

# Hiper-presurización del líquido de dializado como solución temporal a la falla de bomba de flujo de dializado en máquinas volumétricas de hemodiafiltración

Franklin Mora Bravo\*<sup>1</sup> , Pamela Tatiana Morales Torres<sup>1</sup>, Juan Guacollantes<sup>2</sup>, Juan Carlos Calva<sup>2</sup>, Leonardo Macías<sup>2</sup>

1. Clínica de hemodiafiltración Pafram, Red complementaria de Salud, Santa Marianita, Sucúa-Morona Santiago-Ecuador.
2. Servicio de técnico de mantenimiento de NIPRO medical del Ecuador.

## Resumen

**Introducción:** La disminución de la presión del líquido dializado está asociado a la pérdida de fuerza de los motores que presurizan el sistema en una máquina de hemodiafiltración volumétrica. Presentamos una forma de mantener la operatividad del tratamiento de hemodiafiltración.

**Caso técnico:** El monitor es una máquina de hemodiafiltración NCU-18-Nipro, con 14426 horas de uso. Durante el test de inicio el sistema reporta error en el control del flujo del ultrafiltro 1 por pérdida de la fuerza de la bomba 1 del flujo de dializado, se procedió al cambio de la posición del cabezal de la bomba P2 a la bomba P1, y calibración de la presurización del sistema. El problema fue resuelto en forma temporal por 3 meses. Luego de este período nuevamente se presenta el error, se decide realizar la hiper-presurización del sistema, con lo que la máquina entró en operación total por 3 meses adicionales. Una vez llegado el cabezal nuevo de la bomba CFL1. Se verifica que la base de la bomba también ha perdido fuerza; se planifica el cambio de la base de la bomba. Se mantiene en operatividad la máquina hiper-presurizando el sistema y con hiper-presurización de la válvula reductora en el punto de entrada de agua procedente del anillo; la máquina opera con máximo 22 litros de sustitución, esta maniobra dio tiempo suficiente para la importación de la base de la bomba.

**Conclusión:** La hipertensión del sistema de presurización del líquido de dializado es una medida compensatoria para el fallo de bombas de presurización, lo que da un periodo de 3 a 6 meses adicionales para el cambio de repuestos, sin embargo este procedimiento provoca una carga al motor de las bombas que determinan un cambio de las mismas al final de un segundo período de Hipertensión del dializado.

## Palabras clave:

**DeCS:** Hemodiafiltración, Diálisis Renal, Riñones Artificiales, Medidores de Presión de Agua, Válvulas Reguladoras de Presión. **Palabras libres:** NCU-18, E055, E056, Error de suministro de agua, Alarma del sensor de FS2.

**Recibido:** Julio 22, 2022

**Aceptado:** Septiembre 30, 2022


**Publicado:** Septiembre 30, 2022

**Editor:** Dr. Salvador Magaña.

### Como citar:

Mora F, Morales P, Guacollantes J, Calva J, Macías L. Hiper-presurización del líquido de dializado como solución temporal a la falla de bomba de flujo de dializado en máquinas volumétricas de hemodiafiltración. REV SEN 2022;10(2):125-129. DOI:

<http://doi.org/10.56867/35>

 Copyright Mora F, et al. This article is distributed under the [Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) which allows the use and redistribution citing the source and the original author for non-commercial purposes.

\* Autor de correspondencia



# Hyper-pressurization of the dialysate fluid as a temporary solution to the failure of the dialysate flow pump in volumetric hemodiafiltration machines.

## Abstract

**Introduction:** The decrease in the pressure of the dialyzed fluid is associated with the loss of power of the motors that pressurize the system in a volumetric hemodiafiltration machine. We present a way to maintain the operability of hemodiafiltration treatment.

