



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PRÁCTICA PROFESIONAL**

**NIPRO MEDICAL HONDURAS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERO EN BIOMÉDICA**

**PRESENTADO POR:**

**21741136**

**DIANA JACQUELINE DUBÓN IRAHETA**

**ASESOR: REYNA VALLE**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA; MARZO, 2023**

## **DEDICATORIA**

A Dios, mis padres, y mi hermano, por su inagotable e incondicional amor y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por permitirme culminar esta etapa tan importante de mi vida, y por brindarme la sabiduría para afrontar cada reto.

A mis padres, Rosa Iraheta y Ricardo Dubón, quienes han estado a mi lado y me han brindado su incondicional apoyo y amor en todo momento de mi vida. Agradezco infinitamente el esfuerzo que han hecho por brindarme todo y más de lo que necesito. Son mi motor y el regalo más valioso que Dios me ha dado.

A mi hermano, Ricardo Dubón, por su apoyo incondicional, sus sabios consejos, y por ser mi mejor amigo.

A mis amigas, Heidy Ramos, Naomi López y Abigail Alonzo, por todos los momentos y experiencias memorables que he vivido con cada una desde el inicio de nuestra amistad.

A Moisés Mejía, Kathia Arrazola, Roberto Zúniga, y Eber Corea, por haberme hecho parte de su equipo de trabajo, y compartir de sus conocimientos y experiencias durante el tiempo de mi práctica profesional.

A Reyna Valle, y todos los catedráticos que fueron parte de mi formación académica.

A mis amigos y compañeros, por haber compartido tantas experiencias y buenos momentos juntos.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente informe detalla las actividades realizadas durante el período de diez semanas de Práctica Profesional en la División Renal de la empresa Nipro Medical Honduras en el Instituto Hondureño de Seguridad de Social en la ciudad de San Pedro Sula. La labor del Ingeniero Biomédico en esta área estuvo enfocada en mantenimientos preventivos y correctivos, tanto a las máquinas de hemodiálisis como a la planta de tratamiento de agua, e instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis. En la Unidad de Hemodiálisis del IHSS se brindan servicios a más de cien pacientes con enfermedad renal crónica diariamente, por lo que el papel del Ingeniero Biomédico es fundamental para poder garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas de hemodiálisis y la planta de tratamiento de agua. Asimismo, monitorear la calidad del agua y la solución ácida que se utilizan para el líquido de diálisis; asegurándose de cumplir con los parámetros establecidos según normativas internacionales como la ISO 23500:2019.

**Palabras claves:** Hemodiálisis, Ingeniero Biomédico, Mantenimientos.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>II. Generalidades de la empresa.....</b>	<b>2</b>
2.1 Descripción de la empresa.....	2
2.1.1 Historia .....	2
2.1.2 Misión .....	2
2.1.3 Visión.....	2
2.1.4 Valores .....	3
2.2 Descripción del Departamento.....	3
2.3 Objetivos del Puesto.....	5
2.3.1 Objetivo General.....	5
2.3.2 Objetivos Específicos.....	5
<b>III. Marco teórico .....</b>	<b>6</b>
3.1 Gestión de tecnología sanitaria.....	6
3.1.1 Mantenimiento Preventivo .....	6
3.1.2 Mantenimiento Correctivo.....	7
3.2 Principios de funcionamiento de la Hemodiálisis .....	7
3.3 Tecnología utilizada en Hemodiálisis.....	8
3.3.1 Máquina de hemodiálisis.....	8
3.3.2 Planta de tratamiento de agua.....	10
3.4 Líquido de diálisis .....	11
3.4.1 Concentrado ácido.....	12
3.4.2 Concentrado base .....	12
3.5 Análisis del sector.....	13
3.5.1 Internacional.....	13

3.5.2	Nacional .....	13
<b>IV.</b>	<b>Desarrollo .....</b>	<b>14</b>
4.1	Semana 1: Enero 16-22.....	14
4.1.1	Objetivos.....	14
4.1.2	Introducción .....	14
4.1.3	Desarrollo de las actividades.....	14
4.1.4	Anexos semanales.....	15
4.2	Semana 2: Enero 23-27.....	19
4.2.1	Objetivos.....	19
4.2.2	Introducción .....	19
4.2.3	Desarrollo de actividades .....	19
4.3	Semana 3: Enero 30-Febrero 05.....	23
4.3.1	Objetivos.....	23
4.3.2	Introducción .....	23
4.3.3	Desarrollo de actividades .....	23
4.4	Semana 4: Febrero 06-11.....	28
4.4.1	Objetivos.....	28
4.4.2	Introducción .....	28
4.4.3	Descripción de actividades .....	28
4.4.4	Anexos semanales .....	29
4.5	Semana 5: Febrero 13-18.....	32
4.5.1	Objetivos.....	32
4.5.2	Introducción .....	32
4.5.3	Descripción de actividades .....	32
4.6	Semana 6: Febrero 20-25.....	37

4.6.1	Objetivos.....	37
4.6.2	Introducción .....	37
4.6.3	Descripción de las actividades.....	37
4.7	Semana 7: Febrero 27-Marzo 03.....	42
4.7.1	Objetivos.....	42
4.7.2	Introducción .....	42
4.7.3	Descripción de las actividades.....	42
4.8	Semana 8: Marzo 06-11 .....	47
4.8.1	Objetivos.....	47
4.8.2	Introducción .....	47
4.8.3	Descripción de las actividades.....	47
4.9	Semana 9: Marzo 13-18 .....	52
4.9.1	Objetivos.....	52
4.9.2	Introducción .....	52
4.9.3	Descripción de las actividades.....	52
4.10	Semana 10: Marzo 20-24.....	58
4.10.1	Objetivos.....	58
4.10.2	Introducción .....	58
4.10.3	Descripción de las actividades.....	58
4.11	Cronograma de actividades.....	61
<b>V.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>62</b>
<b>VI.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>63</b>
6.1	Recomendaciones a Nipro Medical Honduras:.....	63
6.2	Recomendaciones a la Universidad Tecnológica Centroamericana:.....	63
<b>VII.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Logo de Nipro Medical .....	2
Ilustración 2- Organigrama división renal de Nipro Honduras en San Pedro Sula .....	4
Ilustración 3- Mantenimiento preventivo de monitor de signos vitales.....	6
Ilustración 4- Mantenimiento correctivo a equipo médico .....	7
Ilustración 5- Pacientes en proceso de hemodiálisis.....	8
Ilustración 6- Máquina de hemodiálisis modelo Diamax de Nipro .....	8
Ilustración 7- Circuito extracorpóreo y circuito hidráulico en una máquina de hemodiálisis ....	9
Ilustración 8- Componentes de una planta de tratamiento de agua.....	11
Ilustración 9 - Concentrado ácido (seco).....	12
Ilustración 10- Cartucho de bicarbonato (seco).....	12
Ilustración 11- Instalaciones Nipro, IHSS-SPS.....	15
Ilustración 12- Prueba de dureza residual.....	16
Ilustración 13- Tanque para preparación de solución ácida .....	16
Ilustración 14- Osmosis inversa portátil.....	17
Ilustración 15- Partes internas de la máquina de hemodiálisis Diamax.....	17
Ilustración 16- Sensor Blood Leak Detector (BLD) .....	18
Ilustración 17- Cámara de balance (Máquina Diamax).....	20
Ilustración 18- Diafragma roto de cámara de balance .....	20
Ilustración 19- Revisión de válvulas .....	21
Ilustración 20- Reemplazo de filtros pulidores.....	21
Ilustración 21- Osmosis inversa.....	22
Ilustración 22- Limpieza de flujómetros de agua rechazo .....	22
Ilustración 23- Calibración de temperatura .....	24
Ilustración 24- Calibración de conductividad.....	24

Ilustración 25- Calibración de soluciones de dializado .....	25
Ilustración 26- Calibración de bomba de dializado .....	25
Ilustración 27- Sensor fx-101 .....	26
Ilustración 28- Revisión interna de sensor fx-101 .....	26
Ilustración 29- Instalación intrahospitalaria en módulo COVID .....	27
Ilustración 30- Actualización de software a versión 7.34 .....	27
Ilustración 31- Mantenimiento preventivo a máquina de hemodiálisis de emergencias.....	29
Ilustración 32- Cambio de ruedas a máquina de emergencias.....	29
Ilustración 33- Cambio de batería de respaldo a máquina de emergencias.....	30
Ilustración 34- Reemplazo de filtro de osmosis portátil .....	30
Ilustración 35- Sensor BLD de máquina #17 .....	31
Ilustración 36- Tarjeta MONITOR dañada .....	31
Ilustración 37- Reemplazo de pieza base de brazo de bicarbonato dañada.....	33
Ilustración 38- Pieza de brazo de bicarbonato dañada.....	33
Ilustración 39- Alarma "Falla de sensor de flujo 1" .....	34
Ilustración 40- Revisión de válvulas de máquina #32 .....	34
Ilustración 41- Tanque de salmuera.....	35
Ilustración 42- Osmosis inversa en Observación .....	35
Ilustración 43- Reemplazo de brazos de sillones dañados.....	36
Ilustración 44-Revisión y limpieza a planta eléctrica.....	38
Ilustración 45- Conexión de equipos en Observación.....	38
Ilustración 46- Conexión de equipo en UCIA.....	39
Ilustración 47- Motor con falla en osmosis portátil.....	39
Ilustración 48- Extracción de las balineras del motor .....	40
Ilustración 49-Cambio de filtro de 5micras a la osmosis portátil #2.....	40

Ilustración 50-Reemplazo de pieza de brazo de bicarbonato máquina #05 .....	41
Ilustración 51-Reemplazo de lámpara UV .....	43
Ilustración 52-Alarmas de falla en la conductividad en máquina #31 .....	43
Ilustración 53-Cámara de balance de máquina #31 .....	44
Ilustración 54-Reemplazo de la base de válvula #24 .....	44
Ilustración 55-Visita de estudiantes de UNITEC SPS a la División Renal de Nipro en el IHSS.	45
Ilustración 56- Explicación a los estudiantes sobre el funcionamiento de la máquina de hemodiálisis Diamax .....	45
Ilustración 57-Reemplazo de tapadera de conexión de pipeta de ácido .....	46
Ilustración 58-Inspección de área de almacenamiento de agua cruda.....	46
Ilustración 59- Instalación de máquina 1 en observación.....	48
Ilustración 60- Instalación de máquina 2 en observación.....	48
Ilustración 61- Reemplazo de o'ring.....	49
Ilustración 62- Actividad de prevención por el "Día del riñón" .....	49
Ilustración 63- Desinfección del tanque de salmuera .....	50
Ilustración 64- Ensamblaje de bomba centrífuga.....	50
Ilustración 65- Conexión de la bomba en la osmosis portátil .....	51
Ilustración 66- Pruebas de funcionamiento a osmosis portátil #1.....	51
Ilustración 67- Instalación de equipo en Observación .....	53
Ilustración 68- Instalación de equipo en UCIA .....	53
Ilustración 69- Instalación de equipo en módulo COVID .....	54
Ilustración 70- Cambio de filtro a osmosis portátil.....	54
Ilustración 71- Colocación de balineras nuevas en motor de osmosis estacionaria.....	55
Ilustración 72- Desinfección del tanque de salmuera.....	55
Ilustración 73-Reemplazo de pieza quebrada de brazo de bicarbonato .....	56

