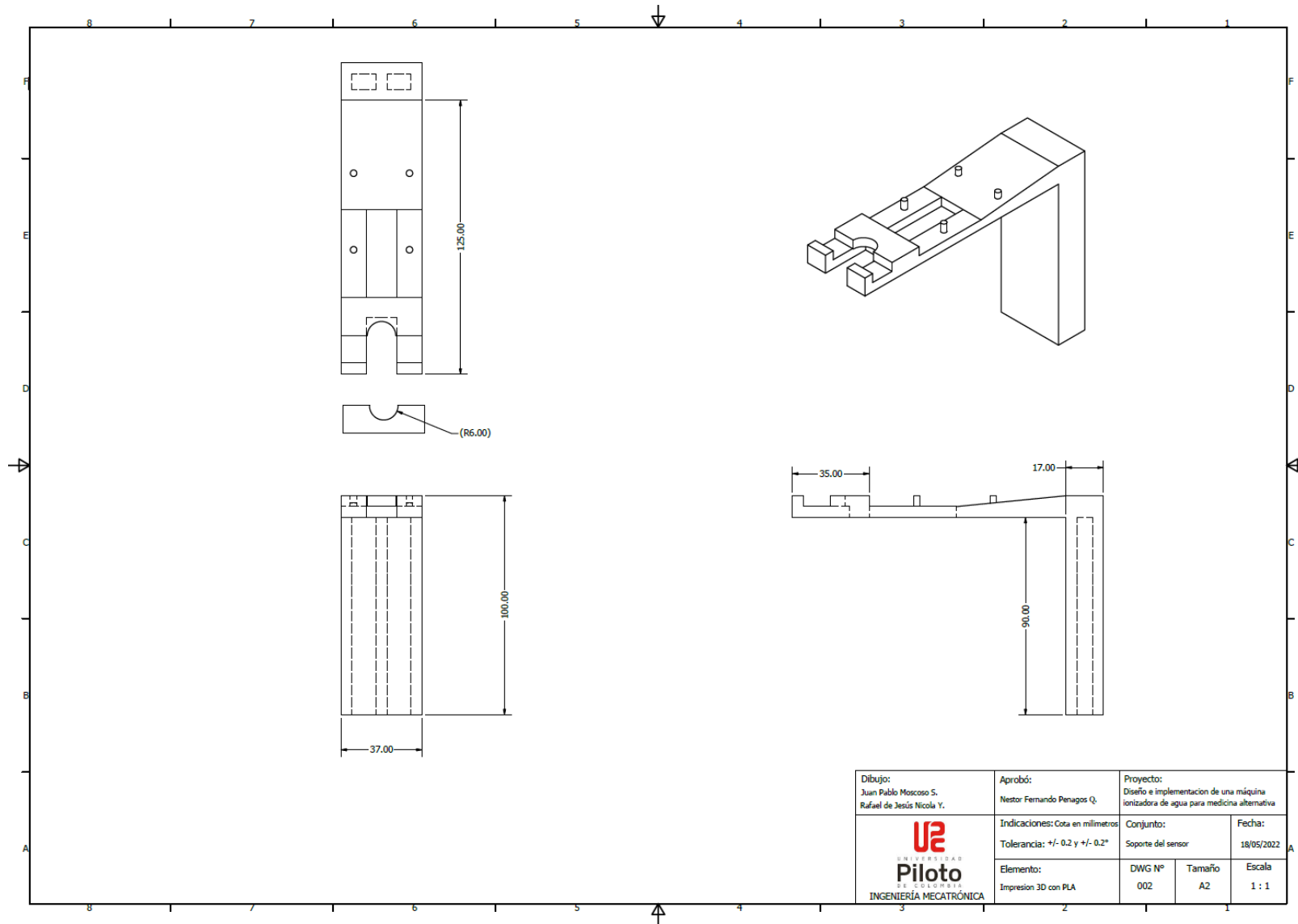
Dibujo: Juan Pablo Moscoso S. Rafael de Jesús Nicola Y.	Aprobó: Nestor Fernando Penagos Q.	Proyecto: Diseño e implementación de una máquina ionizadora de agua para medicina alternativa		
		Indicaciones: Cota en milímetros Tolerancia: +/- 0.2 y +/- 0.2°	Conjunto: Carcasa principal	Fecha: 18/05/2022
		Elemento: Impresión 3D con PLA	DWG N° 003	Tamaño A3




