



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

TÍTULO:

Formulación de un plan de seguridad de agua (PSA) en la operación de un sistema de potabilización para la atención en el Hospital Bertha Calderón Roque de Managua y Yolanda Mayorga del municipio de Tipitapa en Nicaragua.

AUTOR:

ERICK JOSÉ ZELEDÓN NAVARRETE

COMITÉ TUTORAL:

DRA. ALMA C. CHÁVEZ MEJÍA (II-UNAM)

DRA. GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ (FI-UNAM)

DR. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ (FI-UNAM)

DRA. CLEMENTINA RITA RAMÍREZ CORTINA (FI-UNAM)

DRA. ANA ELISA SILVA MARTINEZ (FI-UNAM)

Ciudad de México 2022





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	9
1. INTRODUCCIÓN	11
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. General	15
3.2. Particulares	15
4. MARCO DE REFERENCIA.....	16
4.1. Antecedentes de los Planes de Seguridad de Agua (PSA).....	16
4.2. Salud y su relación con el abastecimiento y saneamiento de agua.....	19
4.3. Planes de Seguridad del Agua (PSA).....	20
4.4. Metodología de un PSA para el aseguramiento de la calidad para consumo humano es a través de mecanismos de evaluación y gestión de los sistemas de agua.	23
4.4.1. <i>Planificaciones previas.</i>	23
4.4.2. <i>Diagnóstico del sistema de agua</i>	24
4.4.3. <i>Evaluación del componente de distribución en red primaria, almacenamiento y distribución interna hacia el centro de Salud, e incluye el proceso de tratamiento del agua residual generada:</i>	24
4.4.4. <i>Planteamiento de un Plan de Seguridad del Agua</i>	25
4.5. Implementación de PSA a nivel Internacional.....	25
4.5.1. <i>Francia</i>	26
4.5.2. <i>Inglaterra.</i>	27
4.5.3. <i>Colombia</i>	27
4.5.4 <i>México</i>	28

4.5.5. Comparación de la gestión del agua internacionalmente.	29
4.6. Sistemas de potabilización para el aseguramiento de la calidad de agua.	30
4.6.1. Coagulación.	30
4.6.2. Floculación.	30
4.6.3. Filtración en la arena.	31
4.6.4. Sedimentación.	31
4.6.5. Desinfección.	31
4.7. Planes de aplicación y mejora.	32
4.8. Normatividad de Calidad de agua para consumo humano.	33
4.8.1. Normatividad Internacional.	33
4.8.2. Normatividad de vigilancia para la calidad de agua, Nicaragua.	34
4.8.3. Normatividad para dotación de agua en diseños hidrosanitarios para Nicaragua y México.	35
5- METODOLOGÍA.	37
5.1. Planificaciones previas.	38
5.1.1 Micro localización de los sitios de estudio.	39
5.1.2 Servicios administrativos.	39
5.1.3 Caracterización del uso del agua.	40
5.1.4 Recursos disponibles.	40
5.2. Diagnóstico del sistema.	41
5.2.1. Descripción de la fuente de abastecimiento.	41
5.2.3 Determinación de puntos críticos de control (PCC).	42
5.3. Evaluación del sistema de agua.	43
5.3.1 Consideración para la determinación de PCC.	44

6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
6.1.	Hospital Bertha Calderón Roque	46
6.1.1.	<i>Localización</i>	46
6.2.2.	<i>Descripción del sistema de abastecimiento y distribución de agua</i>	50
6.2.3.	<i>Sistema de Almacenamiento de agua</i>	51
6.2	Análisis histórico de calidad del agua.	55
6.2.3.	<i>Diagnóstico del Sistema de Potabilización.</i>	58
	Resultados de análisis de calidad de agua en los PCC.	62
6.3	Diagnóstico del sistema de agua del Hospital Yolanda Mayorga, Tipitapa, Nicaragua. 77	
6.3.1.	<i>Ubicación y características generales</i>	77
6.3.2.	<i>Descripción del sistema</i>	80
6.3.3.	<i>Calidad histórica de agua del HYM.</i>	85
6.3.3	<i>Diagnóstico del Sistema de Potabilización.</i>	88
6.3.4.	<i>Diagnóstico del Sistema de Almacenamiento</i>	88
6.3.6.	<i>Diagnóstico del Sistema de Tratamiento</i>	89
6.4.	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA EN LOS PCC.	90
7.	PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA PARA LOS HOSPITALES BERTHA CALDERÓN ROQUE Y YOLANDA MAYORGA	104
7.1	Hospital Bertha Calderón Roque, HBCR.....	104
7.2.	Hospital Yolanda Mayorga.....	106
7.3.	Propuesta de implementación de PSA para los dos hospitales modelos.	107
8.	CONCLUSIONES.....	112
9.	REFERENCIAS.....	117
10.	Anexos.....	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Dotación de agua en diseños hidrosanitarios (litros / día). Fuente: Costa Rica, 2014..	35
Tabla 4.2 Dotación de agua en diseños hidrosanitarios. Fuente: DOF, 1995	36
Tabla 5.1 Formato de recolección de datos generales del diagnóstico de los hospitales.....	42
Tabla 5.2 Tabla parámetros de calidad de agua a evaluar.....	44
Tabla 5.3 Identificación de puntos críticos de control	45
Tabla 6.1 Consultas de especialidades esperadas Fuente SILAIS Managua 2019.	49
Tabla 6.2 Número de Clínicas por Especialidad. Fuente SILAIS Managua 2019.....	50
Tabla 6.3 Componentes del sistema HBCR.....	54
Tabla 6.4 Resultados históricos de análisis de agua HBCR tomando los años 2017, 2018 y 2019. Fuente MINSA 2020.....	56
Tabla 6.5 Referencia de calidad de agua residual de hospitales. (Alvariño, 2008)	61
Tabla 6.6 Coordenadas geográficas y descripción los PCC del HBCR	63
Tabla 6.7 Resumen de resultados de análisis de calidad de agua HBCR (enero-marzo 2021).....	64
Tabla 6.8 Capacidad instalada Hospital Yolanda Mayorga. Fuente SILAIS MGA.	79
Tabla 6.9 Componentes del sistema HYM	80
Tabla 6.10 Resultados históricos de la CAPRE análisis de agua HYM.	86
Tabla 6.11 Proyección de consumo de acuerdo con la normativa de OMS (2016).....	89
Tabla 6.12 Tabla de coordenadas geograficas de los PCC.	91
Tabla 6.13 Resultados de análisis de calidad de agua de los PCC del HYM. (FALTAN FECHAS DE MONITOREO).....	92
Tabla 7.1 Actividades propuestas del plan de mejoras del sistema de agua de HBCR.	105
Tabla 7.2 Actividades propuestas del plan de mejoras HYM.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Matriz de implementaciones para adoptar el PSA.....	33
Figura 5.1 Matriz de implementaciones para adoptar el PSA.....	38
Figura 6.1 Plano de ubicación HBCR, Fuente elaboración propia	47

Figura 6.2 Plano de Conjunto del HBCR. Fuente: SILAIS Managua 2019	48
Figura 6.3 Esquema de sistema de agua HBCR.....	51
Figura 6.4 Tanques de almacenamiento de agua potable. Fuente 19 Digital.....	52
Figura 6.5 Resultados históricos de análisis de agua hospital Bertha Calderón Roque. Fuente: MINSA.....	57
Figura 6.6 Resultados históricos de análisis de agua hospital Bertha Calderón Roque. Fuente: MINSA.....	58
Figura 6.7 Resultados de análisis de cloro residual libre histórico.	59
Figura 6.8 Vista aérea de la Planta Managua. Fuente 19 Digital	62
Figura 6.9 Mapa de ubicación espacial de los PCC del HBCR. Fuente: elaboración propia	63
Figura 6.10 Resultados de análisis de pH del HBCR	65
Figura 6.11 Resultados de análisis de coliformes totales del HBCR.	66
Figura 6.12 Resultados de análisis de coliformes fecales HBCR	67
Figura 6.13 Resultados de análisis de cloruros del HBCR	68
Figura 6.14 Resultados de análisis de fluoruros del HBCR.....	69
Figura 6.15 Resultados de análisis de sulfatos del HBCR	70
Figura 6.16 Resultados de análisis de calcio del HBCR.....	71
Figura 6.17 Resultados de análisis de magnesio HBCR.....	72
Figura 6.18 Resultados de análisis de solidos totales HBCR.....	73
Figura 6.19 Resultados de análisis de Dureza total HBCR.....	74
Figura 6.20 Resultados de análisis de cloro libre residual HBCR	75
Figura 6.21 Resultados de análisis de Potencial Redox HBCR	76
Figura 6.22 Plano de ubicación HYM Fuente elaboración propia.....	78
Figura 6.23 Planta de Conjunto del HYM. Fuente: SILAIS Managua 2019	79
Figura 6.24 Esquema de sistema de agua HYM	82
Figura 6.25 Esquema de PTAR del hospital Yolanda Mayorga. Fuente: SILAIS Managua.....	84
Figura 6.26 Resultados históricos de análisis de agua hospital Yolanda Mayorga. Fuente: MINSA	87
Figura 6.27 Resultados históricos de análisis de agua hospital Yolanda Mayorga. Fuente: MINSA	88
Figura 6.28 Mapa de ubicación de los puntos de muestreo para análisis de calidad de agua HYM. Fuente: Elaboración propia	90

Figura 6.29 Resultados de análisis de pH HYM.....	93
Figura 6.30 Resultados de análisis de coliformes totales HYM	94
Figura 6.31 Resultados de análisis de coliformes fecales del HYM.....	95
Figura 6.32 Resultados de análisis de cloruros del HYM	96
Figura 6.33 Resultados de análisis de fluoruros del HYM	96
Figura 6.34 Resultados de análisis de sulfatos del HYM.....	97
Figura 6.35 Resultados de análisis de calcio HYM	98
Figura 6.36 Resultados de análisis de magnesio del HYM.....	99
Figura 6.37 Resultados de análisis de sólidos totales HYM	100
Figura 6.38 Resultados de análisis de dureza total del HYM	101
Figura 6.39 Resultados de análisis de cloro libre residual del HYM	102
Figura 6.40 Resultados de análisis de cloro libre residual del HYM	103

RESUMEN EJECUTIVO

Los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano deben contar con un suministro satisfactorio que asegure un abastecimiento “suficiente, inocuo y accesible” y ser adecuados y gestionados correctamente para permitir la protección de la salud pública.

Para ello, las guías de seguridad de agua de la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan la necesidad de aplicar, en los sistemas de abastecimiento de agua, un planteamiento integral de evaluación y gestión de riesgos, desde la fuente de captación hasta la distribución al consumidor.

Estos planteamientos, basados en principios y conceptos de sistemas de gestión de riesgos ligados a la gestión de seguridad alimentaria, como los sistemas de barreras múltiples y de análisis de peligros y puntos críticos de control, constituyen un Plan de Seguridad de Agua (PSA). Por otro lado, la implementación de la herramienta “*the Water and Sanitation for Health Facility Improvement Tool*” (WASH FIT) que permita evaluar los indicadores de agua, saneamiento e higiene se perfila como herramienta de gestión que proteja la salud y mantenga la dignidad de manera holística a través de la evaluación y la gestión de los riesgos de servicios insuficientes o no seguros de agua, saneamiento inadecuado y malas prácticas de higiene, WASH FIT hace que los establecimientos de salud, sean limpios y seguros, sean bien gestionados / administrados, sean respetuosos de los derechos y centrados en las personas.

En contextos de desastres en los países en vías de desarrollo, las organizaciones humanitarias de cooperación internacional se constituyen en el principal proveedor de agua de consumo, movilizándolo y utilizando equipos portátiles de potabilización de agua para captación/coagulación/floculación/filtrado/desinfección.

Desde el año 2000, estas organizaciones han generado un manual para la implementación de nociones de calidad y de rendición de cuentas para mejorar la eficacia de sus intervenciones humanitarias.

La presente investigación se traza como objetivo la formulación de un instrumento el cual consiste en la gerencia sistematizada del componente agua mediante la implementación de un Plan de Seguridad del Agua para los hospitales Bertha Calderón Roque y Yolanda Mayorga, ubicados en Nicaragua.

Teniendo como referencia de calidad de agua la Norma Regional CAPRE 1994, la guía de elaboración de PSA de la OMS, el instrumento WASH FIT y para dotación de agua el Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificación de Costa Rica, se evaluaron los hospitales con

el objeto de determinar si los sistemas de agua instalados en los hospitales, cumple con la normatividad nacional aplicable. El estudio se realizó entre los meses de enero y junio de 2021 donde se evaluó la calidad de agua de 72 muestreos en ocho 8 PCC, llave próxima a la entrada, sala de emergencias, consulta externa, lavamanos de administración., Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), nutrición y tanque de almacenamiento 1 y 2, mientras que para el hospital Bertha Calderón y en 4 Puntos Críticos de Control (PCC) marcados como la llave próxima a la entrada, pozo, zona de hospitalización, lavamanos de administración en el hospital Yolanda Mayorga.

En el hospital Bertha Calderón se identificó que en los tanques de almacenamiento utilizado para emergencias o cuando hay cortes de abastecimiento de la red municipal, no se cuenta con recirculación ni sistema de re cloración por lo que existe una re contaminación microbiológica ya que el contenido de Coliformes totales se encuentran fuera de los límites permisibles por lo cual se recomienda recircular el agua al menos 3 veces a la semana. En el resto de los puntos de muestreos del hospital Bertha Calderón y en el hospital Yolanda Mayorga el agua es apta para el consumo humano tomando como referencia la norma comparada (CAPRE 1994).