Ilustración 74- Toma de muestras para pruebas mensuales.....	56
Ilustración 75- Cambio de bomba de sangre en máquina #19.....	57
Ilustración 76- Mantenimiento correctivo a máquina #23.....	57
Ilustración 77- Falla en máquina #23 .....	58
Ilustración 78- Válvula #15 con corrosión.....	59
Ilustración 79- Instalación de máquina en UCIA.....	59
Ilustración 80- Reemplazo de filtro de osmosis portátil .....	60
Ilustración 81- Desinfección de tanque de salmuera .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Cronograma de actividades .....	61
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Sala de hemodiálisis del IHSS (Sección B) .....	67
Anexo 2- Revisión de máquina de hemodiálisis .....	67

## **LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO**

<b>ERC</b>	Enfermedad Renal Crónica
<b>IB</b>	Ingeniero Biomédico
<b>IHSS</b>	Instituto Hondureño de Seguridad Social
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>SPS</b>	San Pedro Sula
<b>UCI</b>	Unidad de Cuidados Intensivos
<b>UCIA</b>	Unidad de Cuidados Intensivos Adultos
<b>UNITEC</b>	Universidad Tecnológica Centroamericana
<b>UV</b>	Ultravioleta

## **I. INTRODUCCIÓN**

La Ingeniería Biomédica implementa los principios de las tecnologías en el campo de la salud. Combina y orienta los criterios de diseño en ingeniería y herramientas de análisis hacia la resolución de problemas en el área de salud.

El presente informe mostrará el desarrollo de práctica profesional de un Ingeniero Biomédico en la División Renal de Nipro Medical Honduras. Se detallarán las actividades llevadas a cabo durante cada semana, dentro de las cuales se destacarán las labores de mantenimiento e instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis, en el Instituto Hondureño de Seguridad de Social en la ciudad de San Pedro Sula.

El informe está dividido en siete capítulos. En el Capítulo II se describirá la empresa, el departamento asignado, y los objetivos del puesto. En el Capítulo III se presentará el marco teórico, el cual incluirá información relevante para brindar un contexto y mejorar la comprensión del desarrollo de actividades. En el Capítulo IV se mostrará una descripción de las actividades realizadas en orden cronológico. En el Capítulo V se presentarán las conclusiones que dan respuesta a los objetivos planteados. En el Capítulo VI se brindarán las recomendaciones para posibles mejoras. En el capítulo VII, se presentan las fuentes bibliográficas utilizadas.

## II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se presenta una descripción de la empresa, el departamento en el que se realizó la práctica profesional, y los objetivos del puesto.

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

#### 2.1.1 Historia

Nipro Medical Corporation es una subsidiaria de Nipro Corporation, tienen su sede en Osaka, Japón. Establecida en 1954, la empresa matriz se especializa en productos médicos, farmacéuticos y de vidrio. Nipro Medical Corporation (Ilustración 1) se estableció en 1996 en Miami, Florida. (*Nipro Medical Honduras, 2023, p.1*)



**Ilustración 1- Logo de Nipro Medical**

Fuente: (Nipro, 2023)

Los productos se comercializan en todo el mundo a través de oficinas ubicadas en más de 56 países, 27 plantas de producción, donde trabajan más de 29.000 empleados en búsqueda del bienestar de la salud de las personas. Nipro Medical Honduras se estableció desde el año 2007 y cuenta con las siguientes divisiones de productos y servicios: Renal, cardiopulmonar, endovascular, hospitalaria, diabetes, diagnóstica (*Nipro Medical Honduras, 2023*).

#### 2.1.2 Misión

Somos una multinacional japonesa que trabaja en función del bienestar y cuidado de la salud de nuestra sociedad, ofreciendo productos innovadores, con tecnología de punta y calidad, a través de un equipo humano integral, formado en valores y alto nivel profesional. (*Nipro Medical Honduras, 2023, p.1*)

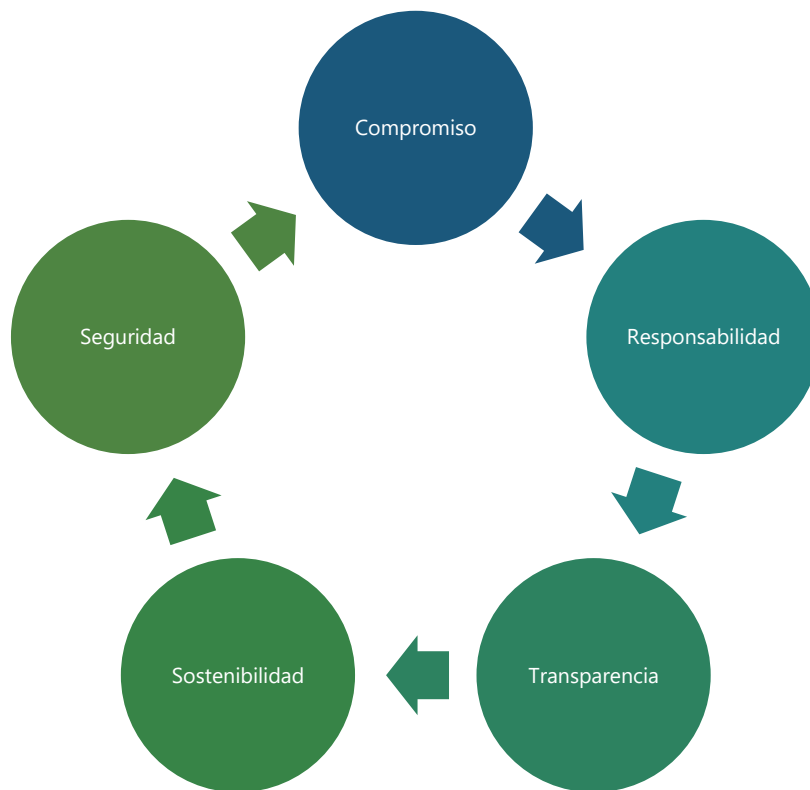
#### 2.1.3 Visión

Nipro Medical Honduras, será reconocida a nivel nacional e internacional como una empresa líder en el cuidado de la salud con altos estándares de calidad e innovación, enfocada

en identificar y atender las necesidades reales de nuestros clientes y nuestro equipo humano. Siendo un aliado estratégico, involucrados de manera responsable en el crecimiento mutuo, adaptándonos proactivamente al entorno cambiante. (Nipro Medical Honduras, 2023, p.1)

#### 2.1.4 Valores

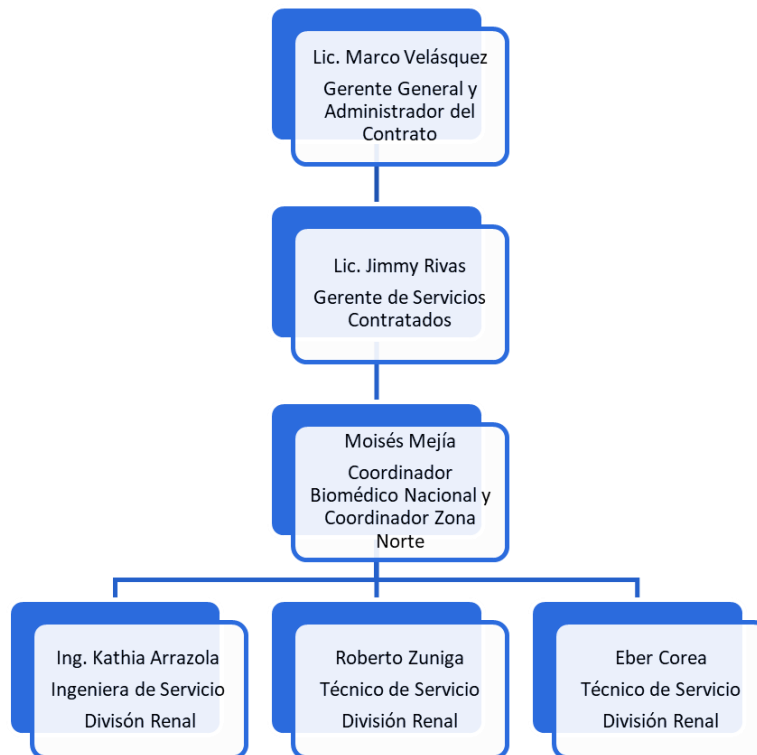
Los valores que caracterizan a Nipro Medical son:



Fuente: (Nipro, 2023)

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

La división renal de Nipro Medical Honduras brinda servicios en San Pedro Sula y Tegucigalpa. En la ciudad de Tegucigalpa (Zona centro-sur) prestan sus servicios a: Hospital María, Hospital Militar, Instituto Hondureño de Seguridad Social (sede principal). En la ciudad de San Pedro Sula (Zona norte) prestan sus servicios al Instituto Hondureño de Seguridad Social (Hospital Regional del Norte), lugar donde se llevó a cabo la presente práctica profesional (Ilustración 2).



**Ilustración 2- Organigrama división renal de Nipro Honduras en San Pedro Sula**

Fuente: (Nipro, 2023)

En el IHSS de San Pedro Sula hay un total de 42 máquinas de hemodiálisis modelo Diamax de Nipro. De las cuales 39 se encuentran en la sala de hemodiálisis, en funcionamiento desde el primer turno de pacientes que inicia a las 7:00am hasta el último turno que finaliza a las 11:00pm. Cada turno tiene una duración aproximada de cuatro horas. Adicionalmente, se tienen a la disposición tres máquinas de hemodiálisis y dos equipos de osmosis inversas portátiles para los pacientes que se encuentran en otras áreas hospitalarias como ser: Unidades de Cuidados Intensivos, Observación, entre otros.

Dentro de las labores del personal de biomédica de este departamento (conformado por un Ingeniero Biomédico y dos técnicos biomédicos) están:

- Manejo y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua
- Inspecciones diarias del sistema, tuberías, filtros
- Monitoreos diarios para verificar la calidad del agua y valores de presión en la red
- Preparación diaria de solución ácida para el líquido de hemodiálisis
- Conexiones de equipos en áreas intrahospitalarias
- Mantenimientos correctivos y preventivos a máquinas de hemodiálisis
- Mantenimientos correctivos y preventivos a planta de tratamiento de agua

- Apoyo al personal de enfermería en el uso de los equipos
- Monitoreo de desinfección y desincrustación de las máquinas de hemodiálisis
- Desinfección de anillo y tolva

## **2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO**

### 2.3.1 Objetivo General

Apoyar al personal biomédico de la unidad de hemodiálisis en actividades diarias necesarias para el funcionamiento óptimo de los equipos y la realización adecuada de procesos en la unidad.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

1. Llevar a cabo actividades de mantenimientos preventivos y correctivos a máquinas de hemodiálisis y planta de tratamiento de agua.
2. Monitorear la calidad de agua de diálisis y la solución ácida mediante la revisión diaria de parámetros determinados.
3. Realizar conexiones de equipos de hemodiálisis en áreas intrahospitalarias cuando sea solicitado.
4. Documentar procesos de mantenimientos y controles realizados para la correcta trazabilidad de los mismos.