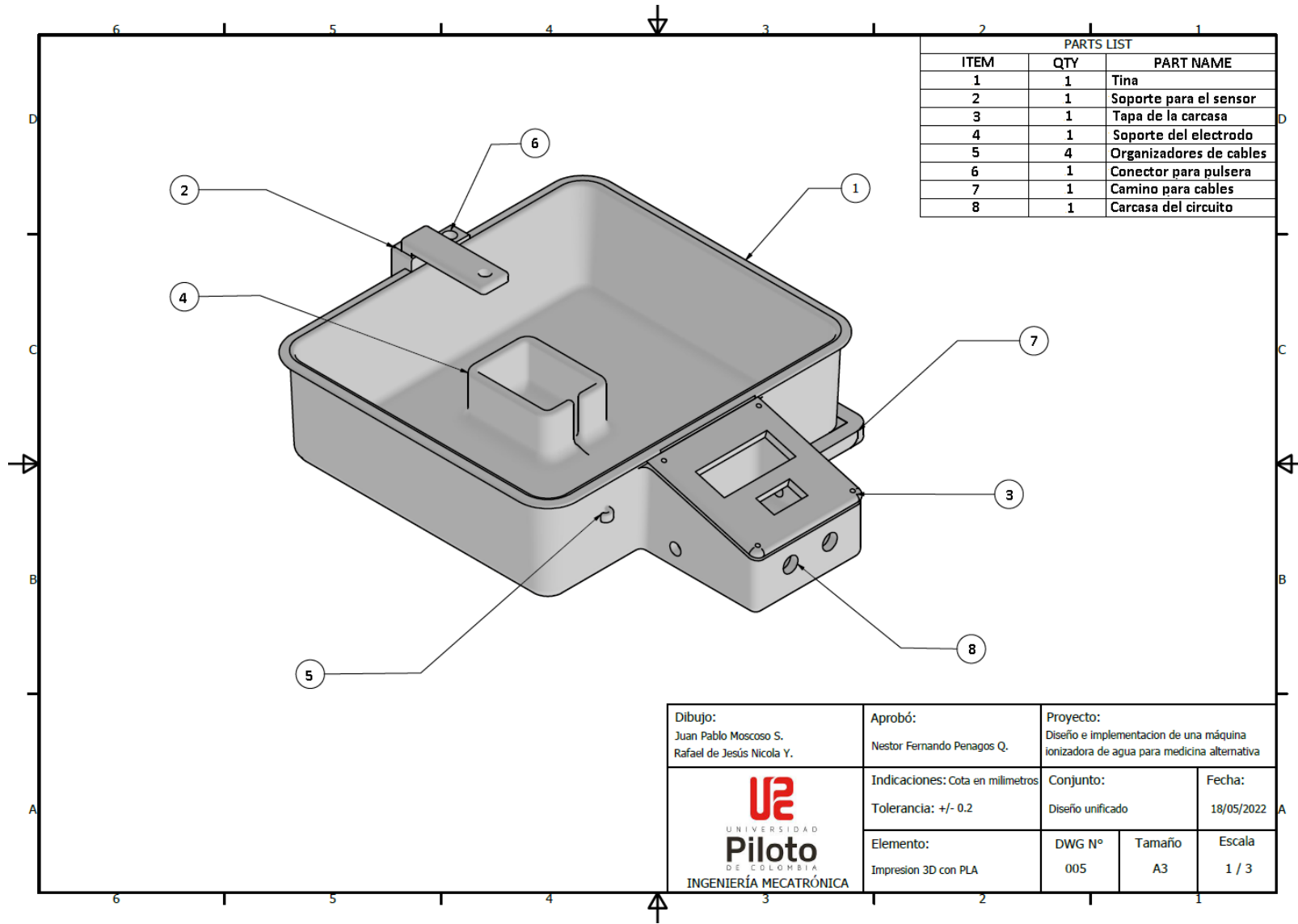
Dibujo: Juan Pablo Moscoso S. Rafael de Jesús Nicola Y.	Aprobó: Nestor Fernando Penagos Q.	Proyecto: Diseño e implementación de una máquina ionizadora de agua para medicina alternativa	
	Indicaciones: Cota en milímetros Tolerancia: +/- 0.2	Conjunto: Cubierta de la carcasa	Fecha: 18/05/2022
	Elemento: Impresión 3D con PLA	DWG N° 004	Tamaño A4