Además, los hospitales no cuentan con los planos de los diseños hidrosanitarios, ni se realizan pruebas hidrostáticas para asegurar el buen funcionamiento de los componentes del sistema, además, no se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo. Por ello, la propuesta de PSA para los hospitales modelo consiste en mantener una vigilancia activa de la calidad de agua en términos bacteriológicos al menos una vez al mes y físico químicos 2 veces al año (basado en la normativa 066 MINSA), hacer un levantamiento del sistema hidrosanitario para poder identificar todo el sistema y puntos de mejora además de realizar un plan de mantenimiento preventivo planificado de acuerdo a la vida útil de los accesorios garantizando con esto que en los hospitales el sistema de agua no presente fallas que pueden afectar el funcionamiento del mismo . Con estas medidas se podrán seguir garantizando a los usuarios y personal de los hospitales agua apta para el consumo humano, además de agua las 24 horas del día para realizar todas las actividades.

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua para consumo humano es importante y esencial para la vida de todas las personas por lo que es imperativo disponer de un suministro satisfactorio a través de una mejora de las condiciones de acceso al agua potable que proporcione beneficios o repercusiones en la salud de la población, por lo que se debe realizar el máximo esfuerzo para lograr la mejor calidad posible con respecto a los estándares internacionales (OMS, 2006).

De hecho, la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2010 declaró como un derecho humano, el acceso al agua potable segura y limpia, así como al saneamiento de la misma.

La calidad desde un punto de vista técnico es un concepto que, para el agua, implica la presencia de impurezas (en concentración) que no limiten sus usos posteriores, por lo que, en todos los casos, debe estar sujeta a un proceso de potabilización o tratamiento en mayor o menor nivel. Por otro lado, el aseguramiento de la calidad del agua involucra diversos aspectos incluyendo protección de las cuencas hidrográficas, potabilización, protección, aplicación de normatividad ambiental, etc. Todo ello con el fin de reducir los riesgos y la vulnerabilidad (UN, 2010).

Las nuevas cifras del Programa Conjunto OMS/UNICEF denominado Instrumento de mejora del agua, el saneamiento y la higiene en los establecimientos de salud *The Water and Sanitation for Health Facility Improvement Tool, WASH FIT* por sus siglas en inglés, indican que la calidad de los servicios de agua y saneamiento en los establecimientos de salud es deficiente en todas las regiones de Latinoamérica. En el caso de Nicaragua hasta el año 2020 se reporta una cobertura de agua potable 91%, con un nivel de servicio diferenciado en horario de disponibilidad. En el caso de alcantarillado sanitario reporta un porcentaje de 54% (Barreda, 2021).

De hecho, la prestación segura de los servicios de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene es esencial para prevenir enfermedades y proteger la salud humana durante brotes infecciosos como la actual pandemia de la COVID-19 (Banco Mundial, 2020).

Sin embargo, la disponibilidad del agua está influenciada por los impactos antropogénicos que afectan su calidad y cantidad. En efecto, factores como el crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización, los cambios progresivos en el uso de la tierra y los contaminantes, que resultan cada vez más complejos de eliminar y esto conduce a problemas de seguridad hídrica para la población humana y para los ecosistemas (Martínez-Austria, 2013).

De esta manera, en el presente estudio se plantea realizar la evaluación de la calidad del agua de los diversos componentes del sistemas de abastecimiento de los hospitales modelo, así como

su eficiencia y cumplimiento de la normatividad relacionada a calidad del agua para su uso final, además de realizar la evaluación del sistema de distribución y almacenamiento interno de los centros de salud, en consecuencia se establecerán los puntos críticos a considerar en el Plan de Seguridad del Agua (PSA) considerando algunos parámetros de calidad del agua de carácter físico químicos como: pH, dureza total, Cl₂ (libre residual), hierro (Fe³⁺), turbiedad, potencial redox y microbiológicos tales como Coliformes totales y Coliformes fecales. Además de esto, se incluyó evaluación de los diseños hidrosanitarios de acuerdo con la dotación necesaria tomando de referencia el Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones de Costa Rica.

El presente trabajo formula un modelo pertinente de PSA para ser utilizado por los establecimientos de salud y entidades locales responsables de la asistencia hospitalaria en Nicaragua. A través de sus normas esenciales y mínimas plantean programas y actividades para salvar vidas en el ámbito del abastecimiento de agua. Por ello, establecen que cada organización ejecutora debe elegir el sistema que le conviene para garantizar la conformidad con las normas mínimas. Los casos de estudio son el hospital Bertha Calderón Roque primario de referencia nacional con atención especializada en la mujer y el hospital Yolanda Mayorga en el municipio de Tipitapa y ambos ubicados en Nicaragua.

La siguiente tesis consta de diez apartados, el primero que es este apartado, contiene un panorama particular del saber de los planes de seguridad del agua y la importancia de implementarlo en los hospitales. El segundo apartado muestra las necesidades de implementar el PSA en los hospitales propuestos, ya que es imperativo contar con un programa que garantice que el agua sea segura y en cantidad suficiente a lo largo del componente de agua y las 24 horas del día. En el tercer apartado plantea los objetivos, los cuales están enfocados en la elaboración de los PSA de cada hospital. El cuarto presenta el marco de referencia de procesos de tratamiento de agua, metodología e instrumentos para la elaboración de los PSA. La metodología de trabajo se presenta en el quinto apartado y consiste a grandes rasgos en el diagnóstico, evaluación y planteamiento del PSA de cada uno de los hospitales.

Los resultados se presentan en el apartado seis, calidad de agua, estado de la infraestructura del sistema de agua y gestión del agua en los hospitales. En el siete se hace el planteamiento de los PSA de cada hospital en base al diagnóstico y evaluación, tomando como referencia los puntos de mejora y la implementación de sistemas de control y seguimiento. El capítulo ocho presenta las conclusiones del presente trabajo, el apartado nueve las referencias bibliográficas que se tomaron para la elaboración de los PSA y el diez muestra los anexos que presentan las hojas de campo, cadena de custodia de los muestreos realizados y documentos de campo.

2. JUSTIFICACIÓN

El crecimiento de la población se ha desarrollado de una manera muy rápida, por esa causa cada día se demanda más agua de consumo humano por este motivo se justifica la realización de los PSA el cual ofrece un instrumento de gestión del agua en este particular dentro de los hospitales, para garantizar que los usuarios y personal que labora tengan la garantía de consumir agua segura y en cantidad necesaria. Debido a que en la actualidad no hay un sistema de gestión de los sistemas de agua en los hospitales Bertha Calderón Roque y Yolanda Mayorga.

Los sistemas potabilización, distribución y almacenamiento de agua, así como del saneamiento del agua residual que deben poseer los centros de salud, constituyen un punto fundamental a vigilar, principalmente en los países con economías emergentes. Para ello, se han creado estrategias para garantizar la calidad del agua en todo el sistema hídrico, entre las que destacan el PSA; instrumento dirigido a garantizar su potabilización, gestionar su distribución, extender su valoración y fortalecer las herramientas y medios para acceder a recursos técnicos y logísticos brindados por los gobiernos (OMS, 2015).

La implementación de un PSA en los centros de salud busca beneficiar a la población que asiste a recibir atención médica, al mejorar el servicio básico ya que se garantiza una adecuada calidad, su correcta distribución y su uso adicional en otras áreas de las instalaciones. De igual manera permite definir las medidas administrativas que cada centro deba efectuar para prevenir, controlar y mitigar los impactos asociados al agua y saneamiento, así como garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos. De esta manera, el estudio de aseguramiento de la calidad del agua en los sistemas de potabilización empleado en un sistema que abastece a los Centros de Salud permitirá desarrollar estrategias que coadyuven a reducir el riesgo de afectación a la salud y al ambiente.

La herramienta de gestión de WASH FIT, permite proteger la salud y mantiene la dignidad de manera holística a través de la evaluación y la gestión de los riesgos de servicios insuficientes o no seguros de agua, Saneamiento inadecuado y malas prácticas de higiene, optimizar los recursos a través de un plan de mejora, que fortalece un Plan de Seguridad de Agua (PSA), dentro de las instalaciones de Salud, el personal de salud y usuarios se encuentra vulnerable a riesgos lo cual requiere de manera urgente contar con un Plan de Seguridad de Agua que mejore las condiciones actuales.

Debido a la deficiencia en los servicios de agua y saneamiento en las unidades de salud se pretende elaborar un instrumento y/o guía para la implementación de los PSA en los hospitales Bertha Calderón Roque y Yolanda Mayorga de Nicaragua. Se espera plantear los procedimientos

y herramientas, para lograr mejorar el control preventivo de la calidad del agua en los sistemas de agua potable.

Por esta razón, se elaboró una propuesta de diseño de Plan de Seguridad de Agua en donde se analizaron que los factores de riesgos como el estado físico de los equipos del sistema y la calidad de agua en todo el sistema, causas de pérdidas de calidad y abastecimiento de agua, así como las medidas preventivas necesarias (mantenimiento preventivo y gestión del sistema de agua), lo que beneficiará al personal de salud y pacientes que reciben atención en todos los establecimientos de salud, principalmente los hospitales modelos en Nicaragua.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Elaborar un Plan de Seguridad de Agua (PSA), de los sistemas de potabilización para la atención del Hospital Bertha Calderón Roque de Managua y el Hospital Primario Yolanda Mayorga del municipio de Tipitapa, ambos de Nicaragua a través de instrumentos de gestión del agua.

3.2. Particulares

1. Evaluar física y operativamente los sistemas de distribución, abastecimiento y potabilización de agua de los Hospitales modelos en estudio, como garantía de su calidad mediante visitas de inspección y recolección de datos en puntos estratégico
2. Determinar los Puntos Críticos de Control (PCC) para la evaluación de la calidad de agua en los sistemas de distribución de los Hospitales modelo, mediante el criterio de sensibilidad epidemiológica.
3. Determinar el cumplimiento de calidad del agua histórica y actual de los hospitales en conformidad con la normatividad vigente, con base en el contenido de algunos parámetros indicadores de calidad.
4. Proponer una herramienta de evaluación para la elaboración del Plan de Seguridad de Agua para los Hospitales modelos en estudio, empleando el PSA y el WASH FIT.

4. MARCO DE REFERENCIA.

Con el fin de plasmar una referencia científica teórica de los elementos necesarios para la elaboración de los PSA para los hospitales modelos, en este capítulo, se presentan los lineamientos del PSA basados en la guía de la Organización Mundial de la Salud (WHO u OMS), las regulaciones y normativas de calidad del agua y dotación de la misma (cantidad). Además de presentar los procesos convencionales de potabilización de agua.

4.1. Antecedentes de los Planes de Seguridad de Agua (PSA).

Las metas de protección de la salud, incluidos los valores de referencia y otras metas descritas en las diversas guías para la calidad del agua de consumo humano, no pretenden ser límites obligatorios, pero se proporcionan como punto de partida científico para el desarrollo de valores numéricos de las normas de calidad del agua de consumo humano a nivel internacional, nacional o regionales. Ningún abordaje tiene aplicación universal y la naturaleza y forma de las normas del agua de consumo humano pueden variar entre países y regiones. Dado a la importancia del Plan de Seguridad del Agua (PSA), la implementación es creciente. Las comunidades en casi todas las regiones del mundo han implementado PSA, incluyendo a África, las Américas, el Sudeste de Asia, Europa y el Pacífico Oeste. La Región de América Latina y el Caribe notablemente se han involucrado en este esfuerzo global para aplicar el enfoque del PSA para conseguir la seguridad del agua potable (OPS, 2014).

El adecuado proceso de potabilización y saneamiento, combinado con las medidas precautorias de gestión durante las diferentes instancias del ciclo antropogénicos del agua (que comprende desde una fase preparatoria, hasta su disposición final) involucra una robusta supervisión para mantener e inclusive para incrementar la calidad del agua; alcanzando con ello, el término de agua segura en todas las instancias. Por su parte, la satisfacción de las necesidades básicas del agua que implican usos de contacto directo, o de consumo humano son de particular interés en el ámbito de salud pública (OMS, 2017). De hecho, la prestación segura de los servicios de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene es esencial para prevenir enfermedades y proteger la salud humana durante brotes infecciosos como la actual pandemia de la COVID-19 (Banco Mundial, 2020). De hecho, la WHO, 2020 advierte que alrededor de 1.800 millones de personas corren un mayor riesgo de contraer la COVID-19 y otras enfermedades debido a que reciben tratamiento o trabajan en centros de atención de la salud que carecen de servicios básicos de agua (OMS y UNICEF, 2020).

En contraparte, la contaminación de las fuentes de abastecimiento por agentes físicos, químicos o biológicos promueve la aparición de padecimientos hídricos a corto, mediano o largo plazo,

que provocan intoxicaciones o inclusive la muerte aunada a los daños ecosistémicos irreparables (OMS,2017).

Los sistemas de potabilización, distribución y almacenamiento de agua, así como el del saneamiento del agua residual, que deben tener los centros de salud, constituyen un punto fundamental a vigilar, principalmente en los países con economías emergentes.

Para ello, se han creado estrategias para garantizar la calidad del agua en todo el sistema hídrico, entre las que destacan el PSA; instrumento dirigido a garantizar su potabilización, gestionar su distribución, extender su valoración y fortalecer las herramientas y medios para acceder a recursos técnicos y logísticos brindados por los gobiernos (OMS, 2015). La implementación de un PSA en los centros de salud busca beneficiar a la población que asiste a recibir atención médica, al mejorar el servicio básico ya que se garantiza una adecuada calidad, su correcta distribución y su uso adicional en otras áreas de las instalaciones. De igual manera, permite definir las medidas administrativas que cada centro deba efectuar para prevenir, controlar y mitigar los impactos asociados al agua y saneamiento, así como garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos. De esta manera, el estudio de aseguramiento de la calidad del agua en los sistemas de potabilización empleado en un sistema que abastece a los Centros de Salud permitirá desarrollar estrategias que coadyuven a reducir el riesgo de afectación a la salud y al ambiente.