### III. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se muestra información relevante que aportará a mejorar la comprensión de las temáticas abordadas en el desarrollo.

#### 3.1 GESTIÓN DE TECNOLOGÍA SANITARIA

La Gestión de Tecnología Sanitaria (GTS) consiste en el conjunto de acciones llevadas a cabo por distintos profesionales de la salud con el propósito de proveer procesos estratégicos de gestión a la institución, para el uso adecuado de la tecnología sanitaria, mediante acciones seguras, eficaces, y costo-eficientes (Cárdenas, 2018).

El establecimiento de prioridades es un proceder clave para el cual se emplean procedimientos de planificación, evaluación de necesidades, adquisición, inventarios, instalación, mantenimiento de equipos médicos, y capacitación para el uso y disposición final de seguros de la tecnología. En primera instancia, un entorno seguro para el paciente es una meta esencial para una gestión tecnológica en salud apropiada (Nariño, 2022).

##### 3.1.1 Mantenimiento Preventivo

“Se entiende por mantenimiento preventivo (MP) al mantenimiento planificado y periódico al equipo y a las instalaciones en general para prolongar su vida útil, con la finalidad de obtener mayor eficiencia” (Cabrera, 2016, p. 3).

Mediante los mantenimientos preventivos se busca poder reducir al máximo los riesgos relacionados al mal funcionamiento de los equipos e instalaciones; esto con el propósito principal de garantizar la seguridad de las personas, evitar “tiempos de paro” del equipo, y optimizar recursos (Ilustración 3).



**Ilustración 3- Mantenimiento preventivo de monitor de signos vitales**

Fuente: (Bin, 2020)

### 3.1.2 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo (Ilustración 4) está orientado a corregir las fallas en los equipos e instalaciones, localizando las averías y reparándolas. Los costos de reparación de un equipo suelen ser mucho mayores en la etapa correctiva que en la etapa preventiva. Por esta razón, se hace necesario contar con protocolos para el mantenimiento correctivo que contengan criterios y procesos claramente definidos para mejorar la eficiencia y la eficacia en la solución de los problemas y que permitan la máxima disponibilidad en la prestación de los servicios (Primerio et al., 2015).



**Ilustración 4- Mantenimiento correctivo a equipo médico**

Fuente: (Ponce, 2014)

## 3.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA HEMODIÁLISIS

“La enfermedad renal crónica (ERC) es la disminución lenta y progresiva (a lo largo de meses o años) de la capacidad de los riñones para filtrar los productos metabólicos de desecho presentes en la sangre” (Malkina, 2020, p.1).

El principal tratamiento indicado para los pacientes con enfermedad renal crónica es la realización continua de diálisis. La diálisis es el proceso artificial mediante el cual se depura la sangre; eliminando desechos, endotoxinas y el exceso de líquido. Existen dos tipos de diálisis: Diálisis peritoneal y Hemodiálisis. La elección depende del criterio médico y también de la respuesta del organismo del paciente, sin embargo, la más utilizada suele ser la hemodiálisis (Rivera, 2018).

“La hemodiálisis es un procedimiento en el que se utiliza una máquina de diálisis y un filtro especial llamado riñón artificial, o dializador, para limpiar la sangre (Ilustración 5)” (Hemodialysis, 2016).

El tiempo óptimo de tratamiento suele ser tres veces a la semana, durante cuatro horas por sesión a cada paciente durante el resto de su vida (Ashby et al., 2019).



**Ilustración 5- Pacientes en proceso de hemodiálisis**

Fuente: (Bin, 2020)

Esta modalidad de tratamiento exige disciplina y al mismo tiempo conlleva diversas alteraciones en el ámbito físico, psicológico, social y ambiental, los cuales están relacionadas con la calidad de vida de los pacientes (Costa et al., 2016).

### **3.3 TECNOLOGÍA UTILIZADA EN HEMODIÁLISIS**

Los principales componentes tecnológicos del sistema necesario para brindar la hemodiálisis son: Máquina de hemodiálisis, y planta de tratamiento de agua.

#### **3.3.1 Máquina de hemodiálisis**

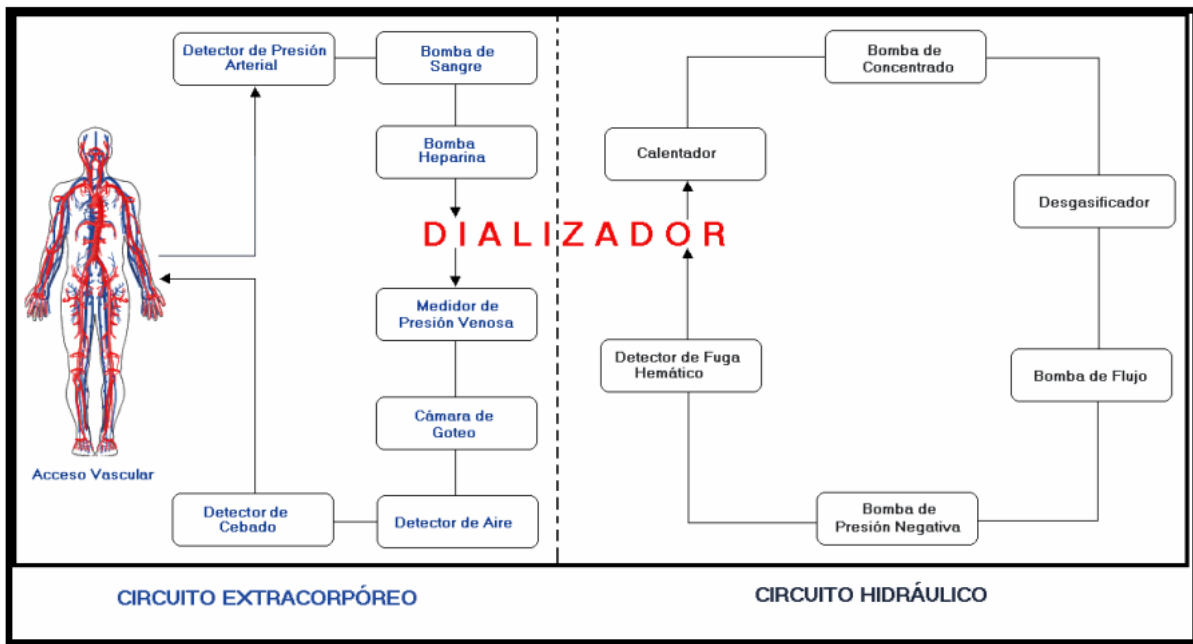
La máquina de hemodiálisis (Ilustración 6) es el dispositivo médico que permite realizar el tratamiento de hemodiálisis. El diseño y algunos componentes pueden variar según modelo y fabricante, sin embargo, el principio de funcionamiento suele ser el mismo.



**Ilustración 6- Máquina de hemodiálisis modelo Diamax de Nipro**

Fuente: (Nipro, 2023)

En una hemodiálisis se utilizan dos circuitos: Circuito sanguíneo extracorpóreo (o también llamado circuito paciente) y el circuito hidráulico interno (Ilustración 7).



**Ilustración 7- Circuito extracorpóreo y circuito hidráulico en una máquina de hemodiálisis**

Fuente: (Dalcame, 2021)

### 3.3.1.1 Circuito sanguíneo extracorpóreo

El circuito sanguíneo extracorpóreo conecta al paciente con la máquina de hemodiálisis mediante un acceso sanguíneo, el cual puede ser: una fístula, un injerto o un catéter (Ibeas et al., 2017).

El camino de la sangre comienza desde el conducto arterial del paciente, luego pasa por una bomba de sangre, donde la velocidad estará determinada por el flujo indicado por el médico; en Honduras, el flujo promedio en pacientes adultos suele ser de 250-450ml/min. Posteriormente se encuentra una bomba de heparina para evitar coagulaciones. La sangre llega al filtro dializador donde se limpia al interactuar con el líquido de dializado. Al salir del filtro, la sangre llega a una trampa de agua para evitar que cualquier burbuja entre al paciente, si no se detecta ninguna burbuja, la sangre continúa su recorrido hasta llegar al paciente (Herazo, 2021).

### 3.3.1.2 Circuito hidráulico interno

El circuito hidráulico interno es mediante el cual se transporta el líquido de diálisis hacia y desde el filtro que se encuentra en el circuito sanguíneo extracorpóreo; este circuito está en el interior de la máquina de diálisis.

Para comenzar este circuito la máquina debe estar conectada a una entrada de agua, esta agua debe ser previamente tratada. Dentro de la máquina, el agua tratada pasa por un calentador, para llevar el agua a un rango entre 36-40°C antes de mezclarse con el líquido de diálisis. Luego pasa a la bomba de concentrado, ahí se mezcla el agua con los concentrados de líquido para hemodiálisis, la proporción depende de la calibración en cada máquina de diálisis. La mayoría de las máquinas de hemodiálisis vienen equipadas con dos bombas de concentrado, una para el concentrado ácido y otra para el concentrado bicarbonato. Posteriormente el agua pasa por un desgasificador, ya que al calentarse produce burbujas y estas no pueden pasar hacia el circuito sanguíneo. Al tener la concentración de agua y de líquido de dializado correctas pasa por una bomba de flujo que normalmente va a 500 ml/min, la cual se encarga de llevar el líquido de diálisis hacia el dializador, y una bomba para el ultrafiltrado (Herazo, 2021).

### 3.3.2 Planta de tratamiento de agua

La calidad y pureza del agua de diálisis es fundamental y uno de los principales requerimientos al brindar servicios de hemodiálisis. Debido a que el líquido de diálisis entra en contacto con la sangre del paciente, la presencia de contaminantes en el agua de diálisis expone al paciente a un riesgo de acumular sustancias tóxicas. Esto en consecuencia puede ocasionar complicaciones graves en el paciente. La calidad del agua de diálisis es el resultado de una compleja cadena de sistemas que deben cumplir con estándares de calidad para otorgar un producto final seguro para el paciente (Tapia & Castillo, 2022).

Es por esto por lo que se debe contar con una planta de tratamiento de agua que contenga los componentes necesarios para que se puedan llevar a cabo los pasos de filtración correctamente (Ilustración 8). Además, el agua tratada para hemodiálisis debe cumplir con los requisitos físico-químicos de la norma ANSI/AAMI/ISO 23500 y sus modificatorias (Santa Maria, 2019).

Según (García, 2020), las etapas para el tratamiento adecuado del agua de hemodiálisis son: 1) Preparación, 2) Pretratamiento, 3) Tratamiento y 4) Distribución.