Dibujo: Juan Pablo Moscoso S. Rafael de Jesús Nicola Y.	Aprobó: Nestor Fernando Penagos Q.	Proyecto: Diseño e implementación de una máquina ionizadora de agua para medicina alternativa		
		Indicaciones: Cota en milímetros Tolerancia: +/- 0.3	Conjunto: Base para el soporte	Fecha: 18/05/2022
		Elemento: Impresión 3D con PLA	DWG N° 001	Tamaño A3

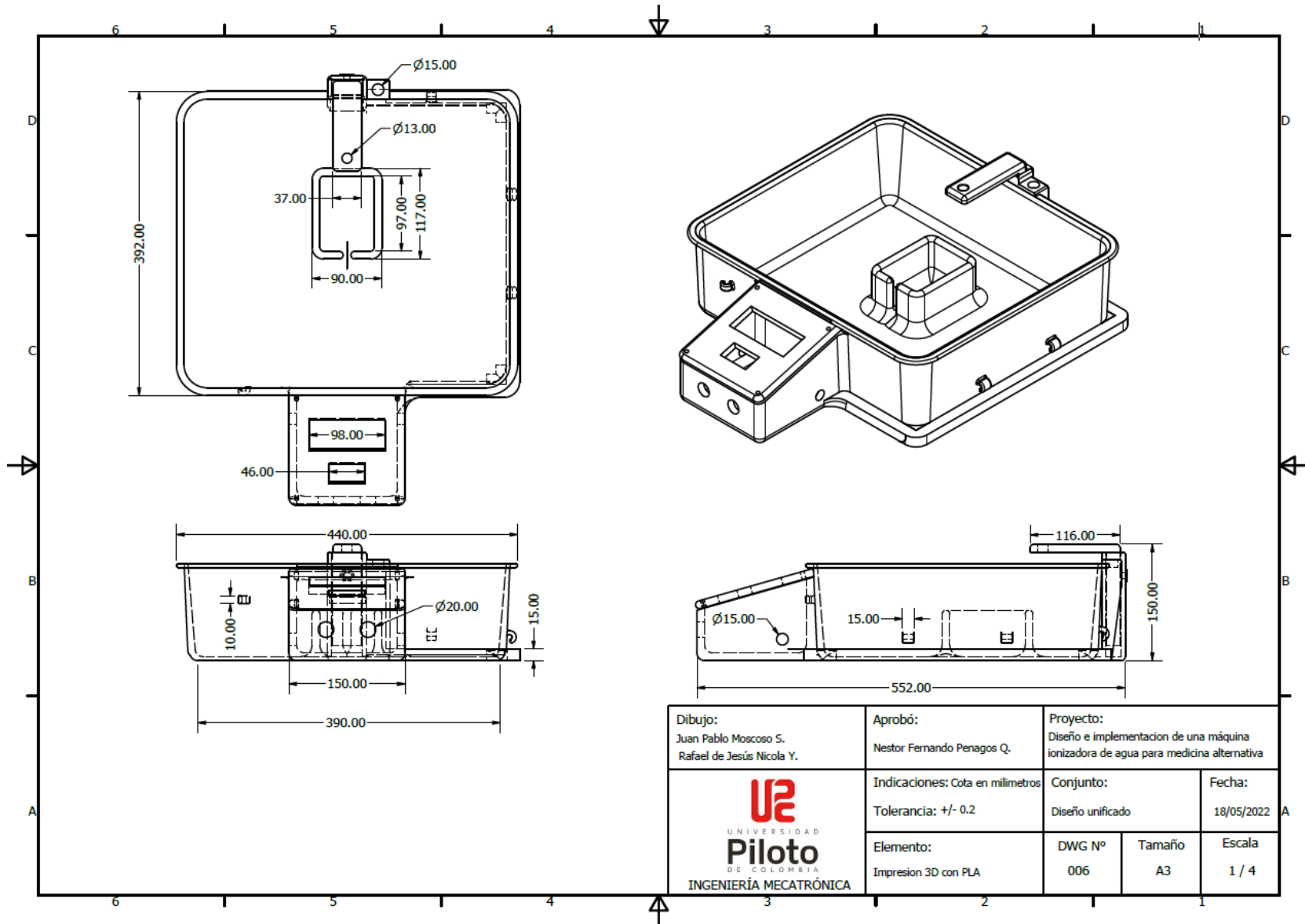


Dibujo: Juan Pablo Moscoso S. Rafael de Jesús Nicola Y.		Aprobó: Nestor Fernando Penagos Q.		Proyecto: Diseño e implementación de una máquina ionizadora de agua para medicina alternativa	
		Indicaciones: Cota en milímetros Tolerancia: +/- 0.2 y +/- 0.2*		Conjunto: Soporte del sensor	
		Elemento: Impresión 3D con PLA		Fecha: 18/05/2022	Escala: 1 : 1
DWG N° 002		Tamaño A2			



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NAME
1	1	Tapa
2	1	Soporte para el sensor
3	1	Tapa de la carcasa
4	1	Soporte del electrodo
5	4	Organizadores de cables
6	1	Conector para pulsera
7	1	Camino para cables
8	1	Carcasa del circuito

Dibujo: Juan Pablo Moscoso S. Rafael de Jesús Nicola Y.	Aprobó: Nestor Fernando Penagos Q.	Proyecto: Diseño e implementación de una máquina ionizadora de agua para medicina alternativa		
	Indicaciones: Cota en milímetros Tolerancia: +/- 0.2	Conjunto: Diseño unificado	Fecha: 18/05/2022	
	Elemento: Impresión 3D con PLA	DWG N° 005	Tamaño A3	Escala 1 / 3



Anexo 3.
MANUAL DE USUARIO.

PROYECTO PG 21-1-03

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA
IONIZADORA DE AGUA PARA MEDICINA
ALTERNATIVA.**

MANUAL DE USUARIO

Máquina Desintoxicadora

Versión 1



INTRODUCCIÓN.

1.1 PROPÓSITO.

El propósito de este documento es brindar un soporte a las personas que vayan a realizar el proceso de desintoxicación, para que obtengan los mejores resultados a la hora de la implementación de esta. La máquina desintoxicadora se hizo con el fin de proporcionar un apoyo al proceso desintoxicación natural del cuerpo, es decir, una disminución de las toxinas que ingerimos. Esto lleva a optimizar los procesos naturales de eliminación de toxinas, con lo que las personas tienden a sentirse con más energía, pierden peso, alivian la inflamación y ayuda con la disminución de la ansiedad a la hora de comer azúcar.