A través de sus normas esenciales y mínimas plantean programas y actividades para salvar vidas en el ámbito del abastecimiento de agua. Por ello, establecen que cada organización ejecutora debe elegir el sistema que le conviene para garantizar la conformidad con las normas mínimas. De hecho, el Proyecto Esfera en el 2018, menciona que la OMS recomienda la utilización de un Plan de Seguridad de Agua (PSA). Esta precisión y su recomendación para el uso de PSA revela lo observado por el autor de dicha asociación Esfera durante los últimos veinte años en la práctica humanitaria establece la no existencia de algún sistema ni instrumento de gestión de riesgos en sus sistemas de potabilización de agua de consumo, lo que constituye una enorme debilidad actual, en los procesos nacionales, regionales y mundiales para la construcción de políticas y marcos de acción de la gestión de riesgos desde un enfoque de desarrollo, lo que ha permitido identificar la necesidad de incorporar un sistema de gestión de riesgos de contaminación y reducción de producción a través de la formulación de un Plan de Seguridad de Agua en las operaciones de equipos portátiles de potabilización (Asociación Esfera, 2018)

Hoy en día, en un contexto de la pandemia COVID-19, la etapa clave para la formulación de un PSA se basa en la identificación de peligros y riesgos. (MINSA, 2020)

Esto se realiza aplicando técnicas inductivas de evaluación de basados en juicios de diversos expertos acerca de la ingeniería básica y operación del equipo de potabilización, de los aspectos

ambientales biótico y no biótico de la cuenca. También acerca de los aspectos antrópicos estructurales y no estructurales en los asentamientos (Jiménez Saldaña, 2016).

Si bien la OMS 2015 propone que los servicios de agua, saneamiento e higiene en los establecimientos de salud es un requisito indispensable para alcanzar los objetivos nacionales de salud y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en su meta 3 (garantizar una vida sana y promover el bienestar) y en la 6 (garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento). El agua salubre, las instalaciones para lavarse las manos en funcionamiento, letrinas y las prácticas de higiene y limpieza son especialmente importantes para mejorar los resultados de salud relacionados con la salud materna, neonatal e infantil, del mismo modo que los procedimientos básicos de prevención y control de las infecciones necesarios para prevenir la resistencia a los antimicrobianos.

Un método de gestión de riesgos para proveedores de aguas de consumo, éste sólo plantea los fundamentos y principios del sistema de gestión. Un plan debe formularse adaptándolo para cada sistema concreto de abastecimiento, pues presentan cada uno complejidades particulares. (CONAGUA, 2015)

El conocimiento amplio del contexto, y la competencia adquirida en la adaptación y/o construcción de instrumentos de gestión, así como la determinación y dimensionamiento pertinente de variables, entre otros muchos aspectos, ha permitido formular el presente instrumento de gestión.

El agua para consumo humano es clave en las políticas de salud pública, debiéndose dar especial atención a la potabilización y vigilancia en los sistemas de distribución, almacenamiento, así como al saneamiento. Por ello, la forma más eficiente de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema es aplicar planteamiento integral de evaluación y gestión del recurso hídrico mediante un (PSA), considerando la fuente, la potabilización, la distribución al consumidor (con métodos de reforzamiento para la eliminación microbiológica) y disposición final. (OMS, 2009)

El principal componente de un PSA es la etapa de potabilización (en especial la barrera de desinfección) debido a que, en este sistema, se debe garantizar la remoción o separación de contaminantes de cualquier índole (físicos, químicos, biológicos, radioactivos, etc.) y otros, tal que no representen un riesgo a la salud (Cáceres, 1997). Este último término se aplica al agua que cumple con las normas o criterios de calidad establecidas a nivel Nacional y/o internacional. En el caso de México, existe la normatividad NOM-127-SSA1-1994 establecida por la Secretaría de Salud y en Nicaragua la NORMA CAPRE, las cuales establecen los límites de permisibles de indicadores de calidad del agua para consumo humano y los requerimientos que debe poseer en función de su contenido.

4.2. Salud y su relación con el abastecimiento y saneamiento de agua.

La provisión de agua potable y de saneamiento es un factor importante en la salud de la población, ya que se evita la exposición de agentes patógenos. El acceso adecuado a estos servicios es crucial para la reducción de la mortalidad y morbilidad entre la población menor de cinco años, la disminución de enfermedades de transmisión hídrica (hepatitis viral, fiebre tifoidea, cólera, disentería y otras causantes de diarrea), así como de afecciones resultantes del consumo de componentes químicos patógenos (arsénico, nitratos y flúor, por mencionar algunos). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2012), en todo el mundo se producen unas 502 mil muertes por diarrea asociada al agua cada año. La diarrea es una de las principales causas de malnutrición por falta de acceso a agua, saneamiento y pobres servicios de salud.

De acuerdo con Sepúlveda 2007, en México, la mortalidad infantil por 1 000 nacidos vivos ha disminuido de 28.0 en 2003 a 9.0 en 2010 y 7.3 en 2015. Esta reducción se debe, en gran medida a las diversas intervenciones, entre ellas las del Programa de Prevención de la Mortalidad Infantil, el cual incluye la prevención y tratamiento de las enfermedades diarreicas agudas (EDA) en los menores de un año. También se encuentran la distribución de suero oral a partir de 1984, las campañas de vacunación desde 1986, el Programa Agua Limpia desde 1991 y el incremento de las coberturas de agua potable del 78.4% al 92.4% y alcantarillado del 61.5% al 91%. A estos factores se añaden los de higiene, educación, acceso a los servicios de salud y la mejora en las condiciones socioeconómicas y ambientales. Un estudio de la OMS calcula que el retorno de inversión para saneamiento es de 5.5 dólares por dólar invertido, en tanto que para agua potable es de 2.0 dólares por dólar invertido (OMS 2012).

En Nicaragua, la cobertura de agua entre el año 2007 y 2010 se incrementó de 72% al 84%, integrando 52,813 usuarios, de igual manera el servicio de alcantarillado sanitario se ha mejorado ampliando la cobertura del 33% al 39% e integrando a 52,746 usuarios y ampliando las redes de aguas servidas en más de 400 km. Se suministra anualmente a la población alrededor de 220 millones de metros cúbicos, de ellos el 82 % son de origen subterráneo y el 18% provienen de otros tipos de fuentes por lo que el principal y común proceso de potabilización es la desinfección por cloro, debido a la alta calidad del agua subterránea del país con la desinfección el agua cumple con los parámetros de calidad de la legislación nacional. (Barreda, 2021)

Por lo general, la calidad del agua se determina en función de una serie de parámetros físicos, químicos y microbiológicos respecto a directrices o estándares de calidad del agua basados en niveles de toxicidad científicamente aceptables (ONU-DAES, 2014), y permitiendo así caracterizarla como apta o no para el consumo humano. Generalmente, se cuantifican

mediante pruebas estandarizadas las propiedades y componentes presentes en el agua para establecer su grado de potabilidad o determinar propiedades de interés para el tratamiento, conducción o almacenamiento de esta (Jiménez, 2001).

La gestión preventiva es el mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo y debe tener en cuenta las características del sistema de abastecimiento de agua, desde la fuente hasta su utilización por los consumidores. Dado que muchos aspectos del aseguramiento de la calidad del agua de consumo no son responsabilidad directa del proveedor de agua, es fundamental adoptar un sistema de colaboración entre los múltiples organismos que tienen responsabilidades (ENACAL, MINSA, MARENA) en aspectos específicos del ciclo del agua, para garantizar su participación en PSA.

4.3. Planes de Seguridad del Agua (PSA).

Los PSA buscan garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo aplicando un planteamiento integral de evaluación y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la captación hasta su distribución al consumidor. Este carácter sistemático de la estrategia basada en los PSA nunca debe perderse de vista ni olvidarse durante su ejecución. La gran ventaja de esta estrategia es que puede mitigarse para garantizar la seguridad del agua suministrada por sistemas de cualquier tipo y tamaño, con independencia de su implicada complejidad.

De acuerdo con la OMS (2009) el planteamiento para la elaboración y aplicación de un PSA para cada sistema de abastecimiento de agua de consumo es el siguiente:

1. Adoptar una metodología para el desarrollo de un PSA.
2. Determinar todos los peligros y eventos peligrosos que pueden afectar a la seguridad del sistema de abastecimiento de agua, desde la cuenca de captación, el tratamiento y la distribución hasta el lugar de consumo.
3. Evaluar el riesgo asociado a cada peligro y evento peligroso.
4. Considerar si existen controles o barreras para cada riesgo significativo.
5. Validar la eficacia de los controles y barreras.
6. Determinar en qué caso se necesitan controles nuevos o mejorados.
7. Aplicar un plan de mejora, en caso necesario.
8. Demostrar que la seguridad del sistema se mantiene de forma permanente.
9. Reexaminar periódicamente los peligros, los riesgos y los controles.
10. Mantener registros fidedignos para ofrecer transparencia y justificar los resultados.

De acuerdo a la OMS 2009, el planteamiento del Plan de Seguridad del Agua (PSA) queda descrito a continuación:

1. Adoptar una metodología para el desarrollo de un PSA.

Paso 1. Conformación del equipo técnico ejecutor para desarrollar el PSA.

Paso 2. Realizar una descripción del sistema de abastecimiento de agua considerando los siguientes puntos:

- a) Recopilación de la Información relacionada al sistema integrado.
- b) Percepción del Equipo de PSA, sobre la situación del Sistema de abastecimiento de agua y de la red de distribución.
- c) Recorrido de reconocimiento en el sistema de abastecimiento y elaboración del diagrama de flujo del sistema de agua.
- d) Validación diagrama de flujo del sistema de agua.
- e) Un PSA debe incluir visitas de campo para confirmar los conocimientos, la información y los esquemas del proceso con los que cuenta el servicio de abastecimiento de agua.
- f) En las visitas debe recabarse la opinión de quienes trabajan en las mismas o en las cuencas de captación, si tienen información detallada y de primera mano sobre aspectos que quizá no hayan sido anotados en los registros del servicio de abastecimiento de agua.

2. Identificar todos los peligros y eventos peligrosos y validación del riesgo del sistema de agua potable.

- a) Identificación de las fuentes de peligro más frecuentes en el sistema de agua potable
- b) Método para clasificar y valorar los riesgos en cada una de las dependencias del sistema de la red de distribución de agua potable.
- c) Idóneamente, todos los procedimientos deben anotarse como parte de la estrategia o práctica de los PSA, lo que ayuda a obtener el reconocimiento y aceptación de la estrategia en todos los ámbitos del servicio de abastecimiento de agua.

3. Evaluar el riesgo asociado a cada peligro y evento peligroso

- a) La evaluación, actualización, recopilación o reelaboración de los procedimientos operativos normalizados son componentes integrales de la estrategia de los PSA.
- b) Determinación de puntos críticos de control (PCC) y Medidas de Control (MC).

4. Considerar si existen controles o barreras para cada riesgo significativo.

- a) La materialización de un incidente o situación conlleva a la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso (OMS, 2004).

5. Validar la eficacia de los controles y barreras.

- a) Con la evaluación del riesgo se identifica y valoran las consecuencias negativas que pueden resultar de una acción.
- b) Proporcionando información sobre los posibles impactos ambientales o en la salud pública.

6. Determinar en qué caso se necesitan controles nuevos o mejorados.

- a) La gestión del riesgo ayuda a tomar decisiones para controlar los peligros identificados en la evaluación, considerando aspectos sociales, científicos, tecnológicos, económicos, legales y políticos que faciliten la toma de decisiones y acciones de gestión.

7. Aplicar un plan de mejora, en caso necesario.

De acuerdo con el marco de seguridad del agua, en Nicaragua los objetivos de salud se deberán basar en la reglamentación nacional establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) la cual es la rectora en temas de agua y saneamiento, además el Ministerio de Salud se encarga de la evaluación de la calidad del agua basado en la Norma CAPRE 1994

8. Demostrar que la seguridad del sistema se mantiene de forma permanente.

- a) Elaboración, ejecución y mantenimiento del plan de mejora o de acción.
- b) Seguimiento a la realización de las medidas de control (MC) y verificación de la eficacia del PSA.

9. Reexaminar periódicamente los peligros, los riesgos y los controles.

- a) Realización de evaluaciones periódicas al PSA.
- b) Mantener registros fidedignos para ofrecer transparencia y justificar los resultados.
- c) Se debe realizar un análisis de riesgo en los sistemas de abastecimiento de agua en todas las etapas, amenaza o agente biológico, químico, físico o radiológico que pueda causar daño a los seres humanos y al medio ambiente.

10. Mantener registros fidedignos para ofrecer transparencia y justificar los resultados.

- a) Registro de resultados de calidad de agua: bacteriológicos, fisicoquímicos y cloro libre residual.
- b) Registro de mantenimientos preventivos y correctivos.
- c) Registro de incidencias
- d) Plan de mejora continua.

4.4. Metodología de un PSA para el aseguramiento de la calidad para consumo humano es a través de mecanismos de evaluación y gestión de los sistemas de agua.

El PSA para cumplimiento de los objetivos de salud establecidos comprende cuatro etapas que incluyen:

- a) Planificaciones previas.
- b) El diagnóstico el sistema de potabilización del agua
- c) La evaluación del componente de distribución en red primaria, almacenamiento y distribución interna hacia el centro de Salud, e incluye, el diseño conceptual del proceso de tratamiento del agua residual generada
- d) El planteamiento de un Plan de Seguridad para el centro de salud como medida de gestión del agua segura. (OMS, 2009).