Estas etapas están conformadas por diferentes componentes dentro de los cuales se encuentran los más esenciales: 1) Tanques de almacenamiento de agua potable, 2) Filtro de lecho profundo o de sedimentos, 3) Filtro suavizador de resina activada por salmuera, 4) Filtro de carbón activado, 5) Filtro de retención de partículas de 5 micras, 6) Filtro de retención de endotoxinas, 7) Ósmosis inversa, 8) Tanque de almacenamiento de agua producto, 9) Anillo de tubería de distribución de agua hacia máquinas de hemodiálisis con retorno a ósmosis inversa, 10) Equipo de radiación UV, 11) Sistema de bombas.



**Ilustración 8- Componentes de una planta de tratamiento de agua**

Fuente: (Culligan, 2017)

### 3.4 LÍQUIDO DE DIÁLISIS

La hemodiálisis requiere el uso de grandes volúmenes de líquido de diálisis limpio y recién preparado para favorecer la eliminación de productos de desecho (urea y creatinina) en la sangre. Así mismo, para corregir el desequilibrio electrolítico y ácido-base de la insuficiencia renal crónica. El líquido de diálisis se produce mezclando agua limpia según el estándar AAMI con un concentrado de ácido y base (Desai, 2015).

Este medio líquido se pone en contacto con la sangre a través de la membrana semipermeable del dializador durante la sesión de hemodiálisis. La composición del líquido de diálisis tiene una composición electrolítica parecida al plasma (Pérez-García et al., 2016).

La calidad del líquido de diálisis influye en la salud de los pacientes, ya que entra en contacto con la sangre a través del dializador. Los niveles anormales de electrolitos en la sangre pueden provocar diversos síntomas y efectos adversos para la salud. La gestión de la calidad del líquido de diálisis es extremadamente importante para la diálisis.

### 3.4.1 Concentrado ácido

El concentrado ácido (Ilustración 9) contiene cloruros de sodio, potasio, calcio, magnesio, dextrosa; así como un agente acidificante que suele ser ácido crítico. Un concentrado de ácido suele aportar entre 2,4 y 5 mM de un ácido a la solución de diálisis final (Lew et al., 2017).



**Ilustración 9 - Concentrado ácido (seco)**

Fuente: (Purasa, 2021)

### 3.4.2 Concentrado base

La base o concentrado de bicarbonato (Ilustración 10) contiene bicarbonato sódico (líquido o seco) y a veces se añade cloruro sódico para aumentar la conductividad. La conductividad representa la capacidad que tienen las soluciones para transportar corriente eléctrica. (Lew et al., 2017).



**Ilustración 10- Cartucho de bicarbonato (seco)**

Fuente: (Nipro, 2023)

### 3.5 ANÁLISIS DEL SECTOR

La enfermedad renal crónica afecta a una gran cantidad de personal en todo el mundo. Debido a esto es necesario que los países pongan a la disposición de todos los pacientes, opciones de tratamientos como ser la hemodiálisis.

#### 3.5.1 Internacional

La enfermedad renal crónica es una afección progresiva que afecta a más del 10% de la población general en todo el mundo, lo que supone más de 800 millones de personas. La enfermedad renal crónica representa una carga especialmente pesada para los países de ingresos bajos y medios, debido a que son los menos preparados para brindar la atención y tratamientos adecuados a los pacientes (Kovesdy, 2022).

#### 3.5.2 Nacional

Actualmente en Honduras, las principales empresas que brindan los servicios de hemodiálisis a las instituciones de salud son: Nipro Medical y Diálisis de Honduras.

Diálisis de Honduras cuenta con un contrato con la secretaria de Salud, por lo que brinda servicios en los 12 departamentos a nivel nacional, para los pacientes con ERC del sector público de salud. Se estima que atienden alrededor de 4,500 pacientes (*Salud y Diálisis de Honduras, 2018*).

Según Moisés Mejía, Coordinador Nacional de la División Renal de Nipro: "Nipro Medical Honduras abarca aproximadamente una cantidad de 500 pacientes que se encuentran distribuidos en las ciudades de San Pedro Sula y Tegucigalpa".

## **IV. DESARROLLO**

En este capítulo se muestra una descripción y fotografías de las actividades realizadas durante cada una de las diez semanas de práctica profesional. Asimismo, se incluye la introducción y los objetivos de cada semana.

### **4.1 SEMANA 1: ENERO 16-22**

#### 4.1.1 Objetivos

- Conocer las áreas y componentes de la división renal de Nipro en el IHSS
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis
- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos

#### 4.1.2 Introducción

Durante la primera semana se inició la familiarización con las áreas, procesos y labores realizadas por el personal biomédico de la división renal de Nipro en el IHSS. También se comenzaron a conocer los diferentes componentes de la máquina de hemodiálisis modelo Diamax.

#### 4.1.3 Desarrollo de las actividades

El primer día se inició con una inducción y explicación de los componentes de la planta de tratamiento de agua (filtros, conexiones de tuberías, equipo de osmosis inversa, bombas), y máquina de hemodiálisis. Se realizó un recorrido (Ilustración 11) por la sala de hemodiálisis y otras áreas importantes como ser el área del generador, tanques de agua y bombas de respaldo.

Se brindó una explicación de los controles que se realizan diariamente para monitorear la calidad del agua tratada (la cual es utilizada para el líquido de diálisis), y además el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento. Dentro de estos controles diarios están: 1) Prueba de cloro, 2) Control de caída de presión de filtros de sedimento, 3) Control de diferencias de presión de los filtros cartuchos, 4) Control de dureza residual (Ilustración 12). En los siguientes días se atendieron a los llamados por alarmas de algunas maquinas en la sala de hemodiálisis, donde la mayoría se debían a problemas de conexión en componentes del circuito del paciente, o mala colocación del cartucho de bicarbonato. Se conoció a detalle el procedimiento para la preparación del concentrado ácido (Ilustración 13); este proceso se realiza diariamente y se debe medir el valor de densidad del ácido para verificar que se encuentre dentro de los valores aceptables. También se colaboró en las conexiones

intrahospitalarias de máquinas de hemodiálisis y osmosis portátil (Ilustración 14) para pacientes que se encontraban en el área de Observación. Se llevaron a cabo mantenimientos correctivos, uno de los cuales se realizó a una máquina de hemodiálisis (Ilustración 15) que presentaban fallas en el sensor BLD-Blood Leak Detector (Ilustración 16), el cual es el que detecta fugas de sangre fuera de las líneas del paciente. Al revisar la maquina se pudo identificar que el sensor tenía humedad debido a que la válvula 41 (ubicada arriba), tenía una rotura en la membrana, por lo que se estaba filtrando agua que caía en los componentes del sensor. Sin embargo, este sensor se logró recuperar luego de que se procedió a hacer una limpieza de contactos y aplicarle aire comprimido. Posteriormente se realizaron las pruebas y calibraciones pertinentes para asegurarse que el sensor funcionara correctamente. Para finalizar la semana, se participó en el proceso de desinfección de anillo y tolva, esto se realiza un domingo debido a que este día no se atienden pacientes.

#### 4.1.4 Anexos semanales



**Ilustración 11- Instalaciones Nipro, IHSS-SPS**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 12- Prueba de dureza residual**

Fuente: Elaboración propia



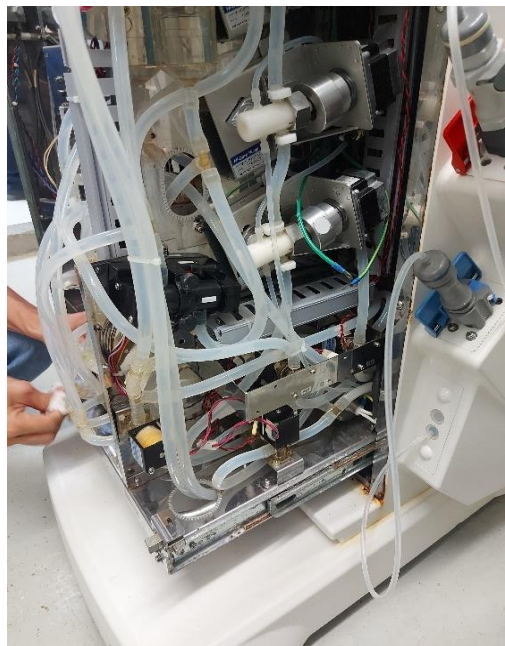
**Ilustración 13- Tanque para preparación de solución ácida**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 14- Ósmosis inversa portátil**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 15- Partes internas de la máquina de hemodiálisis Diamax**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 16- Sensor Blood Leak Detector (BLD)**

Fuente: Elaboración propia

## **4.2 SEMANA 2: ENERO 23-27**

### 4.2.1 Objetivos

- Realizar mantenimientos correctivos y preventivos
- Monitorear el estado de la planta de tratamiento de agua
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis

### 4.2.2 Introducción

Durante la segunda semana se realizaron labores de mantenimientos correctivos a máquinas de hemodiálisis. Se conocieron más a detalle las acciones que se deben realizar cuando la máquina presenta valores de conductividad altos de manera constante. También se realizaron mantenimientos preventivos a la planta de tratamiento de agua, como ser el cambio de filtros.

### 4.2.3 Desarrollo de actividades

Se realizó mantenimiento correctivo a dos máquinas de hemodiálisis que estaban mostrando una conductividad inestable. Se procedió a hacer la revisión y verificar que el suministro de bicarbonato y ácido estuviese bien, al confirmarse esto se decidió revisar la cámara de balance (Ilustración 17) en cada una, debido a que esta tiene la función de dividir el agua que va desde y hacia el filtro dializador. Se encontró que los diafragmas internos estaban rotos (Ilustración 18), por lo que esto ocasionaba una filtración de componentes en el agua de diálisis. Se reemplazaron los diafragmas en ambas y además se realizó una revisión y limpieza de las válvulas. Posteriormente se hicieron las pruebas para comprobar que funcionaran correctamente. Se llevó a cabo un mantenimiento correctivo en una máquina de hemodiálisis que presentaba una fuga de agua interna, al revisar se identificó que se debía a una rotura en la membrana de la válvula 02. Se procedió a cambiar la membrana y además se realizó una limpieza a la válvula (Ilustración 19). También se realizó la instalación temporal de una máquina de hemodiálisis y una osmosis inversa en el área de Observación. Se reemplazaron los filtros pulidores (Ilustración 20) de pretratamiento (de la planta de tratamiento de agua), los cuales son dos, uno de 5 micras y otro de 1 micra. También se realizó una limpieza de los flujómetros del agua de rechazo de las osmosis inversas (Ilustraciones 21 y 22).