1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES.

- Controlar los niveles de pH del agua con rangos de alcalinidad entre 10 y 11 durante el proceso de la ionización.
- Uso limitado únicamente en los pies del usuario.
- Posibilidad de uso de distintas sales minerales como conductores en el agua mejorando la experiencia del usuario.
- No se puede reutilizar el agua usada en el proceso de desintoxicación para otros usos pues esta agua tiene impurezas que no pueden ser filtradas fácilmente, por lo cual es necesario desecharla por el drenaje.
- El agua no puede ser usada para la ingesta directa pues estos niveles de pH son superiores a los indicados para el consumo humano.
- Se recomienda que este proceso o tratamiento sea realizado con supervisión médica y en un establecimiento autorizado.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

2.1 INVENTARIO.

Se realizó una lista en el cual se muestra cada uno de los componentes de la máquina y la función que cumple cada uno de estos para el proceso de desintoxicación.

2.1.1 Fuente de alimentación para el electrodo.

Fuente de alimentación de potencia con capacidad de conversión de 120 voltios 50 Hz (conexión a pared) a 12 voltios con un amperaje de 4.6 Amperios (Ilustración 1) encargada de la alimentación eléctrica del electrodo y cargar eléctricamente el agua del procedimiento.



Ilustración 1. Fuente 12VDC de potencia.

Fuente: Autor.

2.1.2 Fuente para la circuitería.

Fuente de alimentación con salida de 5 Voltios y 0.6 Amperes (Ilustración 2) encargada de alimentar la parte lógica del circuito, de la pantalla, sensores y permitir el paso de corriente del electrodo.



Ilustración 2. Fuente 5VDC de baja potencia.

Fuente: Autor.