**Technical case:** The monitor is an NCU-18-Nipro hemodiafiltration machine with 14426 hours of use. During the startup test, the system reported an error in the flow control of ultrafilter one due to a loss of power from pump 1 of the dialysate flow; the position of the head from pump P2 to pump P1 was changed, and system pressurization calibration. The problem was temporarily resolved for three months. After this period, the error occurred again; it was decided to hyper-pressurize the system, with which the machine entered the entire operation for three additional months. Once the new head of the CFL1 pump has arrived, it is verified that the base of the pump has also lost strength; the change of the base is planned. The machine is kept operational by hyper-pressurizing the system, and with hyper-pressurizing, the reducing valve at the point of entry of water from the ring; the machine operates with a maximum of 22 liters of replacement, this maneuver gave enough time to import the base of the pump.

**Conclusion:** The hypertension of the dialysate fluid pressurization system is a compensatory measure for the failure of pressurization pumps, which gives a period of 3 to 6 additional months for the change of spare parts; however, this procedure causes a charge to the motor of the pumps that determine a change of the same ones at the end of the second period.

## Keywords:

**MESH:** Hemodiafiltration; Renal Dialysis; Kidneys, Artificial; Water Pressure Meters; Pressure Reducing Valves

**Author Words:** NCU-18, E055, E056, Water supply error, FS2 sensor alarm.

La presión del líquido de dializado es un factor condicional para el funcionamiento del sistema de valvulas solenoides del equipo de hemodiáfiltración. La presión del sistema del dializado inicia con el flujo de entrada de agua ultrapura por el anillo del sistema de distribución, la cual es normal entre 30 a 50 libras por pulga cuadrada (psi), lo que equivale a 1550 a 2585 mmHg. El trabajo de una primera válvula reductora de presión con sistema de tornillo y simbra, es disminuir la presión a un valor de entrada de 250 a 300 mmHg (en promedio 275 mmHg). A continuación una tarjeta electrónica con 2

potenciómetros regula la presión milimétrica del sistema cerrado primero sin flujo (valor cero) y con presión de 300 mmHg de presión, a continuación se regula el sistema cerrado a 275 mmHg. Un sistema de verificación con 1 sensor de Flujo antes de la tarjeta de presión del dializado (PD) da una alarma de flujo, el cual verifica el funcionamiento. El sistema es presurizado por la acción de bombas electromagnéticas P1 y P2 con cabezal de aspas de engranaje milimétrico [1].

El funcionamiento del sistema de hemodiafiltración con alto flujo en el líquido dializado (600 a 700 ml/min), con alta reposición de líquido de sustitución (>24 litros en modo postdilucional o >38 litros en modo predilucional) ocasiona que las aspas de la bomba P2 especialmente, disminuyan su masa por friccionamiento (Figura 1) en un período de 24 a 30 meses de operación continua (3 turnos por día, 6 días por semana). Este desgaste de las aspas del cabezal de la bomba P2 provoca la caída de la presión del sistema ocasionando una serie de errores secuenciales predecibles Tabla 1).

Tabla 1. Errores asociados a la despresurización del sistema del líquido de dializado en máquinas Nipro NCU-18

Error	Descripción
E055 y E056 *	Error de suministro de agua
E025	Alarma del sensor de FS2
E060	Error de verificación del medidor de presión del dializado
E101	Alarma de conductividad de suministro
CFL1	Error en el control del flujo del ultrafiltro 1
CFL2	Error en el control del flujo del ultrafiltro 2
E163	Error de válvula reductora

La opción óptima es el cambio de aspas del cabezal; en principio el sistema puede compensar recalibrando nuevamente la presión del líquido del dializado y la presión de ingreso de agua, sin embargo esto ocasiona una mayor fuerza de trabajo de las bombas electromagnéticas P1 y P2 las cuales continuamente siguen perdiendo poder y los problemas siguen en aumento, a continuación se presenta un caso técnico de resolución parcial, con el requerimiento de continuar en servicio el monitor de hemodiafiltración para no afectar la atención de pacientes, mientras que los repuestos de importación llegan al centro de hemodiálisis.

## Caso técnico

### Escenario

El estudio de caso técnico se realizó en el departamento de mantenimiento de la Unidad de hemodiafiltración de la Clínica Pafra, en Santa Marianita-Sucúa, Morona Santiago-Ecuador, durante el periodo de 1ro de abril del 2022 al 18 de noviembre del 2022.