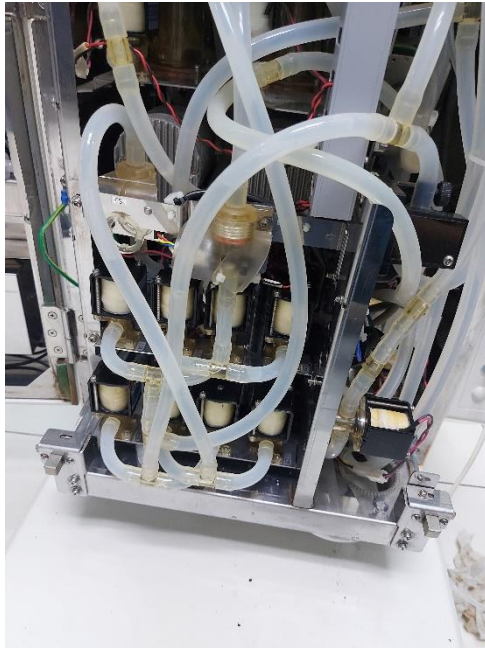
**Ilustración 17- Cámara de balance (Máquina Diamax)**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 18- Diafragma roto de cámara de balance**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 19- Revisión de válvulas**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 20- Reemplazo de filtros pulidores**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 21- Osmosis inversa**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 22- Limpieza de flujómetros de agua rechazo**

Fuente: Elaboración propia

### **4.3 SEMANA 3: ENERO 30-FEBRERO 05**

#### 4.3.1 Objetivos

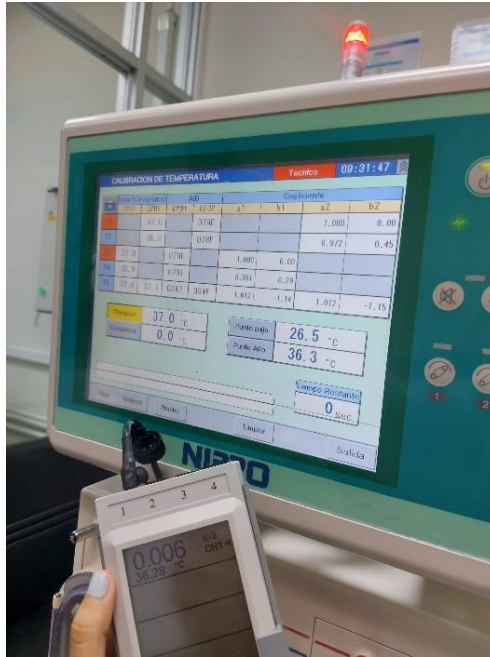
- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos
- Monitorear el estado de la planta de tratamiento de agua
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis

#### 4.3.2 Introducción

Durante esta semana se realizaron distintas actividades de mantenimientos preventivos, como ser calibraciones y actualizaciones de softwares a máquinas de hemodiálisis que estaban fuera de sala. También fue necesario hacer mantenimiento correctivo a algunas máquinas que presentaron fallas. Así mismo, la preparación diaria de la solución acida, e instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis.

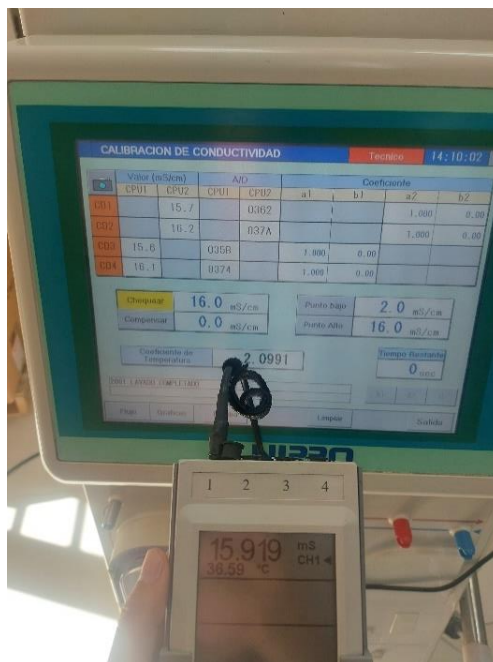
#### 4.3.3 Desarrollo de actividades

Se inició la semana haciendo los controles diarios a la planta de tratamiento de agua, como ser revisión de presiones, dureza del agua, y cloro. Asimismo, también se realizó la preparación diaria de la solución ácida. En el transcurso de la semana se llevaron a cabo calibraciones a las máquinas que estaban fuera de sala. Las calibraciones (Ilustraciones 23, 24, 25 y 26) que se realizaron fueron: 1) Calibración de temperatura, 2) Calibración de soluciones de dializado, 3) Calibración de bomba de dializado, 4) Calibración del detector de sangre y burbujas. Durante las calibraciones, la máquina #25 presentaba fallos en la calibración del detector de sangre y burbujas, ya que no detectaba la sangre en la línea. Debido a esto se tuvo que hacer una revisión y limpieza interna del sensor (Ilustraciones 27 y 28), sin embargo, esto no funcionó; por lo cual se optó por reemplazar el sensor fx-101 ya que además tenía humedad. Posteriormente se realizaron las pruebas y la máquina funcionaba correctamente. También se realizó la instalación intrahospitalaria de equipo de hemodiálisis (Ilustración 29) en el módulo de COVID. Finalmente, el domingo se llevó a cabo la actualización de software (Ilustración 30) a todas las cuarenta y dos máquinas de hemodiálisis.



**Ilustración 23- Calibración de temperatura**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 24- Calibración de conductividad**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 25- Calibración de soluciones de dializado**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 26- Calibración de bomba de dializado**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 27- Sensor fx-101**

Fuente: Elaboración propia



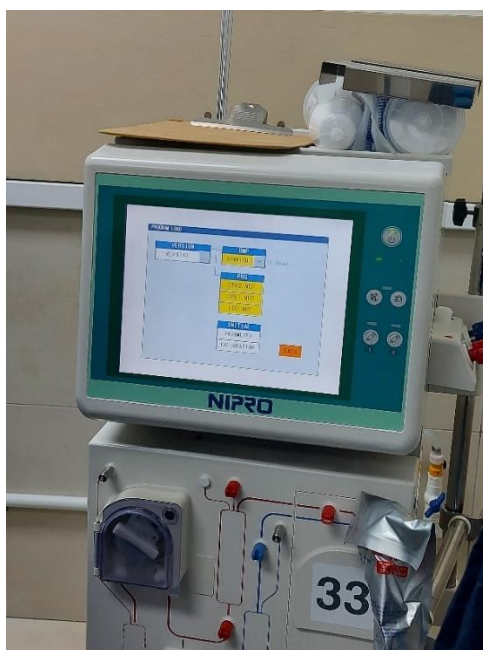
**Ilustración 28- Revisión interna de sensor fx-101**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 29- Instalación intrahospitalaria en módulo COVID**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 30- Actualización de software a versión 7.34**

Fuente: Elaboración propia

## **4.4 SEMANA 4: FEBRERO 06-11**

### 4.4.1 Objetivos

- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos
- Monitorear el estado de la planta de tratamiento de agua
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis

### 4.4.2 Introducción

Durante la cuarta semana se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos, tanto a las máquinas de hemodiálisis como a la planta de tratamiento de agua. También tareas diarias como ser la preparación de solución ácida, y control de la calidad del agua tratada.

### 4.4.3 Descripción de actividades

Se inició la semana haciendo los controles diarios y revisión de parámetros a la planta de tratamiento de agua. En el transcurso de la semana se realizó mantenimiento preventivo a la máquina de hemodiálisis de emergencias; dentro de este mantenimiento se limpiaron las partes internas de la máquina con la ayuda de un compresor (Ilustración 31), también se reemplazaron las llantas (Ilustración 32) y las baterías de respaldo (Ilustración 33). En el transcurso de la semana se realizó cambio de filtro de la osmosis portátil (Ilustración 34). Se llevó a cabo un mantenimiento correctivo a la maquina #17, debido a que presentaba "Falla en prueba de sensor de fuga de sangre". Se procedió a realizar una revisión interna donde se encontró que la válvula 41 tenía fuga de agua, la cual caía directamente en el sensor BLD (Ilustración 35), ocasionando que este se dañara. Se reemplazó el sensor BLD, sin embargo, la falla persistía, por lo que se revisaron los cables que iban hacia la tarjeta. Los cables no presentaban daños; entonces se procedió a hacer cambio de la tarjeta MONITOR (Ilustración 36). Con esto se logró finalmente solucionar la falla.

#### 4.4.4 Anexos semanales



**Ilustración 31- Mantenimiento preventivo a máquina de hemodiálisis de emergencias**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 32- Cambio de ruedas a máquina de emergencias**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 33- Cambio de batería de respaldo a máquina de emergencias**

Fuente: Elaboración propia



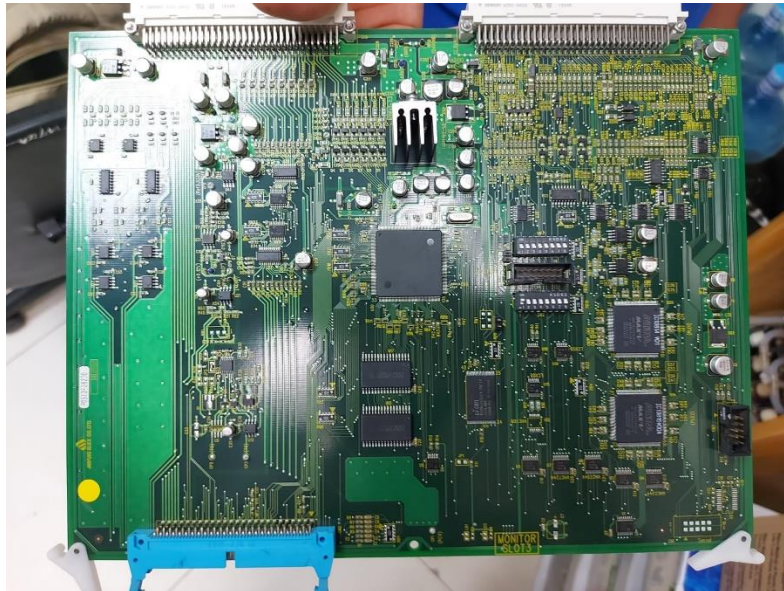
**Ilustración 34- Reemplazo de filtro de osmosis portátil**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 35- Sensor BLD de máquina #17**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 36- Tarjeta MONITOR dañada**

Fuente: Elaboración propia

## 4.5 SEMANA 5: FEBRERO 13-18

### 4.5.1 Objetivos

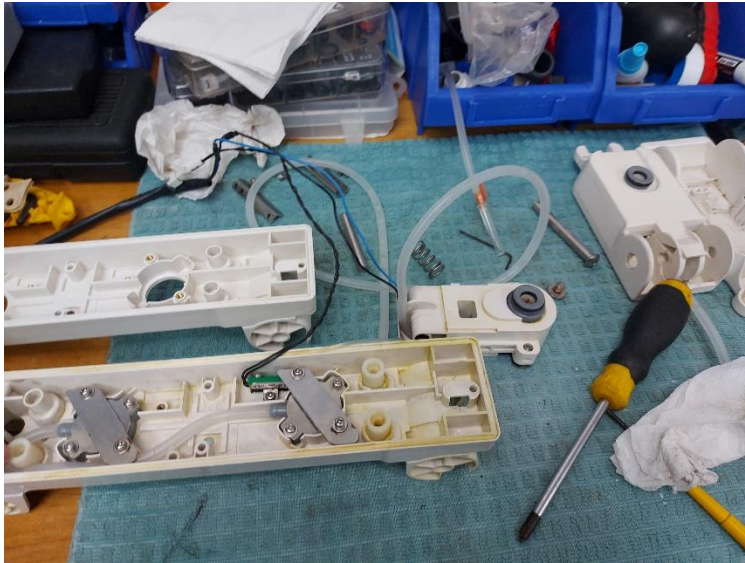
- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos
- Monitorear el estado de la planta de tratamiento de agua
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis

### 4.5.2 Introducción

Durante la quinta semana se realizaron mayormente mantenimientos correctivos a las máquinas de hemodiálisis. En cuanto a la planta de tratamiento de agua, se realizó revisión y mantenimiento preventivo a los filtros. Además de las tareas diarias como ser la preparación de solución ácida, y control de la calidad del agua tratada.