2.1.3 Carcasa de la máquina.

Carcasa donde se encuentra la circuitería, el control ON/OFF, pantallas LCD y el integrado del sensor de pH, también cuenta una tapa con bisagra para una fácil apertura y los lados cuenta con pequeños agujeros para un continuo flujo de aire y en caso de trabajar con amperajes mayores a 1.8 Amperes sea posible acoplar un ventilador de 5 voltios para una mejor refrigeración y cuenta con dos botones uno para encender y apagar y otro para iniciar los procesos de desintoxicación (Ilustración 3).



Ilustración 3. Carcasa de la desintoxicadora.

Fuente: Autor.

2.1.4 Sensor de pH.

Sensor de pH el cual cuenta con una caja para su guardado y una solución de referencia. Este es necesario usarlo conectándolo a la máquina y posterior a su uso y limpieza guardarlo nuevamente en su caja (Ilustración 4).



Ilustración 4. Sensor de pH.

Fuente: Autor.

2.1.5 Solución de referencia y tapa para la solución.

Solución química con pH neutro (7.0) cuya fórmula química es 3NKCL este se encarga de mantener calibrado el sensor y funcionar como “referencia” en caso de que esto ocurra debido a cambios la medición del sensor.

Para el uso del sensor en el proceso de ionización este líquido puede ser retirado como se muestra en la Ilustración 5 y una vez retirado es recomendado el uso de una de las tapas que se encuentran en el kit para evitar la evaporación de la solución



Ilustración 5. Solución de referencia para el sensor de pH.

Fuente: Autor.

2.1.6 Soporte para el sensor con medida de altura ajustable.

Soporte con altura ajustable que permite colocar el sensor de pH dentro del agua y que sin importar la distribución del volumen de agua dentro del recipiente sea posible colocar el sensor en la posición correcta, también evita que al poner el sensor en el agua este se resbale dentro del recipiente y quede completamente cubierto y no se filtre dicha agua y se mezcle con el líquido interno del sensor o ingrese a las conexiones eléctricas de este. (Ilustración 6).



Ilustración 6. Soporte del sensor impreso en 3D.

Fuente: Autor.

2.1.7 Electrodo capacitivo.

Parte del sistema encargada de la ionización y/o alcalinización del agua usando un voltaje y amperaje este realiza el proceso de electrolisis en agua con sal para mejorar la conductividad (Ilustración 7). Cuenta con una vida útil de aproximadamente 400 usos.



Ilustración 7. Electrodo comercial para desintoxicación iónica.

Fuente: MercadoLibre.

2.1.8 Pulsera antiestática.

Pulsera encargada de cerrar el circuito de sus pies y el electrodo evitando así que el flujo de corriente influya negativamente en su cuerpo (Ilustración 8).



Ilustración 8. Pulsera antiestática.

Fuente: Autor.

2.2 MANEJO DE LAS SALES.

Con el uso de distintas sales se presenta un reto el cuál es las distintas formas de tratar estas sales para el proceso de ionización este reto es debido a que según las sales se cuenta con distintos grosores, densidades y tiempo de disolución.

Cuando se hace referencia al grosor de los granos de sal se hace referencia a que los cristales de sal no todos cuentan con las mismas dimensiones y al tratar con varios tipos de sales al tamaño de los cristales varia aún más por lo cual necesitan mayor tiempo en contacto con el agua para una correcta disolución mientras que si se les deja mucho tiempo en el agua a las sales consideradas de grano delgado o finas estas pueden depositarse en el fondo del recipiente a su vez según la densidad de la sal este tiempo de disolución puede variar.

Por último, es recomendable que antes de iniciar los procesos de desintoxicación se mezcle ligeramente el agua para que este en movimiento hasta el momento de iniciar el proceso y una vez que este inicie y el paciente Introduzca los pies al agua se mantenga lo más calma posible y sin movimientos abruptos.

INSTALACIÓN, PUESTA EN MARCHA Y APAGADO DEL SISTEMA.

3.1 INSTALACIÓN Y USO.

Primer uso:

1. Seleccionar el recipiente donde se realizarán las sesiones de desintoxicación con un tamaño suficiente para que el usuario ingrese sus pies.
2. Introducir el electrodo horizontalmente en el recipiente (Ilustración 9) y agregar lentamente el agua hasta que sobrepase el agua sobrepase completamente el electrodo.



Ilustración 9. Recipiente y posicionamiento del electrodo

Fuente: Autor.