4.4.1. Planificaciones previas.

Para la ejecución del estudio se deben establecer los medios necesarios y los contactos para poder realizar las investigaciones y recopilación, se debe crear un marco jurídico e institucional y deben revisarse las prácticas de trabajo efectivas y el presupuesto, de forma que se puedan asegurar los recursos necesarios para un programa sostenible para lo cual se hacen las consideraciones siguientes:

- a) Identificación de las áreas de estudio
- b) Coordinación con las autoridades pertinentes
- c) Identificación de insumos disponibles
- d) Diagnóstico del sistema de agua
- e) Descripción detallada de los componentes que conforman el sistema.
- f) Influyente o agua de entrada al sistema de potabilización
- g) Sistema multimedia de potabilización
- h) Sistema de distribución de la planta potabilizadora
- i) Sistema de almacenamiento dentro del hospital
- j) Sistema de distribución en el hospital
- k) Analizar antecedentes de parámetros de calidad de agua: turbiedad, color, distribución de tamaño de partícula, conductividad, pH, E.coli, coliformes fecales, totales y cloro residual (entre otros).
- l) De acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental para México y las normas CAPRE para Nicaragua.
- m) Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles y límites máximos de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Establecer las condiciones de operación de los componentes. Con ello, conocer si un proceso es adecuado para lograr la calidad, o bien si es necesaria la modificación o adición de otra etapa para el cumplimiento de la normatividad vigente.

4.4.2. Diagnóstico del sistema de agua

Comprende una serie de actividades, de manera enunciativa pero no limitativa se presenta a continuación:

- a) Descripción detallada de los componentes que conforman el sistema.
- b) Influyente o agua de entrada al sistema de potabilización
- c) Sistema multimedia de potabilización
- d) Sistema de distribución de la planta potabilizadora
- e) Sistema de almacenamiento dentro del hospital
- f) Sistema de distribución en el hospital
- g) Analizar antecedentes de parámetros de calidad de agua: turbiedad, color, distribución de tamaño de partícula, conductividad, pH, E. coli, coliformes fecales, totales y cloro residual (entre otros). De acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental para México y las normas CAPRE para Nicaragua. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles y límites máximos de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- h) Establecerán las condiciones de operación de los componentes. Con ello, se conocerá si un proceso es adecuado para lograr la calidad, o bien si es necesaria la modificación o adición de otra etapa para el cumplimiento de la norma vigente.

4.4.3. Evaluación del componente de distribución en red primaria, almacenamiento y distribución interna hacia el centro de Salud, e incluye el proceso de tratamiento del agua residual generada:

- a) Análisis de agua en las diferentes etapas.
- b) Influyente
- c) Sistemas de potabilización
- d) Tanques de almacenamiento en el hospital
- e) Red de distribución interna en el hospital desde el abastecimiento hasta el punto más alejado de este.
- f) Estado de los equipos de almacenamiento del agua (incluyen cisternas y tanques elevados).
- g) Evaluación del método de disposición de aguas residuales, análisis de resultados de aguas residuales y evaluación del sistema (si cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR)).

4.4.4. Planteamiento de un Plan de Seguridad del Agua

Ello mediante una serie de procedimientos en lo que se incluye:

- a) Plan de Acción de Potabilización y Vigilancia del Agua (inspección a la fuente de abastecimiento, inspección al sistema de potabilización, toma de cloro residual, análisis bacteriológicos y fisicoquímicos según normas aplicables).
- b) Plan de Manejo del Agua Residual Tratada (sistema de tratamiento de aguas residuales y su potencial de reúso).
- c) Plan de Control y Seguimiento (plan de monitoreo, registro y control de los parámetros de vigilancia del agua, registro y control del sistema de tratamiento de aguas residuales).
- d) Plan de Mejora Continua (evaluación sistemática del PSA, supervisión de las mejoras por punto de control, elaboración y seguimiento de metas calendarizadas para su cumplimiento).

La metodología utilizada es basada en el Manual para el desarrollo de Planes de Seguridad de Agua de la OMS, debido que internacionalmente todos los PSA siguen los lineamientos y directrices presentes en este Manual. Por lo cual se presentan algunos ejemplos de la implementación en algunos países.

4.5. Implementación de PSA a nivel Internacional

En el marco de la Política Nacional de Gestión de Riesgos, la Municipalidad, integrante del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres Ley 29664 de Perú, aprobó en 2014 un “Protocolo de Actuación en Agua, Saneamiento e Higiene para Emergencias en virtud de su competencia para formular y aprobar normas y planes, y de evaluación, dirección, organización, supervisión, fiscalización y ejecución de los procesos de gestión de riesgos de la calidad de la seguridad del agua”.

El protocolo tiene como objetivo central “contar con pasos que establezcan las tareas, acciones y actores para suministro de agua, saneamiento e higiene en beneficio de la población afectada en situaciones de desastres”. Los objetivos específicos del protocolo contemplan el acopio, sistematización y análisis de información de daños y necesidades, elaboración de un plan de acción, suministro de agua en calidad y cantidad suficiente, manejo de excretas, lucha anti-vectorial, manejo de residuos sólidos, manejo de alimentos y fomento de higiene. Como en el caso de las organizaciones humanitarias, a pesar de presentar componentes comunes a las prácticas de PSA, la secuencia del proceso de actuación del protocolo no se consolida como un PSA.

El protocolo resulta más bien en un listado de acciones y responsables para lograr objetivos basados en las normas esfera para agua y saneamiento. Carece de procedimientos de acciones y no presenta un planteamiento de evaluación y gestión de riesgos para las intervenciones de suministro de agua en las zonas afectadas. Aunque el escenario internacional en situación de desastre significará cientos de contextos diferenciados para atención de suministro de agua, por el tipo de fuente y calidad de agua, volumen disponible y requerido, método de captación, necesidad de tratamiento incluyendo desinfección, un planteamiento genérico de gestión de riesgos de calidad y sostenibilidad del suministro debería servir como modelo para los escenarios focales diferenciados que se encontrará en la ciudad. El protocolo metropolitano no implementa ni recomienda en su propuesta la formulación de PSA.

Debido a las implicaciones en reformas de leyes y normativas para poder garantizar la implementación y continuidad, los países no adoptan el PSA como metodología de gestión de los recursos hídricos ya que esto requiere un alto compromiso gubernamental y social para la sostenibilidad a través del tiempo.

4.5.1. Francia

De acuerdo con de la Peña (2016), la gestión del agua en Francia responde a los siguientes fundamentos :a) permitirá cada uno tener acceso al agua potable y al saneamiento de las aguas residuales; b) preservar los recursos hídricos y medios acuáticos; c) Prevenir las contaminaciones permanentes y accidentales ;d) prevenir y manejar las inundaciones y las sequías, luchar contra la erosión; e) asegurar la producción agro alimentaria limitando los impactos de la agricultura sobre el medio ambiente y los recursos; f) permitir el desarrollo sostenible de la industria, la producción energética, la práctica de actividades recreativas y del turismo así como de los transportes fluviales.

El agua residual está tratada y el agua de consumo debe responder a criterios: parámetros organolépticos (color, sabor, olor, incluso si no tienen relación directa con la salud), características fisicoquímicas, normas relativas a las sustancias toleradas hasta un límite máximo de terminado (flúor, nitratos), normas relativas a las sustancias tóxicas (plomo y cromo), normas relativas a la microbiología (bacterias, virus patógenos), normas relativas a los plaguicidas y productos fitosanitarios. Estas normas de calidad rigurosas se basan en los trabajos de la OMS y las directivas europeas. (Agua, 2009).

La experiencia francesa permite obtener conocimientos sobre: a) la gestión integral del agua por cuenca hidrográfica; b) la descentralización de la gestión del agua; c) la gestión participativa, involucrando a todos los actores y el público; d) la aplicación del principio contaminador pagador y el papel de integración económica de las Agencias del Agua; e) la responsabilidad pública local de los servicios de agua y saneamiento; f) las lecciones aprendidas de los varios

modos de gestión de los servicios de agua tanto en compañía pública como en delegación a empresas privadas; g) la transparencia en el funcionamiento de los servicios y la información de los usuarios. Los métodos desarrollados en Francia pueden ayudar a los países que necesiten reforzar su gestión de los recursos hídricos a nivel nacional, regional o local y a poner en marcha una coordinación internacional para la gestión de sus recursos hídricos transfronterizos. La gestión del agua mediante los PSA en Francia ha funcionado debido a que se realiza un manejo integral desde la cuenca hidrográfica, involucrando todos los sectores de la sociedad y aplicando políticas de gobierno que garantizan la sostenibilidad de los sistemas de agua y saneamiento. Garantizando calidad, accesibilidad y cantidad de agua para consumo humano a toda la población. (Agua, 2009)

4.5.2. Inglaterra.

Los planes de seguridad del agua se basan en un trabajo riguroso que garantiza la gestión de la higiene del agua y que la respuesta al riesgo es adecuada para el propósito del uso del agua. Con el soporte adecuado puede reducir de manera confiable el riesgo de contaminación y proporcionar pruebas y garantías de control a los “más altos estándares” (WCS 2018). Los fundamentos de control y gestión de riesgos incluyen: Plan de Seguridad del Agua desde la captación, tratamiento y riesgo operativo de todo el sistema. Tomando como referencias los peligros y riesgos, mediante el análisis de peligros y los puntos críticos de control sistemático mediante la identificación y gestión preventiva de riesgos. Una vez identificados los peligros y puntos críticos de control se deben establecer las medidas de control y se deben establecer y registrar límites para el tratamiento del agua, ciclo de vida del sistema, tiempo de mantenimiento y si habrá desinfección secundaria para mantener la calidad (*National Health Service*, 2019).

4.5.3. Colombia

De acuerdo con el marco de seguridad del agua del Ministerio de Salud de Colombia, Decreto 1594 Usos del agua y residuos líquidos, en los objetivos de salud se deberán basar en la reglamentación nacional a cargo de los Ministerios de la Protección Social, además de apoyarse en la reglamentación internacional; el desarrollo e implementación de los PSA han de estar a cargo de las entidades prestadoras del servicio de agua y la vigilancia a cargo de los organismos de control como el Instituto Nacional de Salud y las direcciones departamentales, distritales y municipales de salud. Los PSA son aplicables a todo Sistema de Abastecimiento de Agua potable independiente de su tamaño o complejidad e idealmente deben ser formulados e implementados de manera específica (Díaz, et al., 2013).

Actualmente la gestión de Agua y Saneamiento por parte del gobierno colombiano promueve la gestión del riesgo como parte integral de la prestación de los servicios públicos domiciliarios

de acueducto, alcantarillado y aseo como una oportunidad para incrementar la eficiencia y asegurar la sostenibilidad, tanto en la prestación de los servicios como en los recursos naturales y sus resoluciones reglamentarias armonizan con los requerimientos para la implementación de los PSA. (Vidal, et al., 2009).

La metodología aplicada por los PSA en Colombia está comprendida en tres fases, la primera fase consiste en la recolección y obtención de información; en la segunda fase se hace el análisis de los riesgos de contaminación en el sistema de abastecimiento, desde la fuente hasta el usuario final, para determinar puntos críticos de control; por último, se lleva a cabo el monitoreo de los componentes del sistema de abastecimiento estableciendo acciones correctivas y preventivas.

En Colombia la normatividad actual sobre agua potable exige la implementación de mapas de riesgos y evaluación de índices de calidad, lo que posibilita que los PSA tengan una perspectiva de implementación en el corto plazo. Se ha conformado una Mesa Intersectorial de PSA con la asesoría de la OPS, cuyos participantes iniciales fueron los Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y Protección Social (MPS) y el Instituto Nacional de Salud (INS), actualmente ya se cuenta con la participación de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, la Comisión de Regulación de Agua Potable, la EAAAZ (Empresa de agua, alcantarillado y aseo de Zipaquirá) y Aguas de Manizales. El propósito de la mesa es articular y aunar esfuerzos en torno a la implementación de los PSA en Colombia en estrecha articulación con el marco regulatorio nacional concerniente a la calidad, control y vigilancia de las condiciones de la calidad de agua potable (Teófilo Monteiro 2009).

El PSA integra la evaluación y gestión del riesgo en los sistemas agua potable y saneamiento, integrando la de gestión de calidad de agua, identificando los posibles riesgos desde la captación hasta el usuario final, precisándolos, priorizándolos e implementando medidas de control para mitigarlos. Permite tomar medidas oportunas frente a la presencia de riesgos microbiológicos o químicos antes de que el agua contaminada llegue al consumidor, protegiendo de este modo la salud de la población (Argueta, 2008).

4.5.4 México

OPS trabaja en la capacitación a nivel nacional para la implementación de los PSA. La necesidad de mejorar la calidad del agua para consumo humano, el saneamiento básico y la higiene como fundamentos básicos de la prevención primaria de las enfermedades transmisibles. Dieron las pautas para la implementación de sistemas de agua potable eficientes y efectivos, tomando como bases los manuales de Planes de Seguridad de Agua de la OMS para mejorar la prestación integral de los servicios de agua potable y saneamiento. Mediante los PSA se han organizado y sistematizado prácticas de gerenciamiento aplicadas a la producción y distribución de agua

potable asegurando la aplicabilidad de estas prácticas a la calidad de la prestación del servicio. Basándose en el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) mediante un sistema que identifica, evalúa y controla riesgos significativos para la seguridad del agua para consumo humano. En México la implementación ha venido siendo de manera gradual en las municipalidades, debido a los problemas de abastecimiento y de aseguramiento de la calidad del agua de consumo humano. Mediante los PSA se espera que se puede tener un mejor control de los sistemas de agua y saneamiento. (CONAGUA, 2015).