### 4.5.3 Descripción de actividades

Se inició la semana haciendo los controles diarios a la planta de tratamiento de agua, como ser revisión de presiones, dureza del agua, y cloro. Se llevaron a cabo mantenimientos correctivos a dos máquinas que presentaban daños en el brazo de bicarbonato. Una de ellas tenía dañada la pieza base del brazo de bicarbonato (Ilustración 37), por lo que se reemplazó completamente. En cuanto a la otra máquina, el brazo solo presentaba daños en una pieza lateral (Ilustración 38), por lo que no hubo necesidad de quitar todo el brazo, solo se reemplazó la pieza dañada. También se realizó mantenimiento correctivo a la máquina #32, debido a que mostraba de manera continua la alarma "Falla en sensor de flujo 1" (Ilustración 39). Se realizó una revisión y limpieza de las válvulas (Ilustración 40) que podían estar ocasionando esta falla, y se encontró que la válvula 01 estaba obstruida, por lo que se limpió; posteriormente se hicieron pruebas y la máquina quedó funcionando correctamente. El miércoles en la noche, al finalizar el último turno de pacientes, se realizó la regeneración del filtro suavizador, para también el jueves poder hacer la desinfección del tanque de salmuera (Ilustración 41). Se realizó la instalación de equipos de hemodiálisis en el área de Observación (Ilustración 42). Para finalizar la semana se reemplazaron los brazos (Ilustración 43) que estaban dañados en algunos sillones.



**Ilustración 37- Reemplazo de pieza base de brazo de bicarbonato dañada**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 38- Pieza de brazo de bicarbonato dañada**

Fuente: Elaboración propia



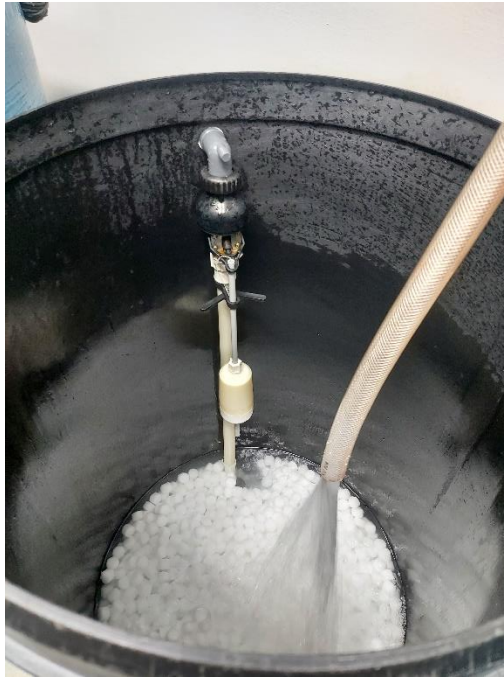
**Ilustración 39- Alarma "Falla de sensor de flujo 1"**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 40- Revisión de válvulas de máquina #32**

Fuente: Elaboración propia



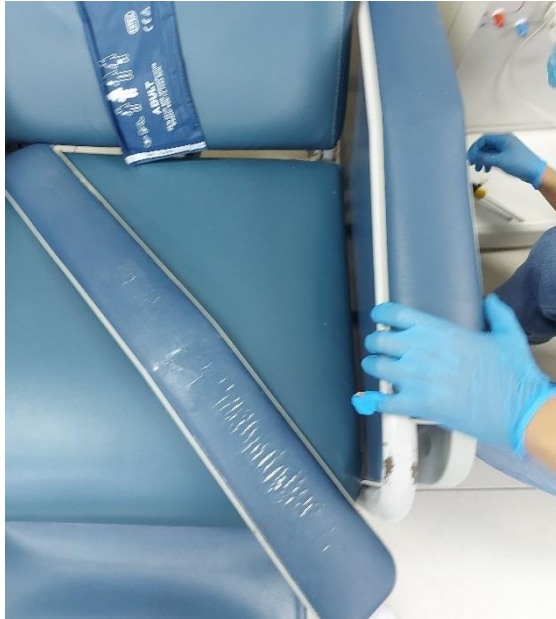
**Ilustración 41- Tanque de salmuera**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 42- Osmosis inversa en Observación**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 43- Reemplazo de brazos de sillones dañados**

Fuente: Elaboración propia

## **4.6 SEMANA 6: FEBRERO 20-25**

### 4.6.1 Objetivos

- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos
- Monitorear el estado de la planta de tratamiento de agua
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis

### 4.6.2 Introducción

En la sexta semana se realizaron las tareas diarias como ser la preparación de solución ácida, y control de la calidad del agua tratada. Así mismo, se realizaron conexiones de equipo en áreas intrahospitalarias, se llevaron a cabo mantenimientos preventivos a planta eléctrica y osmosis portátil, además de mantenimientos correctivos a máquinas y osmosis.

### 4.6.3 Descripción de las actividades

Como es habitual, se inició la semana haciendo los controles diarios a la planta de tratamiento de agua, dentro de los cuales están la revisión de presiones, dureza del agua, y cloro. Se llevó a cabo una revisión y limpieza de la planta eléctrica (Ilustración 44), además de una prueba de arranque para comprobar que estuviese funcionando correctamente. En el transcurso de la semana se realizaron conexiones intrahospitalarias de equipo de hemodiálisis en las áreas de Observación (Ilustración 45), y también en la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos (Ilustración 46). Durante la conexión en el área de Observación se detectó un problema en la osmosis portátil, debido a que estaba haciendo un sonido fuerte e inusual. Se determinó que el problema era el motor, por lo que se decidió reemplazar la osmosis por otra osmosis portátil. Posteriormente se realizó la extracción del motor para poder revisarlo (Ilustración 47), y se encontró que el problema eran las balineras, por lo que se procedió a quitarlas (Ilustración 48), y quedar a la espera de los repuestos. Se realizó cambio del filtro de 5 micras a la osmosis portátil #2 (Ilustración 49). Se llevó a cabo un mantenimiento correctivo a la máquina #05, esta tenía quebrada una pieza del brazo de bicarbonato (Ilustración 50), por lo que se reemplazó por una nueva, y la máquina quedó funcionando correctamente.



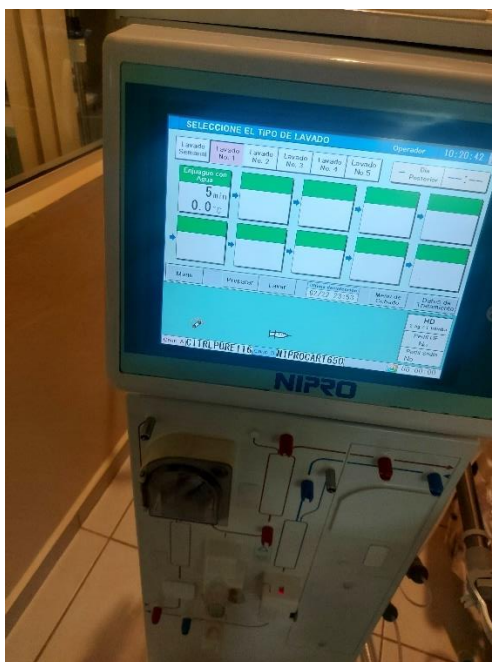
**Ilustración 44- Revisión y limpieza a planta eléctrica**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 45- Conexión de equipos en Observación**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 46- Conexión de equipo en UCIA**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 47- Motor con falla en osmosis portátil**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 48- Extracción de las balineras del motor**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 49-Cambio de filtro de 5micras a la osmosis portátil #2**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 50-Reemplazo de pieza de brazo de bicarbonato máquina #05**

Fuente: Elaboración propia

## **4.7 SEMANA 7: FEBRERO 27-MARZO 03**

### 4.7.1 Objetivos

- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos
- Monitorear el estado de la planta de tratamiento de agua
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis

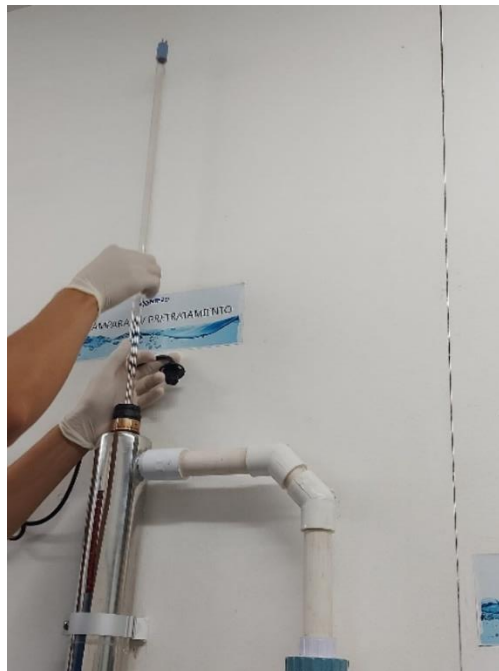
### 4.7.2 Introducción

Durante la quinta semana se realizaron las tareas diarias como ser la preparación de solución ácida, y control de la calidad del agua tratada. Se realizaron mantenimientos correctivos a dos máquinas de hemodiálisis. Además, se tuvo la visita de los estudiantes de Ingeniería Biomédica, como parte de la actividad programada de "Biomed Homecoming".