### Monitor

El monitor es una máquina volumétrica de hemodiafiltración NCU-18, con 14426 horas de uso, de alto funcionamiento.

### Intercambio de cabezal de la bomba de P2 a P1

Durante las pruebas de inicio en cada tratamiento el sistema reporta falla de CFL1 en forma continua. Se observa que la prueba requerida de calibración automática del test requiere que la bomba en una primera fase genere una presión negativa de -480

mmHg para pasar la prueba, la bomba no pasa de un valor de -300 mmHg, por lo que se procedió al cambio de la posición del cabezal de la bomba P2 a la bomba P1, y calibración de la presurización del sistema, con lo que el problema fue resuelto en forma temporal por un período de 3 meses aproximadamente. Luego de este período nuevamente se presenta el problema de falla de CFL1 en la prueba de inicio.

### Hiper-presurización del líquido dializado

Con el fin de mantener la atención de los pacientes, se realiza la presurización del sistema. Se realizó el reemplazo del filtro de CFL1. La presión del dializado se calibró a 340 mmHg y la presión de la tarjeta al aire ambiente se calibró el basal (habitual en cero) en 10 mmHg y el valor alto en 460 mmHg; con 100 mmHg más del valor habitual. Con estos cambios la máquina entró en operación y los valores de líquido de sustitución postdilucional se mantuvieron en 25 litros, el líquido dializado en 500 ml/min (Qd). Solamente al requerir la sustitución predilucional cuando hubo necesidad por pre-coagulación del sistema, la máquina reportaba "error de líquido dializado", el cual se subsanó bajando el volumen habitual programado de 38 litros a 30 litros y en ocasiones disminuyendo el Qd a 400 ml/min. Se habían solicitado los repuestos, esta compensación dio utilidad a la máquina por 3 meses adicionales.



Figura 1. Aspas de engranaje del motor de presión del líquido dializado. El área de fricción ha provocado un socavamiento en la base



del aspa superior, aumentando el espacio vacío entre las aspas, la cual debe ser inexistente.

### Cambio de cabezal de la bomba P1

Una vez llegado el cabezal nuevo de la bomba CFL1, se procedió al cambio, sin embargo no es suficiente para arreglar el error y con la presurización habitual de 275 mmHg ahora se presenta el error E055 y el error E025 (Suministro de agua y alarma del sensor de FS2). En una verificación manual en la pantalla de pruebas de válvulas se verifica que al encender la bomba P1 la base del cabezal no tiene la potencia suficiente para mover el cabezal de la bomba. Se requirió la importación de una bomba completa (con base incluida) y se planifica que durante el tiempo de importación la máquina quede fuera de servicio. Por necesidad institucional se solicita nuevamente habilitar la máquina hasta la solución definitiva por lo que se plantea una nueva hiper-presurización del sistema de líquido dializado, ahora con hipertensión adicional de la válvula reductora en el punto de entrada de agua procedente del anillo; en forma suficiente para evitar el error E025 Alarma del sensor de flujo 2 (FS2) y en forma no tan ajustada para evitar el error E163 de falla de válvula reductora, con el sistema prueba-error con giros de válvula de 30 en 30° (equivalentes a 10 minutos en una escala de reloj de agujas).

### Evolución actual

Nuevamente la máquina fue puesta en servicio, con un ajuste durante el inicio del tratamiento para disminuir la presión del líquido dializado de 640 mmHg a 300 mmHg se realizaron los tratamientos dando un error de control de líquido dializado por lo que los tratamientos se prescribieron con un líquido de sustitución de 22 litros, quitando el error. El Qd fue de 500 ml/min. A la hora de tratamiento se reporta Error de control de líquido dializado por lo que se baja el flujo del dializado a 400 ml/min y continúa en servicio. En el caso de que los pacientes requieran hemodiafiltración predilucional el flujo de dializado se reprograma a 400 ml/min con un volumen de sustitución máximo de 28 litros.