4.5.5. Comparación de la gestión del agua internacionalmente.

Garantizar el agua potable es el objetivo del enfoque del Plan de Seguridad del Agua (PSA), que ha sido aplicado a un gran número de sistemas de suministro de agua en todo el mundo esta comparación es entre países de Europa y Latinoamérica que han implementado PSA en sus sistemas de agua y saneamiento (Alemania, Inglaterra, Colombia, México). Las actividades de apoyo a la aplicación continua de la revisión general de las experiencias generales del PSA y el intercambio de lecciones aprendidas parece ser escasa, mientras que la importancia de formación, colaboración y alianzas, y el valor de un impulso regulatorio a menudo se enfatizan en mayor manera. Por lo que el enfoque del PSA tiene por objeto garantizar el agua potable a través de una evaluación exhaustiva del sistema, la gestión y las medidas de comunicación, así como el seguimiento (OMS, 2017). La implementación generalizada del PSA apoya el logro de la meta 6.1 del objetivo de Desarrollo sostenible de proporcionar agua potable y segura para todos (ONU,2015).

Comparando las características de gobernabilidad en temas de agua y saneamiento, tomando como punto de comparación la gestión de países europeos y latinoamericanos es la siguiente: las políticas de inversión en agua y saneamiento son una prioridad y se realizan de manera conjunta entre el gobierno y la empresa privada en el caso de Europa, al contrario de Latinoamérica es de manera estatal y no se toma como una prioridad en los presupuestos. La comunicación y educación en temas ambientales y usos del agua en los países de Latinoamérica es mínima y la población no hace suyos los proyectos, con lo cual la población aporta lo mínimo para los cuidados y funcionamiento de estos. Lo que difiere a la población europea que actúa de forma participativa adueñándose de los proyectos y velando por los mismos para el buen funcionamiento teniendo una alta aceptación y nivel de confianza.

Este estudio se enfocará en el estado de los abastecimientos de agua de dos hospitales, el hospital Berta Calderón Roque y el hospital Yolanda Mayorga de Nicaragua ambos ubicados en el departamento de Managua, pero en diferentes municipios los cuales no cuentan con un sistema de seguridad de agua que garantice la calidad y la cantidad de agua que necesitan los hospitales.

4.6. Sistemas de potabilización para el aseguramiento de la calidad de agua.

Los sistemas de potabilización convencionales están diseñados y construidos bajo criterios ingenieriles tradicionalmente aceptados y compatibles a nivel comunitario, o de vivienda; con el propósito de abastecer a las poblaciones del servicio de agua potable, capaz de remover turbiedad, sedimentos, microorganismos, dureza, olor, color y las características que se requieran, dependiendo del estado en que se encuentre el agua cruda; estos sistemas se deben diseñar de acuerdo características propias de los lugares en los que es factible su implementación, el tren de proceso tradicional está constituido por las siguientes operaciones unitarias. (CONAGUA, 2015)

4.6.1. Coagulación.

Es un proceso de gran importancia en la potabilización del agua ya que en él se adicionan sustancias, químicas (coagulantes) al agua a altas velocidades, preparándola para la sedimentación de las partículas en suspensión que no pudieron ser removidas en los procesos de pretratamiento. La coagulación es el proceso que se usa más ampliamente para remover las sustancias inorgánicas, (generadoras de turbiedad en el agua), así como sustancias orgánicas (que causan olor, sabor o color). La coagulación es el método más importante para la remoción de partículas coloidales y suspendidas (de 80% a 90% de remoción). Los principales coagulantes utilizados en este proceso son: Sulfato de Aluminio, Aluminato de Sodio, Cloruro de Aluminio, Cloruro Férrico Sulfato Férrico, Sulfato Ferroso, Polielectrolitos, donde las sales de aluminio y de hierro son los más usados (Vargas, et al., 2006).

El proceso de coagulación se usa principalmente para: Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente. Remoción de color verdadero y aparente. Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos. Destrucción de algas y plancton en general (Arboleda, 2000).

4.6.2. Floculación

Este proceso es el que continúa después de la coagulación, donde generó las coagulaciones agitadas a bajas velocidades, permitiendo la aglomeración de los flóculos (flocs), con el fin de que estos tengan un tamaño adecuado para ser sedimentados. La floculación se divide en dos tipos: pericinetica que es inducido por energía térmica y por el movimiento natural de las moléculas del agua, y ortocinética que es inducida por energía exterior de origen mecánico o hidráulico, siendo éste un paso consecutivo de la floculación pericinetica. La floculación es uno de los métodos más importante para la remoción de partículas coloidales y suspendidas (de 80% a 90% de remoción). Los parámetros para la floculación son los siguientes: Floculación Ortocinética, Gradiente de Velocidad, Número de colisiones, Tiempo de retención, densidad y tamaño del flóculo.

Los floculadores empleados en el proceso son los hidráulicos (de flujo horizontal, vertical, helicoidal, Alabama y del echo poroso), los mecánicos (giratorios, de turbina y reciprocantes); y los hidromecánicos que utilizan la energía hidráulica para moverlas turbinas. Los floculantes utilizados son polímeros o polielectrolitos, los cuales pueden ser de naturaleza mineral, orgánica natural y orgánica de síntesis. (Pomalaza, et al., 2016).

4.6.3. Filtración en la arena

Se utiliza mucho para tratar agua superficial para la remoción de turbiedad, color y organismos Coliformes. Sus ventajas residen en el tamaño, efectividad de costo/beneficio, relativa facilidad de uso y operación. Su principal desventaja es que, si la turbiedad del influente varía mucho con respecto al tiempo, es necesario controlar efectivamente los cambios de calidad del agua entrante (CONAGUA, 2015). Los Filtros de arena empacados funcionan mediante la entrada del flujo por la parte superior del filtro y desciende a través del lecho filtrante de arena. El filtrado se realiza al ir quedando adsorbidas las partículas sólidas a lo largo del sinuoso lecho filtrante. Cuando el agua llega a la parte inferior se recoge un colector de salida. El lecho filtrante de arena queda retenido dentro del filtro gracias a unas mallas o brazos filtrantes con pequeñas ranuras de paso de agua. Las partículas sólidas se van quedando retenidas en el lecho de arena. A medida que se incrementa la suciedad retenida se incrementa también la pérdida de carga del filtro. El filtrado se realiza a presión, al atravesar el agua la arena del filtro en forma descendente.

4.6.4. Sedimentación

La sedimentación es el proceso por medio del cual se separan los sólidos más densos del agua mediante el efecto de gravedad, los factores que influyen en la sedimentación son: Calidad del agua, Condiciones hidráulicas y procesos previos a la sedimentación. Los sedimentadores se clasifican en: sedimentadores o de cantadores estáticos, los cuales hacen su proceso mediante sedimentación de caída libre; decantadores dinámicos que necesitan una gran concentración de partículas; y los decantadores laminares, que son los que su eficiencia disminuye debido al aumento de la carga superficial. (Leal Ascencio, 2014)

4.6.5. Desinfección

El mecanismo de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua es el que emplea el cloro y sus compuestos derivados como agentes desinfectantes. La cloración es un medio sencillo y eficaz para desinfectar el agua y hacerla potable. Consiste en introducir productos clorados (pastillas de cloro, lejía, etc.) en el agua para reducir los microorganismos que estén contenidos. Normalmente, tras un tiempo de actuación de unos 30 minutos, el agua pasa a ser potable. Gracias al efecto remanente del cloro, continúa siéndolo durante horas o

días (en función de las condiciones de almacenamiento). El tratamiento del agua por cloración permite eliminar de formas más sencilla y poco costosa la mayor parte de los microorganismos responsables de enfermedades como la disentería, fiebre tifoidea y el cólera, así como también enfermedades virales provenientes del agua no tratada.

Para la desinfección por cloro se debe tomar en cuenta lo siguiente: los organismos que se pretenden eliminar, en Nicaragua y México se toman como referencia los coliformes totales y termo tolerantes, el tiempo de reacción que tendrá el cloro con el agua, la cantidad y clase de cloro económicamente viable y ciertos parámetros de calidad de agua que influyen en la eficiencia de la desinfección (pH, nitrógeno y materia orgánica). (Metcalfy Eddy, 1998).

4.7. Planes de aplicación y mejora.

La evaluación del sistema de abastecimiento de agua de consumo puede indicar que las prácticas y tecnologías utilizadas pueden no garantizar la seguridad del agua. En algunos casos, puede bastar con examinar, documentar y formalizar estas prácticas y realizar las mejoras pertinentes; en otros, puede ser necesario realizar modificaciones importantes de las infraestructuras. La evaluación del sistema debe utilizarse como base para el desarrollo de un plan para satisfacer las necesidades determinadas para la aplicación completa de un PSA. La mejora del sistema de abastecimiento de agua de consumo puede abarcar una amplia gama de aspectos, como los siguientes: obras de gran envergadura; capacitación; mejora de los procedimientos operativos; programas de servicios de consulta para comunidades; investigación y desarrollo; elaboración de protocolos para incidentes; y comunicación e informes. Los planes de ampliación y mejora pueden comprender programas a corto plazo (por ejemplo, un año) o a largo plazo. Las mejoras a corto plazo pueden ser, por ejemplo, mejoras en los servicios de consulta para comunidades y el desarrollo de programas de concienciación de las comunidades. Los proyectos de obras de gran envergadura y largo plazo pueden consistir en el techado de depósitos de almacenamiento de agua o en mejoras de las operaciones de coagulación y filtración. La ejecución de los planes de mejora puede tener consecuencias presupuestarias significativas y puede, por consiguiente, requerir un análisis pormenorizado y un establecimiento de prioridades cuidadoso que tenga en cuenta los resultados de la evaluación de riesgo.

La ejecución de los planes debe controlarse para confirmar que las mejoras se han realizado efectivamente y son eficaces. Las medidas de control son con frecuencia costosas, y no pueden adoptarse decisiones acerca de la mejora de la calidad del agua sin tener en cuenta otros componentes del abastecimiento de agua de consumo que compiten por recursos económicos

limitados. Será necesario establecer prioridades y puede ser preciso dilatar la realización de las mejoras durante cierto periodo. (Bernal, 2009)

Instrumento de mejora del agua, establecimientos de salud (WASH FIT, Water and Sanitation for Health Facility Improvement Tool) mejora de la gestión al sistematizar los servicios de agua identifica ámbitos de mejora en calidad de servicios potencializa el cumplimiento normativo favorece el control de calidad de agua potable, saneamiento e higiene (OMS, 2018). En la Figura 4.1 se presenta un esquema de los aspectos que los países deben tener en cuenta para poder implementar los PSA.



Figura 4.1 Matriz de implementaciones para adoptar el PSA. (Dennis Schmiege, 2020)

4.8. Normatividad de Calidad de agua para consumo humano

4.8.1. Normatividad Internacional

La OMS 2015 refiere que las normas sobre el agua de consumo pueden diferir, en naturaleza y forma, de unos países o regiones a otros. No hay un método único que pueda aplicarse de forma universal. En la elaboración y la aplicación de normas, es fundamental tener en cuenta las leyes vigentes y en proyecto relativas al agua, a la salud y al gobierno local, así como evaluar la capacidad para desarrollar y aplicar reglamentos de cada país. Los métodos que pueden

funcionar en un país o región no necesariamente podrán transferirse a otros países o regiones. Para desarrollar un marco reglamentario, es fundamental que cada país examine sus necesidades y capacidades. Los requisitos básicos y esenciales para garantizar la seguridad del agua de consumo son: un «marco» para la seguridad del agua que comprenda metas de protección de la salud establecidas por una autoridad con competencia en materia de salud, sistemas adecuados y gestionados correctamente (infraestructuras adecuadas, monitoreo correcto, y planificación y gestión eficaces), y un sistema de vigilancia independiente.

Estándares de calidad de agua de consumo de La Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA o USEPA por sus siglas en inglés) establece los estándares basados en la salud para proteger el agua potable de la nación. La Agencia identifica los contaminantes que podrían afectar adversamente la salud pública y ocurren en el agua potable en una frecuencia y a unos niveles que representan una amenaza a la salud pública. La EPA identifica cuáles contaminantes requieren una mayor investigación y determina los contaminantes a ser potencialmente regulados. La EPA especifica el nivel máximo de contaminantes que puede ser transmitido a cualquier usuario a través del sistema público de agua. La EPA, los estados, y los sistemas de agua colaboran para proteger el suministro de agua potable nacional.

En México la normativa aplicable para calidad de agua de consumo humano es: la NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

4.8.2. Normatividad de vigilancia para la calidad de agua, Nicaragua.

En el caso de Nicaragua la normativa aplicable es la norma del Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (1994), además, se cuenta con la Normativa 066, Manual para la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano 2011, la cual tiene como objetivo la vigilancia para descubrir las deficiencias del sistema, para remediar la situación a través de la gestión ante la instancia que corresponde, eliminar los riesgos sanitarios, dar asesoramiento, asistencia técnica y asegurar la confiabilidad y seguridad del agua para consumo humano con el propósito de prevenir enfermedades.

Artículo 236.- Para la utilización de una fuente de agua para consumo humano, previo al inicio de su funcionamiento se deberá cumplir con los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y de metales pesados, para obtener el registro de calidad del agua, avalado por el Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia.

Artículo 235.- El MINSA determinará y exigirá el cumplimiento de las normas Manual para la Vigilancia Sanitaria del Agua para Consumo Humano técnicas de calidad sanitaria, en las fuentes

y sistemas de abastecimiento, establecimientos que procesan, almacenan y expenden agua para el consumo humano.

Titulo VI, de la salud y el medio ambiente, capítulo i, del saneamiento ambiental

Artículo 69.- El Saneamiento ambiental comprende la promoción, educación, mejora, control y manejo del ruido, calidad de aguas, eliminación y tratamiento de líquidos y sólidos, aire, la vigilancia sanitaria sobre factores de riesgo y adecuación a la salud del medio ambiente en todos los ámbitos de la vida y el fomento de la investigación científica en la materia.