### 4.7.3 Descripción de las actividades

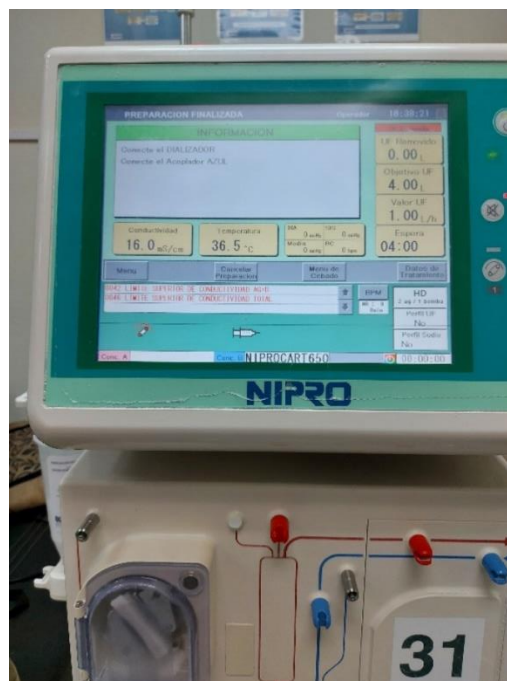
Se inició la semana realizando los controles diarios a la planta de tratamiento de agua, y además se reemplazó la lámpara UV que se encuentra en la parte de pre-tratamiento (Ilustración 51). En el transcurso de la semana se sacó de servicio la máquina #31 debido a que estaba presentando fallas con la conductividad (Ilustración 52). La máquina no lograba estabilizarse por lo que dedujo que el problema podría estar relacionado con la cámara de balance. Debido a esto se procedió a sacar la cámara y reemplazarla por otra, posterior a este cambio la maquina funcionó correctamente. Se dejó en prueba por un tiempo, y luego se llevó nuevamente a sala. Luego se realizó la revisión de la cámara de balance que presentaba fallos (Ilustración 53), se verificó el estado de los diafragmas y las válvulas. Se reemplazó la base de la válvula #24, debido a que estaba quebrada y filtraba agua (Ilustración 54). El miércoles se tuvo la visita de nueve estudiantes de tercer y cuarto año, de Ingeniería Biomédica UNITEC SPS. Durante esta visita se les dio un recorrido por las instalaciones (Ilustración 55), además se les explicó los procesos que se realizan y como impactan directamente la salud de los pacientes con ERC, resaltando la importancia de la labor del Biomédico en cada uno de ellos. También los estudiantes tuvieron la oportunidad de ver los componentes de una máquina de hemodiálisis y conocer un poco sobre su funcionamiento (Ilustración 56). Durante el resto de la semana, se realizó un mantenimiento correctivo a la maquina #33, debido a que tenía quebrado el accesorio donde se coloca la pipeta de ácido (Ilustración 57); se reemplazó por uno nuevo, y la máquina quedo funcionando correctamente. Finalmente se realizó una

inspección en el área de almacenamiento de agua tratada (Ilustración 58) para corroborar que todos los componentes estuvieran funcionando correctamente.



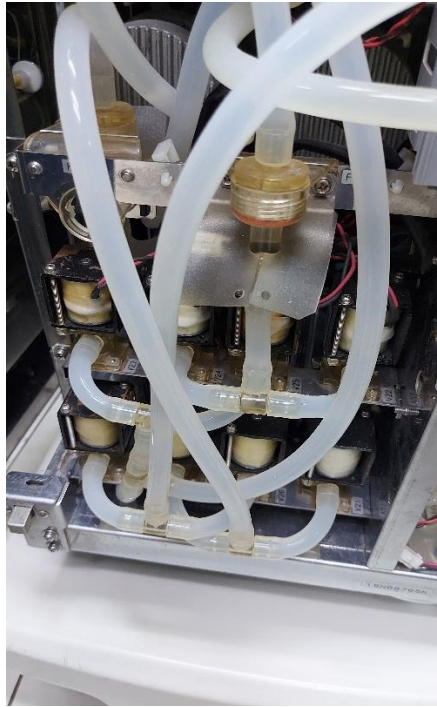
**Ilustración 51-Reemplazo de lámpara UV**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 52-Alarmas de falla en la conductividad en máquina #31**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 53-Cámara de balance de máquina #31**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 54-Reemplazo de la base de válvula #24**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 55-Visita de estudiantes de UNITEC SPS a la División Renal de Nipro en el IHSS**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 56- Explicación a los estudiantes sobre el funcionamiento de la máquina de hemodiálisis Diamax**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 57-Reemplazo de tapadera de conexión de pipeta de ácido**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 58-Inspección de área de almacenamiento de agua cruda**

Fuente: Elaboración propia

## 4.8 SEMANA 8: MARZO 06-11

### 4.8.1 Objetivos

- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos
- Monitorear el estado de la planta de tratamiento de agua
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis

### 4.8.2 Introducción

Durante esta semana se realizaron al menos cinco conexiones intrahospitalarias en el área de Observación. Así mismo, se realizó mantenimiento correctivo a una máquina de hemodiálisis, y otras actividades de mantenimientos preventivos a la planta de tratamiento de agua. Se finalizó el mantenimiento correctivo de la bomba centrífuga de la osmosis portátil. Finalmente, también se celebró el "Día del Riñón", donde se colaboró con actividades para la prevención de ERC.

### 4.8.3 Descripción de las actividades

Se inició la semana con los controles diarios de la planta de tratamiento de agua. Posteriormente se realizó la instalación de dos máquinas de hemodiálisis en el área de Observación (Ilustraciones 59 y 60), lo cual se continuó realizando durante otros días de la semana. El martes hubo un corte del suministro de agua por parte de aguas de san pedro, por lo que se estuvo al pendiente de que el nivel del agua en la cisterna y tanques fuese suficiente para poder cubrir con la demanda. Se realizó un mantenimiento correctivo a la máquina #36, debido a que estaba fugando agua por el brazo de bicarbonato, se identificó que era el o 'ring, por lo que se reemplazó por uno nuevo, y con eso se solucionó el problema. El miércoles y jueves se llevó a cabo una actividad de prevención por el "Día del Riñón", el personal sanitario realizó la medición de presión arterial y glucosa en sangre de manera gratuita a todas las personas que quisieran (Ilustración 62). Así mismo, el jueves se realizó la desinfección del tanque de salmuera (Ilustración 63). Se finalizó la semana con el ensamblaje de la bomba centrífuga de la osmosis portátil (Ilustración 64), la cual estaba pendiente de armar porque aún no se contaba con los repuestos (balineras). Se ensamblaron todos los componentes y se colocaron las balineras nuevas, posteriormente se conectó en la osmosis, y se realizaron

pruebas para comprobar el funcionamiento (Ilustraciones 65 y 66). La bomba funcionó correctamente, por lo que la osmosis portátil #1 ya podía ser utilizada.



**Ilustración 59- Instalación de máquina 1 en observación.**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 60- Instalación de máquina 2 en observación.**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 61- Reemplazo de o'ring**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 62- Actividad de prevención por el "Día del riñón"**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 63- Desinfección del tanque de salmuera**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 64- Ensamblaje de bomba centrífuga**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 65- Conexión de la bomba en la osmosis portátil**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 66- Pruebas de funcionamiento a osmosis portátil #1**

Fuente: Elaboración propia

## 4.9 SEMANA 9: MARZO 13-18

### 4.9.1 Objetivos

- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos
- Monitorear el estado de la planta de tratamiento de agua
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis

### 4.9.2 Introducción

Durante la novena semana se realizaron actividades en el turno B o turno de la tarde-noche. La mayoría de las cuales consistieron en la instalación intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis. Por otra parte, se llevaron a cabo tres mantenimientos correctivos a máquinas de hemodiálisis, y otras actividades preventivas.

### 4.9.3 Descripción de las actividades

Se inició la semana con la instalación de una máquina de hemodiálisis en Observación, en UCIA, y en modulo COVID (Ilustraciones 67, 68 y 69). Se le cambió el filtro de 5 micras a la osmosis portátil colocada en UCIA (Ilustración 70). Así mismo, se continuo la semana terminando de armar el motor de la osmosis estacionaria, colocándole las balineras nuevas (Ilustración 71). El miércoles en la noche se dejó regenerando el filtro suavizador, y posteriormente el jueves se realizó la desinfección del tanque de salmuera (Ilustración 72). Se realizó un mantenimiento correctivo a una máquina que no reconocía el cartucho de bicarbonato debido a que una pieza del brazo estaba quebrada (Ilustración 73); por lo que se procedió a reemplazarla, y se solventó la falla. En el transcurso de la semana, se tuvo la visita de un laboratorio externo para tomar las muestras mensuales del agua cruda, agua tratada, y agua de diálisis (Ilustración 74). Esto se hace con el objetivo de validar que todos los componentes se encuentren dentro de los valores seguros para los pacientes, los cuales son establecidos por normativas internacionales. Durante el resto de la semana, se realizó un mantenimiento correctivo a la máquina #19, debido a que se reportó que la bomba de sangre se detenía sin generar alarma. Se decidió reemplazar la bomba (Ilustración 75), ya que la falla persistía; con dicho cambio se solventó el problema. Se finalizó la semana con un mantenimiento correctivo a la maquina #23, esta se alarmaba en la etapa de lavado. Se

revisaron las mangueras internamente, al igual que las válvulas #01 y #02, las cuales también se limpiaron. Después de estas acciones la máquina funcionó correctamente.



**Ilustración 67- Instalación de equipo en Observación**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 68- Instalación de equipo en UCIA**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 69- Instalación de equipo en módulo COVID**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 70- Cambio de filtro a osmosis portátil**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 71- Colocación de balineras nuevas en motor de osmosis estacionaria.**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 72- Desinfección del tanque de salmuera**

Fuente: Elaboración propia



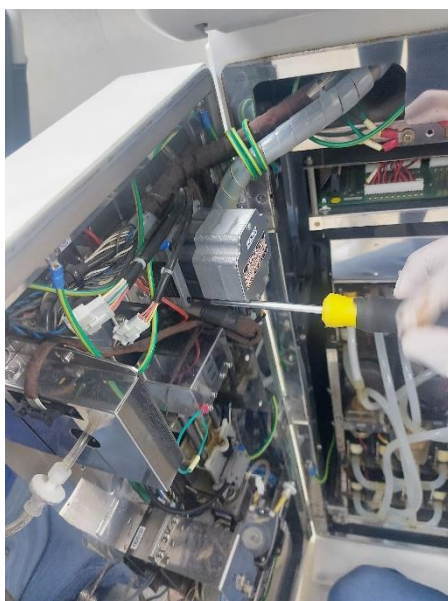
**Ilustración 73-Reemplazo de pieza quebrada de brazo de bicarbonato**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 74- Toma de muestras para pruebas mensuales**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 75- Cambio de bomba de sangre en máquina #19**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 76- Mantenimiento correctivo a máquina #23**

Fuente: Elaboración propia

## 4.10 SEMANA 10: MARZO 20-24

### 4.10.1 Objetivos

- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos
- Monitorear el estado de la planta de tratamiento de agua
- Apoyar en las instalaciones intrahospitalarias de equipos de hemodiálisis

### 4.10.2 Introducción

Durante la décima y última semana se realizaron las tareas diarias de la mañana, como ser la preparación de solución ácida, y control de la calidad del agua tratada. Se realizó mantenimiento correctivo a una máquina de hemodiálisis, y se realizaron instalaciones en la UCIA. En general no se tuvieron muchas incidencias.