## Discusión

La normativa ecuatoriana da un tiempo de vida media de un equipo de hemodiálisis de 8 años [2], por otro lado el uso de una máquina de hemodiafiltración con alto volumen y alta sustitución ocasiona en promedio que se requieran cambios de piezas a partir del 2do año quedando 6 años de diferencia que deben ser subsanadas por arreglo, adecuación, importación de piezas, etc. Adicionalmente a partir del segundo año la presencia de un técnico de las máquinas de hemodiálisis intradiálisis es imprescindible.

En el caso técnico específico que presentamos demostramos que elevar la presión del líquido dializado en un sistema presurizado en donde ha existido el desgaste de las aspas de las bombas de presurización compensa parcialmente los errores por un período de 3 a 6 meses, tiempo suficiente para planificar un cambio de cabezal de las bombas. Sin embargo mantener esta compensación con el tiempo por más de 3 meses ocasiona una recarga de trabajo al motor, el cual termina disminuyendo la potencia y se requiere un cambio total de la bomba como ocurrió en el presente caso. Adicionalmente ese requirió de un técnico constante durante los tratamientos. Los mantenimientos preventivos de verían encaminarse al cambio de aspas de los motores a partir del segundo año de servicio de la máquina de HDF.

En revisión de publicaciones este es el primer artículo que trata sobre este tema, hasta donde tenemos conocimiento, futuras publicaciones deberán abordar sobre implicaciones de la hiperpresurización.

## Conclusiones

La hipertensión del sistema de presurización del líquido de dializado es una medida compensatoria para el fallo de bombas de presurización, lo que da un periodo de 3 a 6 meses adicionales para el cambio de repuestos, sin embargo este procedimiento provoca una carga al motor de las bombas que determinan un cambio de la mismas al final de un segundo período de Hipertensión del dializado.

### Abreviaturas

Qd: Flujo del dializado.

FS: Sensor de flujo.

PD: Tarjeta de control de presión del dializado.

PR: Válvula reductora.

### Información suplementaria

Materiales suplementarios no han sido declarados.

### Agradecimientos

No aplica.

### Contribuciones de los autores

Franklin Mora Bravo: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Recursos, Escritura – borrador original.

Pamela Morales Torres: Conceptualización, Adquisición de fondos, Administración de proyecto, Software, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción: revisión y edición.

Juan Guacollantes: Metodología, Investigación, Metodología, Recursos, validación, supervisión, redacción: Revisión y edición.

Juan Carlos Calva: Metodología, validación, supervisión, redacción: Revisión y edición.

Leonardo Macías: Metodología, Investigación, Metodología, Recursos, validación, supervisión, redacción: Revisión y edición.

Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.



---

#### Financiamiento

Los autores proveyeron los gastos de la investigación.

#### Disponibilidad de datos o materiales

Los conjuntos de datos generados y analizados durante el estudio actual no están disponibles públicamente debido a la confidencialidad de los participantes, pero están disponibles a través del autor correspondiente a pedido académico razonable.

#### Declaraciones

### Referencias

---

1. NIPRO. Manual de servicio NCU-18. Osaka, Japón. 20 de agosto 2013, versión en Español.
2. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Gestión de mantenimiento de equipos biomédicos. Manual Quinto: Ministerio de

#### Aprobación del comité de ética y consentimiento para participar

No aplica.

#### Consentimiento para publicación

No aplica cuando no se publican imágenes o fotografías del examen físico o radiografías/tomografías/resonancias de pacientes.

#### Conflictos de interés

Los autores reportan no tener conflictos de interés.

Salud Pública, Subsecretaría Nacional de la Garantía de Calidad de los Servicios de Salud, Dirección Nacional de Equipamiento Sanitario-MSP, 2018. MSP:[ZOZv9](#)

DOI: Digital Object Identifier. PMID: PubMed Identifier.

---

### Nota del Editor

La REV SEN se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales sobre mapas publicados y afiliaciones institucionales.

---