3. Seleccionar la sal a usar teniendo en cuenta los tipos de sales según su composición química vista en la Tabla 1.

Composición [1,5g]	Sales			
	Marina	Alta pureza	Himalaya	Sin sodio
Sodio [mg]	590	590	570	290
Yodo [ppm]	50-100	50-100	50-100	25-50
Flúor [ppm]	180-220	180-220	180-220	80-100
Potasio [mg]	-	-	-	390

Tabla 1 Composición química de las sales.

Fuente: Autor.

4. Seleccionar en la según la Ilustración 10 según los litros de agua que cantidad de sal es recomendado usar en las sesiones de desintoxicación.

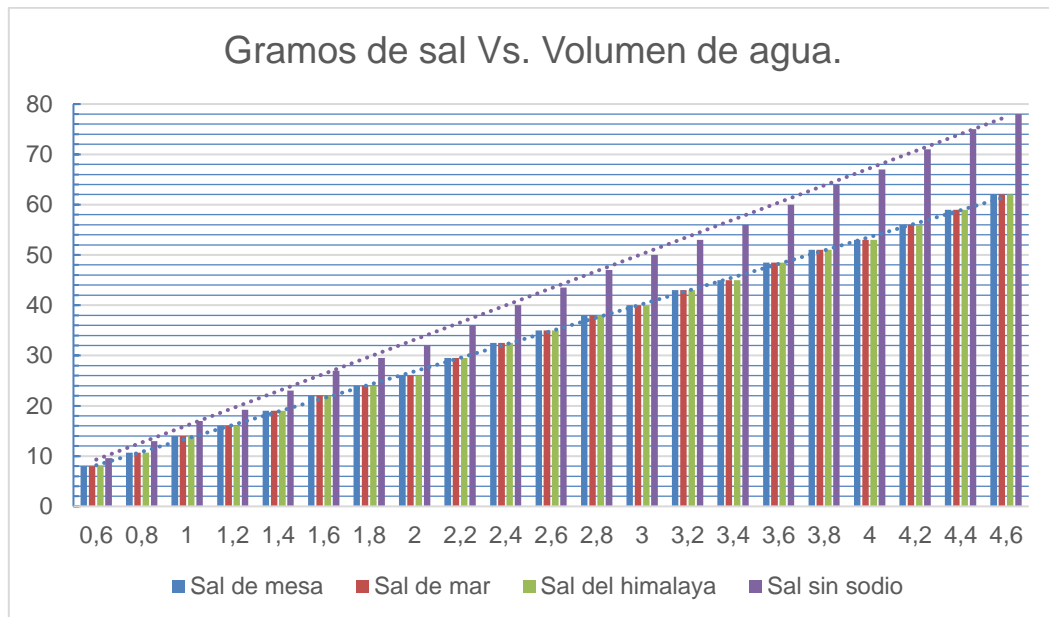


Ilustración 10. Volumen de agua Vs. gramos de sal.

Fuente: Autor.

Uso habitual:

1. Agregar la cantidad de agua anteriormente medida al recipiente.
2. Agregar la sal en el recipiente y revolver hasta que se disuelvan los gránulos de sal para así estabilizar la salinidad del agua (en caso de usar una sal de grano grueso dar el tiempo suficiente para una correcta disolución).
3. Introducir el electrodo al agua en la parte central, en medio de los pies del paciente evitando en la medida de lo posible que el electrodo entre en contacto directo con la piel del paciente (Ilustración 11).



Ilustración 11. Posicionamiento del electrodo y pies del paciente.

Fuente: Autor.

4. Quitar el líquido de referencia del sensor y guardarlo tapado en un lugar alejado para evitar daños y evaporaciones.
5. Colocar el sensor en el soporte y acercarlo al recipiente, graduando la altura de este para que corresponda con el nivel del agua (Ilustración 12).



Ilustración 12. Graduación del soporte en Y.

Fuente: Autor.

6. Colocar al paciente la pulsera antiestática y conectarla en el polo a tierra de la máquina es decir la abertura con el nombre “Manilla” (Ilustración 13).



Ilustración 13. Conexión de la manilla antiestática.

Fuente: Autor.

7. Conectar las dos fuentes de poder a la corriente y encender la máquina.

3.2 INICIAR EL SISTEMA.

Advertencia: Para iniciar con los pasos relacionados al inicio del sistema y posteriores asegúrese de cumplir con los pasos anteriores en su totalidad según el caso que corresponda.