Además establece que las instituciones que apoyan en administración, salud y medio ambiente: El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio de Salud, el Instituto Nacional Forestal, el Instituto Nicaragüense de Fomento, y el Fondo de Inversión Social de Emergencia, en coordinación con las Alcaldías respectivas, apoyarán a los CAPS con programas de capacitación sobre administración, sostenibilidad, operación del servicio, control de la calidad del agua, cuidado del medio ambiente y en especial la protección y conservación de las fuentes de agua. (MINSAL, 2011).

Al realizar la comparación de la normatividad en calidad de agua de consumo humano entre México, Nicaragua y la OMS, se puede observar que son muy similares en cuanto a los parámetros y valores permisibles. Además, que en la práctica en los dos países realizan el análisis completo de la normatividad o parcial de los parámetros de referencia según los resultados históricos y las condiciones ambientales que se presenten en las zonas específicas.

4.8.3. Normatividad para dotación de agua en diseños hidrosanitarios para Nicaragua y México.

Además de asegurar la calidad del agua se tiene que garantizar el acceso y la disponibilidad de esta. Para lo cual en Nicaragua se utiliza de referencia el Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones del año 2014 de Costa Rica (Tabla 4.1), por su parte, en México la Dotación de agua para diseños hidrosanitarios publicada en el Diario Oficial de la Federación de 1995, que indican la dotación de agua necesaria según cantidad de población y/o tipología (Tabla 4.2). El abastecimiento de agua de consumo humano se debe garantizar tanto en calidad, accesibilidad y en cantidad, por lo cual es necesario garantizar que los diseños hidrosanitarios cumplan con los criterios mínimos de dotación. En Nicaragua la dotación mínima de agua para diseños de hospitales se especifica en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Dotación de agua en diseños hidrosanitarios (litros / día). Fuente: Costa Rica, 2014

Casas de interés social	120 por persona
Casas unifamiliares	150 por persona
Apartamentos y Condominios	200 por persona
Hoteles y Alojamientos	200 por huésped
Hospitales	500 por cama
Restaurante, bares y similares	25 por cliente o 50 m ² de área útil
Jardines	1.5 por m ²

Tabla 4.2 Dotación de agua en diseños hidrosanitarios. Fuente: DOF, 1995

Tipología	Dotación
Habitacional de 30,000 a 70,000 habitantes	150 L/hab/día
Habitacional de 70,000 a 150,000 habitantes	200 L/hab/día
Habitacional mayor a 150,000 habitantes	250 L/hab/día
Servicios de salud y asistencia	12 L/sitio/paciente
Atención médica a usuarios externos	12 L/sitio/paciente
Servicios de salud a usuarios internos	800 L/cama/día

En la actualidad los establecimientos de salud en Nicaragua se diseñan en base a la normatividad aplicable, pero en la práctica se encuentran establecimientos que no cuentan con sistemas de agua potable y saneamiento. Por lo cual es de gran importancia que los tomadores de decisiones tengan como prioridad la gestión integral del agua y con mayor énfasis en los establecimientos de salud. Para poder garantizar una operación continua y que estos no se conviertan en un foco de transmisión de enfermedades asociadas al agua.

Al realizar la evaluación de los hospitales se determinará si el diseño hidrosanitario garantiza el abastecimiento de agua según el gasto diario del hospital durante las 24 horas del día y si cumple con la dotación mínima de gasto de agua para los hospitales Bertha Calderón Roque y Yolanda Mayorga.

Comparando las normativas de México y Nicaragua se puede encontrar una estrecha relación en cuanto a parámetros de calidad de agua y dotación de agua necesaria para el diseño de establecimientos de salud. Al momento de aplicar las normativas hay debilidades en cuanto al cumplimiento de análisis de todos los parámetros normados y la periodicidad. Lo anterior debido a los recursos disponibles por las instituciones responsables y los altos costos de análisis.

5- METODOLOGÍA

En este apartado se presentan los procedimientos y las actividades necesarias para realizar la investigación y poder dar respuesta a los objetivos propuestos. La metodología se basó en la guía para elaboración de PSA de la OMS y en el instrumento WHASH FIT tomando en cuenta los recursos disponibles, legislación aplicable y las características propias de los hospitales modelos.

Para el desarrollo de esta investigación se propone elaborar un Plan de Seguridad del Agua para garantizar la calidad de agua de unidades de salud y la cual consistió en cuatro etapas y continuación, se detallan cada una de las estas y se esquematiza en la Figura 5.1.

- 1) Planificaciones previas.
- 2) Diagnóstico integral del sistema de agua
- 3) Evaluación del sistema de agua
- 4) Elaboración de un PSA para garantizar una gestión integral del sistema de agua.

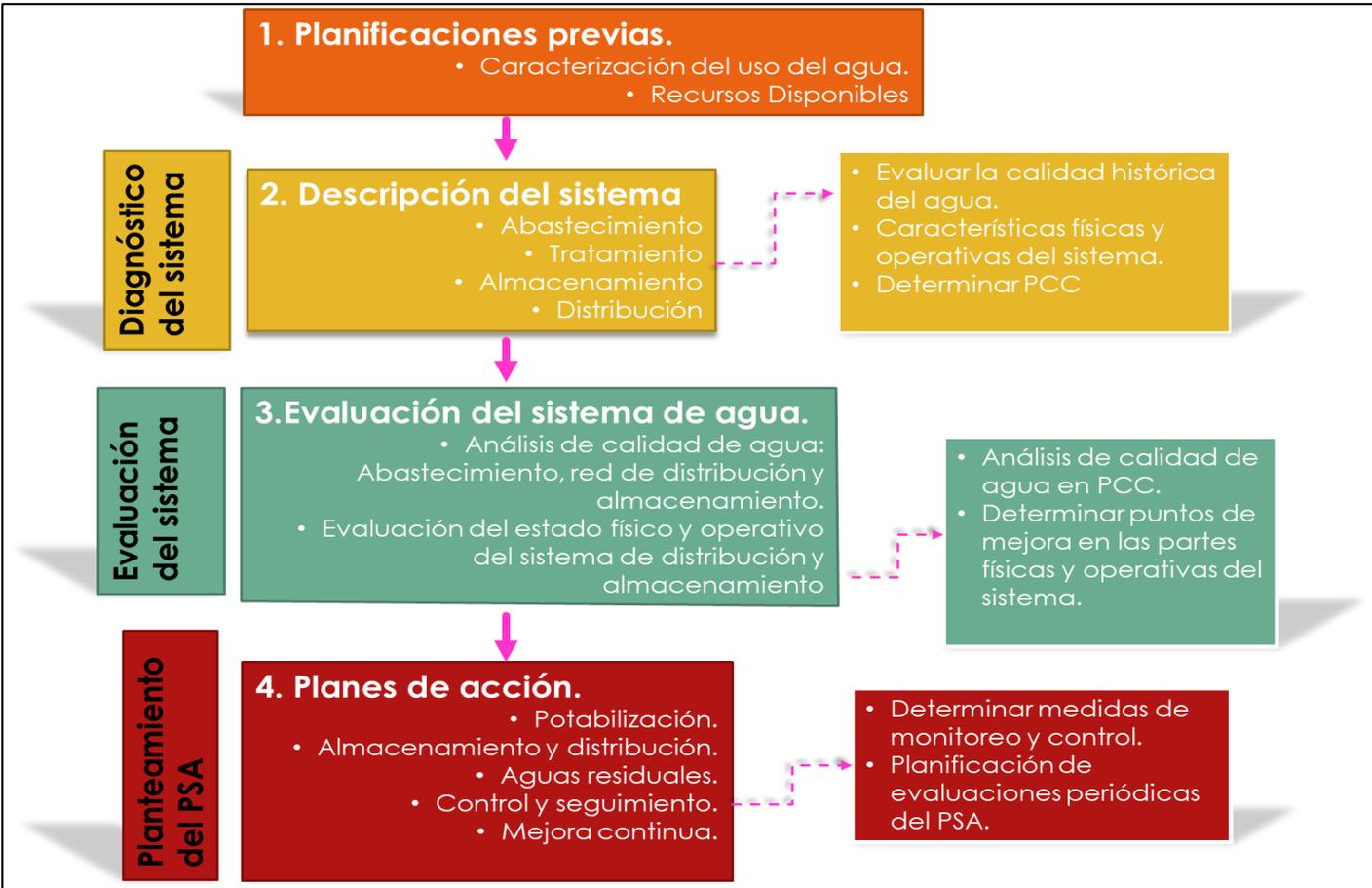


Figura 5.1 Matriz de implementaciones para adoptar el PSA

5.1. Planificaciones previas.

Para la evaluación y gestión de riesgos de calidad de agua se ejecutó la planificación de sistemas de agua que consistió en cuatro etapas, en la primera y para ambos hospitales (Hospital Bertha Calderón y Yolanda Mayorga) se realizó la descripción y caracterización de los sistemas de agua en términos de usos de agua y componentes que lo conforman para determinar si la cadena operacional y procesal que conlleva al abastecimiento del agua potable para el consumo humano sea de calidad y que cumpla con los estándares para consumo humano. Además de determinar los recursos necesarios para realizar el estudio: laboratorio donde realizar los análisis de calidad de agua, reactivos, medio para toma de muestras, transporte y las autorizaciones para poder ingresar y realizar las actividades propuestas. De manera adicional,

se realizó reuniones con las autoridades de cada hospital y los inspectores sanitarios que atienden los hospitales para plantear el estudio y poder obtener toda la información necesaria.

5.1.1 Micro localización de los sitios de estudio

Realizar una descripción de las características y/o requisitos mínimos que debe contar todo establecimiento de salud de acuerdo con su ubicación territorial. Con base a lo establecido en las Disposiciones Sanitarias, decreto No 394 publicado en La Gaceta No 200 del 21 de octubre de 1988, se definen las siguientes características para la selección del terreno donde se construya un establecimiento proveedor de servicio de salud: para esta actividad se considera utilizar el Manual de Habilitación de Establecimientos Proveedores de Servicios de Salud noviembre 2011. En el cual se incluye la Topografía del terreno accesibilidad para el personal de salud y usuarios. El sitio debe estar alejado de zonas contaminadas y peligrosas a la salud y al riesgo de contaminación biológica, química, acústica, campos electromagnéticos

Disponibilidad de servicios básicos como agua, luz, teléfono, drenaje de aguas pluviales, alcantarillado o sistemas de tratamiento de agua.

Para determinar si el hospital está ubicado en una zona que no represente un riesgo para la infraestructura ni para las personas

5.1.2 Servicios administrativos

Todo establecimiento de salud debe contar con un responsable y en dependencia del nivel de resolución, con el personal capacitado, para cada una de sus áreas, según corresponda. El responsable debe garantizar la existencia, capacitación y aplicación correcta de las normas, manuales, protocolos y guías aprobadas por el Ministerio de Salud, en los servicios del establecimiento.

Las funciones que cumple este servicio son:

1. Representación del establecimiento ante los usuarios, organismos públicos y medios de comunicación. De acuerdo con el organigrama que plantea el MINSA la parte administrativa es la encargada de garantizar el acceso a la información pública.
2. Dirección, planificación, gestión y control de las tareas que se desarrollan en el establecimiento. Los directivos de cada hospital son los encargados de dar las orientaciones y directrices a seguir de acuerdo con los lineamientos que son dados por las autoridades superiores y las necesidades particulares de cada hospital

3. Vigilancia en salud pública; proceso de evaluación permanente de la situación de salud de un grupo humano, basado en recopilación, análisis e interpretación de información, convirtiéndose en un sistema estratégico fundamental para la toma de decisiones, así como para la realización de las acciones de prevención y control, necesarias y oportunas, es decir, información para la acción. Se inicia en el momento que se identifica un factor de riesgo o sus efectos, medidos a través de Manual de Habilitación de Establecimientos Proveedores de Servicios de Salud noviembre 2011, expuestos, infectado, enfermos y muertes. Contará con una sala de situación con el propósito de elevar la calidad del proceso y toma de decisiones, mediante el monitoreo de información seleccionada y el fortalecimiento del análisis.

4. Docencia tiene como finalidad la educación continua de su personal, para lo cual deberá contar con el soporte bibliográfico y documental y las normas autorizadas por el Ministerio de Salud.

5. Atención al usuario tiene como objetivo atender dudas, quejas y sugerencias de los usuarios a los que debe brindarles una respuesta inmediata, brinda apoyo social. Su ubicación es en la entrada principal del establecimiento y debe tener privacidad visual y auditiva.

Como parte fundamental de las planificaciones previas esta realizar un inventario de los recursos que se necesitan para la realización del estudio y garantizar que estén disponibles durante el tiempo de realización de este. Para lo cual se previó lo siguiente: tener acceso al uso del laboratorio de calidad del agua e insumos requeridos para cuantificarla (equipos de laboratorio, reactivos, envases para muestras), se coordinó con las autoridades pertinentes del Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia (CNDR) para la movilización a los sitios de estudio.

5.1.3 Caracterización del uso del agua.

Se realizaron reuniones dos reuniones con el inspector sanitario asignado a cada hospital por el MINSA, quien tiene la responsabilidad de monitorear la calidad del agua para que esta cumpla con todos los parámetros, para ser considerada potable y segura para el consumo humano y los diferentes usos que se le dan en el hospital tales como la preparación de alimentos, limpieza, servicios sanitarios y riego de áreas verdes. Además, en las reuniones se realizó la coordinación para realizar la toma de muestras de agua para análisis de calidad de agua e inspecciones en conjunto.