### 4.10.3 Descripción de las actividades

Se inició la semana revisando nuevamente la maquina #23 debido a que continuaba alarmándose en la etapa de recirculación del lavado (Ilustración 77). Se decidió revisar la válvula #15 (Ilustración 78), la cual se encontró que tenía corrosión, por lo que se reemplazó. Aun después de estas acciones la falla continuaba, por lo que se revisó la válvula #42, se encontró que tenía el pistón dañado, se procedió a cambiarlo. Finalmente, con estas acciones se logró solventar la falla de la máquina. Desde el martes se realizó diariamente la instalación de equipo de hemodiálisis en la UCIA (Ilustración 79). Durante el resto de la semana se realizaron acciones preventivas, como ser el reemplazo del filtro externo del tanque de ácido (Ilustración 80), y desinfección del tanque de salmuera (Ilustración 81).



**Ilustración 77- Falla en máquina #23**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 78- Válvula #15 con corrosión**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 79- Instalación de máquina en UCIA**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 80- Reemplazo de filtro de osmosis portátil**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 81- Desinfección de tanque de salmuera**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.11 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se detalla en un cronograma las actividades realizadas a lo largo la práctica profesional, la cual tuvo una duración de diez semanas (Tabla 1).

**Tabla 1- Cronograma de actividades**

Actividades	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Introducción a los procesos realizados en el departamento										
Conocer de manera más detallada el funcionamiento de la máquina de hemodiálisis modelo Diamax										
Preparación de ácido para líquido de hemodiálisis										
Conexión de equipos en áreas intrahospitalarias										
Monitoreo de la calidad de agua de hemodiálisis										
Monitoreo de la planta de tratamiento de agua										
Mantenimiento correctivo a máquinas de hemodiálisis										
Mantenimiento preventivo a máquinas de hemodiálisis y planta de tratamiento de agua										
Desinfección de anillo y tolva										

Fuente: Elaboración propia

## V. CONCLUSIONES

Durante el período de práctica profesional, se logró brindar apoyo al personal biomédico de la unidad renal manejada por Nipro Medical en el IHSS de SPS; contribuyendo en actividades diarias necesarias para el funcionamiento óptimo de los equipos y la realización adecuada de procesos en la unidad.

1. Se llevaron a cabo distintos mantenimientos a máquinas de hemodiálisis y planta de tratamiento de agua. Se realizó al menos un mantenimiento correctivo a la semana, los cuales a menudo estaban relacionados con las válvulas, cámara de balance, el sensor BLD, piezas del cartucho de bicarbonato o accesorios del ácido quebrados. Así mismo, se llevaron a cabo mantenimientos preventivos de manera periódica, dentro de los cuales estuvieron la actualización del software de las máquinas, cambios de filtros de las osmosis, y revisión de planta eléctrica.
2. Se cumplió con el monitoreo diario de los parámetros de presión, nivel de dureza residual, y nivel de cloro en la planta de tratamiento de agua, además de la densidad de la solución ácida. Esto fue fundamental debido a que el agua tratada y la solución ácida son componentes esenciales para la creación del líquido de diálisis, los cuales ingresan al organismo de los pacientes, por lo que se debe garantizar que sean de calidad y seguros para ellos.
3. Semanalmente se realizaron conexiones de equipos de hemodiálisis en áreas intrahospitalarias, como ser en Observación, en el módulo de COVID, y en las Unidades de Cuidados Intensivos. Para las instalaciones en Observación y en UCIA se necesitaba transportar la máquina de hemodiálisis, la osmosis inversa portátil, un contenedor de solución ácida, y las mangueras. Por otra parte, en el módulo de COVID no era necesario una osmosis inversa portátil, debido a que se contaba con una conexión directa (anillo), desde la planta de tratamiento de agua.
4. Se documentaron todos los mantenimientos preventivos realizados, los cuales se almacenaron de manera física en la carpeta correspondiente a cada máquina de hemodiálisis. Además del llenado del libro de bitácoras para el registro diario de los parámetros de presión de la planta de tratamiento de agua, nivel de dureza residual y cloro en el agua, así como también la densidad de la solución ácida.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Con base en la experiencia obtenida durante la práctica profesional, y las conclusiones expuestas anteriormente; se hacen las siguientes recomendaciones tanto a la empresa Nipro Medical Honduras, como a la Universidad Tecnológica Centroamericana.

### **6.1 RECOMENDACIONES A NIPRO MEDICAL HONDURAS:**

1. Se recomienda implementar un sistema computarizado para facilitar el registro de las ordenes de servicio y los mantenimientos correctivos; de manera que se pueda tener trazabilidad del estado de cada una de las máquinas de hemodiálisis, y la recurrencia de fallas.
2. Se recomienda contar con un inventario de repuestos actualizado mensualmente según las necesidades y recurrencias de los mantenimientos correctivos.

### **6.2 RECOMENDACIONES A LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA**

#### **CENTROAMERICANA:**

1. Se recomienda implementar más programas de pasantías con hospitales y empresas, debido a que como generación que cursó la mayoría de las clases de carrera de manera virtual debido a la pandemia, no se tuvo la oportunidad de poder ir conociendo el campo laboral previo a la práctica profesional. Esto también hubiese sido de ayuda para ir desarrollando mejor las habilidades duras y blandas necesarias en el campo.
2. Se recomienda realizar talleres prácticos, donde los estudiantes puedan interactuar con los equipos médicos, conocer los componentes internos, las pruebas que se pueden realizar para identificar fallas frecuentes; de esta forma poder complementar la parte teórica de las clases.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Ashby, D., Borman, N., Burton, J., Corbett, R., Davenport, A., Farrington, K., Flowers, K., Fotheringham, J., Andrea Fox, R. N., Franklin, G., Gardiner, C., Martin Gerrish, R. N., Greenwood, S., Hothi, D., Khares, A., Koufaki, P., Levy, J., Lindley, E., Macdonald, J., ... Wilkie, M. (2019). Renal Association Clinical Practice Guideline on Haemodialysis. *BMC Nephrology*, 20(1), Article 1. <https://doi.org/10.1186/s12882-019-1527-3>
2. Cabrera, A. (2016). *Manual de procedimiento para mantenimiento preventivo*. <http://www.cufcd.edu.mx/calidad/v20/documentacion/CM/CEMA-MN-BI-8.pdf>
3. Cárdenas, C. (2018). *INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÉDICA*. <https://www.cesalud.com/images/documents/GTS17-Modulo-1.1-Definicion-de-la-gestion-de-tecnologia-medica.pdf>
4. Costa, G. M. A., Pinheiro, M. B. G. N., Medeiros, S. M. de, Costa, R. R. de O., & Cossi, M. S. (2016). Calidad de vida en pacientes con insuficiencia renal crónica en hemodiálisis. *Enfermería Global*, 15(43), 59–73.
5. Desai, N. (2015). Basics of base in hemodialysis solution: Dialysate buffer production, delivery and decontamination. *Indian Journal of Nephrology*, 25(4), 189–193. <https://doi.org/10.4103/0971-4065.147369>
6. García, R. (2020). *Calidad del líquido de diálisis y sus componentes: Agua y Concentrados*. | *Nefrología al día*. <http://nefrologiaaldia.org/es-articulo-calidad-del-liquido-dialisis-sus-322>
7. *Hemodialysis*. (2016, January 11). National Kidney Foundation. <https://www.kidney.org/atoz/content/hemodialysis>
8. Herazo, E. (2021). *DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN MÁQUINAS DE HEMODIÁLISIS [UNIVERSIDAD DEL ROSARIO]*. <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/31568/Informe%20final%20protocolo%20Evelyn%20Herazo.pdf?sequence=1>
9. Ibeas, J., Roca-Tey, R., Vallespín, J., Moreno, T., Moñux, G., Martí-Monrós, A., del Pozo, J. L., Gruss, E., Ramírez de Arellano, M., Fontseré, N., Arenas, M. D., Merino, J. L., García-Revilla, J., Caro, P., López-Espada, C., Giménez-Gaibar, A., Fernández-Lucas, M., Valdés,

- P., Fernández-Quesada, F., ... Barba, Á. (2017). Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis. *Nefrología*, 37, 1–191. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2017.11.004>
10. Kovesdy, C. P. (2022). Epidemiology of chronic kidney disease: An update 2022. *Kidney International Supplements*, 12(1), 7–11. <https://doi.org/10.1016/j.kisu.2021.11.003>
11. Lew, S. Q., Kohn, O. F., Cheng, Y.-L., Kjellstrand, C. M., & Ing, T. S. (2017). Three-Stream, Bicarbonate-Based Hemodialysis Solution Delivery System Revisited: With an Emphasis on Some Aspects of Acid-Base Principles. *Artificial Organs*, 41(6), 509–518. <https://doi.org/10.1111/aor.12947>
12. Malkina, A. (2020). *Enfermedad renal crónica o nefropatía crónica—Trastornos renales y del tracto urinario*. Manual MSD versión para público general. <https://www.msmanuals.com/es/hogar/trastornos-renales-y-del-tracto-urinario/insuficiencia-renal/enfermedad-renal-cr%C3%B3nica-o-nefropat%C3%ADa-cr%C3%B3nica>
13. Nariño, A. (2022). *Pertinencia de la gestión de tecnología sanitaria para la seguridad y calidad en entornos hospitalarios*. *Revista Cubana de Salud Pública*. 48.
14. *Nipro Medical Honduras*. (2023). <https://nipro.com.hn/v2/info/>
15. Pérez-García, R., García Maset, R., Gonzalez Parra, E., Solozábal Campos, C., Ramírez Chamond, R., Martín-Rabadán, P., Sobrino Pérez, P. E., Gallego Pereira, O., Dominguez, J., Cueva Matute, E. de la, Ferllen, R., Pérez-García, R., García Maset, R., Gonzalez Parra, E., Solozábal Campos, C., Ramírez Chamond, R., Martín-Rabadán, P., Sobrino Pérez, P. E., Gallego Pereira, O., ... Ferllen, R. (2016). Guía de gestión de calidad del líquido de diálisis (LD) (segunda edición, 2015). *Nefrología (Madrid)*, 36(3), e1–e52. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2016.01.003>
16. Primero, D. F., Díaz, J. C., García, L. F., & González-Vargas, A. (2015). Manual para la Gestión del Mantenimiento Correctivo de Equipos Biomédicos en la Fundación Valle del Lili. *Revista Ingeniería Biomédica*, 9(18). <https://doi.org/10.24050/19099762.n18.2015.771>
17. Rivera, M. (2018). *Diálisis | ¿Qué es la Diálisis? | PortalCLÍNICA*. Clínic Barcelona. <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/pruebas-y-procedimientos/dialisis>

18. *Salud y Diálisis de Honduras.* (2018).  
<https://www.salud.gob.hn/site/index.php/component/k2/item/1111-salud-y-dialisis-de-honduras-firman-contrato-de-servicios>
19. Santa Maria, M. (2019). *AGUA y LÍQUIDO PARA DIÁLISIS.*  
<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/agua-liquido-dialisis.pdf>
20. Tapia, C. A., & Castillo, M. A. (2022). *Hospital San Pablo de Coquimbo Subdirección de Gestión Clínica Atención Ambulatoria Unidad de Hemodiálisis 2022.*

## ANEXOS

### Anexo 1 – Sala de hemodiálisis del IHSS (Sección B)



### Anexo 2- Revisión de máquina de hemodiálisis