1. Realizar el paso a paso del modo de uso habitual.
2. Una vez conectada las fuentes de alimentación tendrá que oprimir el botón de encendido para que se prenda la pantalla e inicie el proceso.
3. Cuando se haya iniciado correctamente la máquina estará preparada para inicial con la alcalinización del agua y será necesario oprimir el botón de “Preparado” con el cual

iniciara la alcalinización del agua y se verá en la pantalla LCD el tiempo para que termine el tratamiento y el pH en el agua el cual se controlara para que no supere un pH mayor a 10.

4. controle la condición del paciente durante el tratamiento. Aunque no es necesario están con el paciente en cada minuto lo recomendable es revisar la condición del paciente durante el procedimiento.
5. Esperar a que termine la cuenta atrás de 30 minutos, una vez que esta cuenta termine se mostrara la finalización del procedimiento. Con esto se podrá iniciar con el “Final de tratamiento y apagado”.

3.3 FIN DEL TRATAMIENTO Y APAGADO.

1. Una vez que aparezcan los mensajes de finalización del tratamiento debe pedir al paciente que saque los pies de la tina para la remoción de las toxinas que hayan quedado en los pies del paciente y la remoción de la pulsera antiestática.
2. Oprimir el botón de Encendido/Apagado y posteriormente desconecte las fuentes de poder de la máquina.
3. Sacar el electrodo y el sensor del recipiente e iniciar el “Proceso de limpieza”.
4. Retirar el agua de la tina y desecharla, esto puede realizarse por un retrete o en su defecto en un lavamanos pues esta agua no puede ser reutilizada, ni puede usarse para el consumo humano y tampoco es recomendado reutilizarla de ningún modo.



Ilustración 14. Prohibiciones en la disposición del agua de un tratamiento.

Fuente: Autor.

3.4 PROCESO DE LIMPIEZA.

Advertencia: para los procesos de limpieza se recomienda evitar el uso de jabones o químicos pues estos pueden llegar a afectar el proceso de desintoxicación y en algunos casos afectar la vida útil de algunos componentes.

Para un correcto cuidado y limpieza de los componentes se pueden realizar dos tipos de limpieza, la limpieza rápida que se realiza entre una sesión de terapia y otra para eliminar los contaminantes entre sesiones y consume poco tiempo y una limpieza profunda la cual puede realizarse dos o tres veces por semana la cual requiere de más tiempo para la limpieza completa y así quitar todo el óxido y los contaminantes de los componentes.

Es importante que después de realizar el proceso de limpieza se sequen correctamente los componentes usando papel pues al secarlos de este modo se asegura retirar los contaminantes que continúan pegados a los componentes.

3.4.1 Limpieza rápida.

Para la limpieza rápida se puede hacer uso de una esponja o cepillo y agua de la llave frotando únicamente la rejilla exterior del electrodo y las paredes del recipiente usado en la sesión de desintoxicación mientras que para el sensor si no se cuenta con el tiempo suficiente para una limpieza correcta lo mejor es únicamente lavarle con agua el extremo que estuvo en contacto con el agua.

3.4.2 Limpieza profunda.

Para la limpieza profunda es necesario el uso de esponjillas de acero o una esponja abrasiva para limpiar metales pues es necesario sacar el metal del electrodo y usando el componente abrasivo y un poco de vinagre cuidadosamente limpiarlo pues si se realiza este proceso con demasiada fuerzas se puede llegar a desprender el metal del electrodo adicionalmente para el sensor es necesario limpiar el extremo con un cepillo para llegar a limpiar la cabeza del sensor donde se acumulan en mayor medida los contaminantes por ultimo para el recipiente se mantiene el mismo método de limpieza anteriormente mencionada.

3.5 GUARDADO DEL SISTEMA.

Nota: Para iniciar el proceso de guardado asegúrese que los componentes se encuentren completamente secos pues la humedad puede dañarlos.

Una vez terminado el uso de la máquina es necesario guardar los componentes para evitar daños dentro de esto lo más importante es cuidar de los cables tanto de las fuentes de alimentación como del electrodo para evitar que estos sean halados y se dañen sus conexiones internas.

También es necesario volver a colocar la solución de referencia en el sensor de pH y guardarlo en su caja para evitar daños por caída y evaporaciones.