5.1.4 Recursos disponibles

Para realizar la investigación se necesitó tramitar los accesos a los hospitales, instalaciones de laboratorio para análisis de calidad de agua y vehículo para la movilización. El Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia (CNDR) es el laboratorio de calidad del agua asignado el cual es

parte del MINSA al igual que los hospitales modelos, por lo cual se coordinó con las autoridades pertinentes del MINSA para poder utilizar los laboratorios de calidad de agua. Para la movilización a los sitios de estudio y laboratorio se hará el uso de transporte privado para las inspecciones y tomas de muestras de agua. Se realizó una reunión con el secretario general del MINSA para plantear el estudio y solicitar los accesos al laboratorio y hospitales.

5.2. Diagnóstico del sistema

El diagnóstico del sistema consistió en describir los componentes internos del sistema de agua en el hospital mediante inspecciones a los diferentes componentes y la obtención de información proporcionada por el personal de mantenimiento de los hospitales. Para esto, se realizó inspección en cada uno de los hospitales en los puntos de abastecimiento, puntos del sistema de distribución donde se podía observar las tuberías y en los tanques de almacenamiento; con esto se pudo identificar los materiales, diámetro de tuberías y capacidades instaladas. Además de identificar capacidades de operación y mantenimiento del personal encargado mediante de las capacidades técnicas y profesionales para el manejo de equipos.

5.2.1. Descripción de la fuente de abastecimiento.

Para la obtención de estos datos se realizaron visitas de campos en coordinación con la administración de los hospitales, se realizó un levantamiento físico de los componentes de las fuentes de abastecimiento identificación de capacidad instalada sea este pozo perforado o una conexión de la red municipal de agua potable. Para ello, se utilizó un instrumento a base de cuestionario que sirvió como guía de campo el cual consiste en las características generales del hospital y del tipo de fuente de agua, tratamiento que esta recibe antes de ser distribuida, el detalle de lo encontrado en cada hospital se encuentra en el **Anexo 1**.

5.2.2. Gasto y tipos de uso del agua en el hospital.

Solicitar el gasto mensual de cada hospital a la administración o realizar la lectura del medidor de agua a la entrada del sistema para determinar el gasto mensual. Y realizar el cálculo del gasto en base a la normativa de diseño, el cálculo se realizó en base a los servicios que presta cada hospital y la capacidad instalada, tomando como referencia la normatividad para dotación de agua en diseños hidrosanitarios.

Determinar los tipos de usos del agua y si todos son abastecidos de la misma fuente y distribuidos por la misma red. Solicitar planos hidrosanitarios y memorias de cálculo del sistema de agua. Determinar si el abastecimiento y almacenamiento de agua es suficiente para dotar de

la cantidad necesaria de agua durante las 24 horas de operación. Mediante el cálculo de dotación de agua por cama existente en el hospital y la capacidad de almacenamiento.

Para la recolección de datos del diagnóstico de cada hospital se realizó un levantamiento de las características principales de los sistemas de agua de los hospitales modelos. En la Tabla 5.1 se presentan los datos generales del sistema de agua desde el abastecimiento.

Tabla 5.1 Formato de recolección de datos generales del diagnóstico de los hospitales.

Diseño	
Cuenta con planos hidrosanitarios	Cuenta con memorias de cálculo
Abastecimiento	
Tipo de fuente	Tratamiento
Almacenamiento	
Capacidad	Tipo
Sistema de bombeo	
Tipo	Capacidad
Gasto mensual (Dotación de agua en diseños hidrosanitarios, Costa Rica 2014)	
Tipo de usos	Cálculo de gasto
Generales	
Cocina	
Riego	
Total	
Consumo promedio según datos del medidor	

5.2.3 Determinación de puntos críticos de control (PCC).

A los hospitales acuden demandando servicios de salud una gran cantidad de personas que necesitan atención especializada (más de 10,000 anualmente. SILAIS Managua 2019). Estas instituciones cuentan con gran cantidad de equipos e insumos para contribuir a mejorar la salud de los pacientes; el agua es un insumo muy importante en la operación del hospital, por lo tanto es necesario poder contar con un abastecimiento óptimo en calidad y cantidad para

verdaderamente poder contribuir a mejorar las condiciones de salud de los pacientes; para lograr lo anterior es necesario la identificación plena de los puntos críticos de control de la calidad y la cantidad de agua a utilizarse. Y con esto poder corregir las debilidades que se encuentren en los sistemas de agua de los hospitales.

Para la determinación de los PCC se tomaron en consideración las áreas con mayor sensibilidad médica (UCI, emergencia) y de importancia epidemiológica (cocina, hospitalización). Puntos que el ministerio de salud considera de mayor riesgo para la salud (fuente de abastecimiento, almacenamiento, lava manos). Posteriormente a la identificación de los puntos críticos de control (se evaluarán individualmente para cada hospital), y la elaboración de las medidas de control, se debe de elaborar un plan de mejora para subsanar todos los hallazgos encontrados durante el diagnóstico de la situación actual del sistema de agua de los hospitales. El plan de mejoras contiene acciones relacionadas a los peligros, priorizando el riesgo alto y aquellos que necesitan atención y acción de prioridad, ya que si no se atienden podrían presentar un riesgo para la imagen del hospital y la salud de pacientes, visitantes y trabajadores de salud.

La determinación de los PCC se realizó de acuerdo a la experiencia de los inspectores sanitarios y epidemiólogos de los hospitales, tomando como referencia los puntos donde hay más riesgos de transmisión de enfermedades intrahospitalarias y mayor consumo de agua directa o indirectamente.

5.3. Evaluación del sistema de agua.

Para la evaluación del sistema se realizaron análisis de calidad de agua en los PCC con los parámetros indicados en la Tabla 5.2, además de la evaluación del estado físico de los componentes del sistema, abastecimiento, distribución, almacenamiento y demás equipos y accesorios según las características encontradas en cada hospital.

5.3.1 Análisis de calidad de agua

Se solicitó la calidad de agua histórica de los hospitales para tener una referencia de los parámetros evaluados y tomar como punto de partida para la evaluación del sistema agua y determinar si es apta para el consumo humano

5.3.1 Evaluación de la Calidad del agua en los hospitales

Consistió en analizar datos de calidad de agua obtenidos de análisis de muestras en el laboratorio, para determinar el cumplimiento de la normatividad vigente. Los parámetros que se presentan en la Tabla 5.2 son los que se tomaron a evaluación para determinar si el agua de los hospitales es apta para el consumo humano. En el hospital Bertha Calderón Roque se

tomaron 8 muestras y en el hospital Yolanda Mayorga 4 muestras en diferentes puntos mensualmente por un periodo de tres meses. Se realizaron análisis bacteriológicos y fisicoquímicos.

Tabla 5.2 Tabla parámetros de calidad de agua a evaluar (normas CAPRE)

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA
Parámetros fisicoquímicos			
Sólidos disueltos totales, SDT	mg/L	Gravimétrico	Standard Methods 2540-B, , Normas CAPRE
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	Volumetría	Standard Methods 2340-C, Normas CAPRE
pH	Unidades de pH	Potenciometría	Standard Methods 4500-H ⁺ B Normas CAPRE
Flúor	mg/L	Electrodo específico	Standard Methods Ion Selectivo Normas CAPRE
Cloruro	mg/L		Standard Methods 4500-Cl-B, Normas CAPRE
Magnesio	mg/L		Standard Methods 3500-Mg-E, Normas CAPRE
Bacteriológicos			
Coliformes Totales	NMP/100 mL	Conteo	Número más Probable
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	Conteo	Número más Probable
Parámetros de campo			
Cloro Libre Residual	mg/L	Colorimetría	DPD1
Turbiedad	NTU	Nefelometría	Equipo de campo HACH
Potencial Redox	mV	Potenciometría	Equipo de campo OAKTON

5.3.1 Consideración para la determinación de PCC.

Para identificar los puntos críticos de control, se consideró como base a las derivaciones de la red y las zonas más sensibles del hospital que incluye la cocina, zonas marcadas como emergencia, unidad de cuidados intensivos, consulta externa, hospitalización, administración y almacenamiento. Tomando como referencia estos puntos críticos debido a que son áreas sensibles de todo hospital. Sin embargo, debido a las características propias de cada hospital, estos puntos pueden ser otros.

En la Tabla 5.3 se hará la identificación de los puntos críticos de control, desde los componentes del sistema, como las fuentes y tipos de peligro, hasta una propuesta de mejora basado en las recomendaciones del MINSA y áreas identificadas durante las inspecciones a los hospitales. Se realizará evaluación individual de los PCC de cada hospital, así como la propuesta de mejora.

Para el hospital Bertha Calderón se tomaron particularmente puntos de alta probabilidad de transmisión de enfermedades intrahospitalarias, tanques de abastecimiento y los programas de mantenimiento. Para el hospital Yolanda Mayorga las fuentes de abastecimiento, enfocado en el pozo en el cual solo se realiza desinfección con la aplicación de cloro. Además de realizar inspección en todos los componentes de los sistemas de agua.

Tabla 5.3 Identificación de puntos críticos de control

Componente del sistema	Fuente de peligro	Peligro identificado	Tipo de peligro	Propuesta de mejora

Al finalizar el diagnóstico y evaluación de los diferentes componentes del sistema que presentan debilidades y que ponen en peligro la seguridad del agua. Mediante inspecciones en conjunto con personal de los hospitales e inspectores sanitarios se determinarán las debilidades y oportunidades de mejoras. Tomando en cuenta los análisis de calidad de agua, el estado físico y de operación de cada sistema de agua. Determinando la fuente del peligro de cada componente en conjunto con el personal de los hospitales, determinando los puntos de mejora y la propuesta de actividades para dar solución a las debilidades encontradas.

Los componentes evaluados fueron los siguientes:

1. Fuentes de abastecimiento: determinar el tipo de fuente, calidad de agua y tipo de tratamiento, además de los componentes físicos que lo componen como tuberías, sistema de bombeo e insumos utilizados para el tratamiento.
2. Almacenamiento: capacidad, tipo de bombeo, material constructivo, uso y aseguramiento del mantenimiento de la calidad de agua.

3. Sistema de distribución: material de las tuberías, diseño hidrosanitario, programa de mantenimiento preventivo y correctivo

4. Tratamiento de aguas residuales: tipo de tratamiento se realiza y componentes del mismo, y análisis de calidad de agua de descarga.

En el siguiente apartado se detallan los resultados obtenidos de la evaluación de cada componente individualmente por cada hospital.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presenta el desarrollo de la investigación, siguiendo las directrices planteadas en la metodología. Describiendo las características generales de cada hospital, capacidades instaladas, estado de los sistemas de agua.

Se presenta la evaluación de los componentes físicos y calidad de agua (histórica y análisis realizados) para determinar las debilidades y propuestas de mejoras. Para poder proponer un PSA adecuado a las necesidades individuales de cada hospital.

Además, de presentar una discusión de los resultados obtenidos en el tiempo de evaluación de los hospitales presentando resultados de calidad de agua aptos para el consumo humano, algunas deficiencias en la infraestructura y programas de mantenimiento de los sistemas de agua.

6.1. Hospital Bertha Calderón Roque

6.1.1. Localización

El Hospital Bertha Calderón Roque localiza en la zona suroeste de la ciudad de Managua, en el distrito III. La dirección exacta es: de los semáforos del Zumén 100 metros al oeste y con coordenadas geográficas 12°07'27.7"N 86°17'54.7"W (UTM 1340404.7Y 576327.6X) tal y como se muestra en la Figura 6.1.



Figura 6.1 Plano de ubicación HBCR, Fuente elaboración propia

El hospital Bertha Calderón está entre los principales hospitales de Nicaragua fue inaugurado en 1975, actualmente cuenta con 255 camas, una superficie estimada de 10,935 metros cuadrados edificados.

Este construido con una tipología de pabellones de una sola planta, todos distribuidos alrededor de un eje principal o central de circulación en la cual convergen todas las circulaciones internas de personal y materiales. Es un hospital de referencia nacional con características de ser asistencial, docente universitario y brinda atención médica especializada de forma integral. En la Figura 6-3 se presenta el plano de conjunto del HBCR.

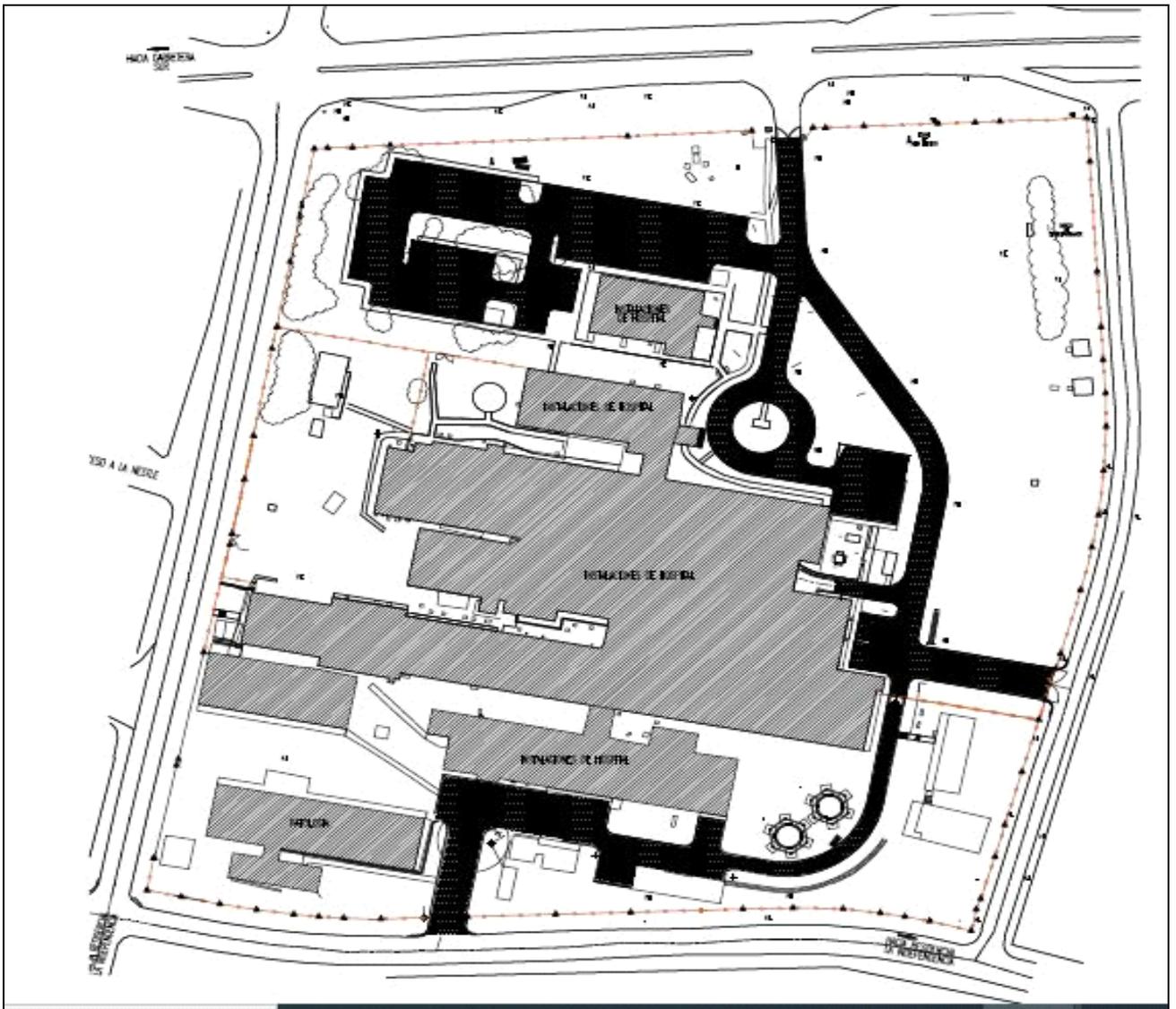


Figura 6.2 Plano de Conjunto del HBCR. Fuente: SILAIS Managua 2019

El total de trabajadores del hospital son 850 empleados, tres turnos mixtos para el personal administrativo y turnos de 32 horas para el personal médico. En las Tablas 6.1 y 6.2 se describe la capacidad de atención médica con la que cuenta el hospital, todas enfocadas en la atención a la mujer y a la atención de embarazos y partos. Además, se muestra un promedio de consultas por especialidades esperadas tomando como referencias el año 2019, proporcionado por la dirección de epidemiología del hospital. Debido a que el hospital está especializado en la atención materno infantil la mayor atención brindada es para obstetricia y neonatología.

Tabla 6.1 Capacidad instalada HBCR. Fuente SILAIS Managua 2019.

TIPO	NUMERO
CAMAS REALES	255
* ONCOLÓGICAS	59
* GINECOLOGICAS	20
* OBSTÉTRICAS	103
* NEONATOLÓGICAS	49
* CUIDADOS INTENSIVOS:	7
TOTAL	238
QUIRÓFANOS REALES	5
QUIRÓFANOS DISPONIBLES	5
1) CIRUGÍA ELECTIVA ⁽¹⁾	3
2) CIRUGÍA DE EMERGENCIA ⁽¹⁾	1
3) CIRUGÍAS INFECTADAS	1
TOTAL	5
CONSULTAS EXTERNA CONSULTORIOS	14
PUESTOS DE HOSPITAL DE DÍA (área de quimioterapia y área de tumorectomía)	2
EQUIPOS TECNOLÓGICOS:	
RADIOLOGÍA (Número de Equipos)	1
ECOGRAFÍA	3
MAMOGRAFÍA	1
BIOQUÍMICA	3
MICROBIOLOGÍA	6
HEMATOLOGÍA	5
OTROS	7

Además de las consultas esperadas se muestran la capacidad que tiene instalada en número de clínicas por especialidad, con un promedio de 10,000 consultas anuales de todas especialidades. (SILAIS Managua 2019).

Tabla 6.2 Número de Clínicas por Especialidad. Fuente SILAIS Managua 2019.

CLÍNICA No.	ESPECIALIDAD
1	Consulta de Neonatología
2,3,4 y 5	Consulta de Oncología
6	Consulta de ARO
7, 8, 13-3 y 13-4	Consulta de Ginecología
9 y 10	Examen ultrasonográfico
11	Consulta de Nutrición y Planificación y Medicina Interna
12	Consulta de Mastología
14	Medicina Interna, Anestesiología, BAFF y Cirugía

6.2.2. Descripción del sistema de abastecimiento y distribución de agua.

Con base en las visitas realizadas en el diagnóstico al hospital a continuación se describe el sistema de agua.

El hospital Bertha Calderón Roque, se abastece mediante cuatro conexiones de agua potable de la red municipal administrada por la Empresa Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (ENACAL). Las cuatro fuentes provienen de pozos subterráneos y como método de potabilización solamente se le aplica desinfección mediante hipoclorito de sodio. Tres de las fuentes entran directamente a la red de distribución de agua del hospital donde se mezclan y la cuarta fuente abastece a dos tanques de almacenamiento de 30000 galones cada uno. El punto de conexión de dos de los cuatro puntos se encontraba con las cajas de registro dañadas y con acumulación de desechos, por lo cual se debe garantizar la limpieza y reparación de la barrera para evitar rupturas de tuberías y contaminación del agua.

En la Figura 6.3 se muestra un esquema del sistema de agua, cabe aclarar que el hospital no cuenta con planos hidrosanitarios actualizados por lo cual no se puede determinar si el diseño está de acuerdo con las características mínimas que debe tener para satisfacer las necesidades del hospital. Las líneas color cian muestran el agua potable y las líneas verdes las aguas residuales.

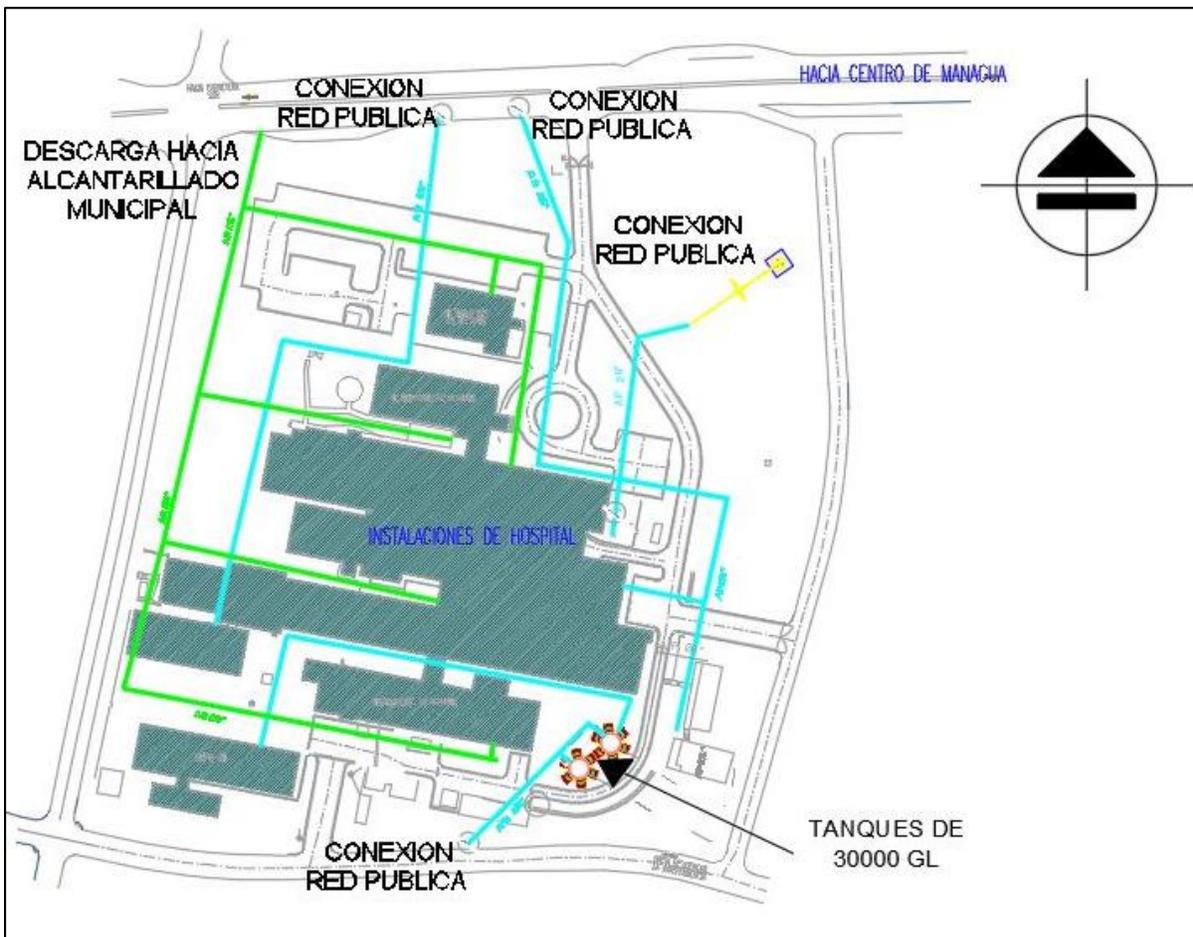


Figura 6.3 Esquema de sistema de agua HBCR

6.2.3. Sistema de Almacenamiento de agua

El hospital Bertha Calderón Roque cuenta con 2 tanques de almacenamiento de 30,000 galones cada uno lo cuales se muestran en la Figura 6.5, los cuales solo son utilizados en caso de emergencia y cuando hay desabastecimiento por parte de la red de ENACAL. Los tanques son puestos en operación de manera manual lo cual consiste en abrir la llave de pase de los tanques hacia la red de distribución del hospital por gravedad.



Figura 6.4 Tanques de almacenamiento de agua potable. Fuente 19 Digital

El sistema de almacenamiento no cuenta con un sistema de recirculación ni de post cloración, que garantice mantener la calidad de agua con que abastece ENACAL. El agua almacenada solo se utiliza en casos de corte de agua de la red municipal o en situaciones de emergencias.

6.2.4 Sistema de distribución de Agua potable

El hospital Berta Calderón Roque presenta 4 conexiones que abastecen la red de agua potable del hospital. Cabe hacer mención que, en este caso no se presenta ningún sistema de potabilización adicional solamente el aplicado por ENACAL.

Durante la inspección, se identifican 2 conexiones PVC SDR 26 de 6" en la entrada principal norte del hospital, estas provienen de la red pública de la municipalidad. Así mismo una conexión adicional PVC SDR 26 de 6" proveniente de un pozo propiedad de ENACAL y una cuarta conexión PVC SDR 26 de 4" en el costado sur esta conexión abastece los tanques de 30,000 galones que posee el hospital.

Según levantamiento en campo se observó que las conexiones mayores de diámetros de 1 ½" son PVC SDR 26, para diámetros de ¾" PVC SDR 17 y para diámetros de ½" PVC SDR 13.5.

La profundidad mínima de la tubería es de 1.20 m. en áreas de circulación vehicular, y 0.40 m bajo andenes, pisos y áreas verdes.

Las válvulas de pase, de retención y compuerta menores de 50 mm son de bronce y extremos roscados hembra se unen a la tubería de PVC por medio de adaptadores extremos de rosca macho.

Las válvulas de pase y compuerta, mayores de 50 mm son de hierro, extremos de falange y se unen a la tubería de PVC con extremos de falange. El hospital inicio operaciones en 1975.

6.2.5 Aguas residuales

El hospital genera un promedio de 110 m³/día de aguas residuales, las tuberías del sistema de aguas residuales es PVC SDR 41, así como el de drenaje pluvial en su totalidad es PVC SDR -32.5 astm-2241, con accesorios tipo DWY.

El sistema de evacuación de aguas residuales comprende una red colectora principal con diámetro de 6", su descarga se encuentra localizada en el costado noroeste del Hospital donde se conecta al alcantarillado municipal. El agua residual es tratada por la Planta Managua, cumpliendo parcialmente con el decreto 21-2017 "Disposiciones para el vertido de aguas residuales Artículo 27. Rangos y Valores Máximos Permisibles para los Vertidos provenientes de los Sistemas de Tratamiento de Hospitales". Sin embargo, no realizan análisis de calidad de agua del vertido.

Tabla 6.3 Componentes del sistema HBCR

Diseño	
Cuenta con planos hidrosanitarios	Cuenta con memorias de cálculo
No	No
Abastecimiento	
Tipo de fuente	Tratamiento
4 conexiones de red municipal	Cloración con hipoclorito de sodio
Almacenamiento	
Capacidad	Tipo
2 tanques de 30000 galones	Aéreos, metálicos
Gasto mensual	
Tipo de usos	Cálculo de gasto
Generales	127500 L/día 3825 m ³ /mes
Cocina	5000 L/día 150 m ³ /mes
Riego	6750 202.5 m ³ /mes
Total	139250 L/día 4177.5 m ³ /mes
Consumo promedio según datos del medidor	5000 m ³ /mes

Según los cálculos para dotación de acuerdo con la dotación mínima del Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones de Costa Rica 2014 y el gasto medido hay una diferencia del 16.45 % lo cual puede ser atribuido a las fugas o a un mal uso del agua por parte de los usuarios y/o personal del hospital. Mediante las visitas de inspección realizadas en el hospital, se constató que el sistema hidrosanitario se encuentra funcionando correctamente y el hospital cuenta con abastecimiento de agua de la red municipal las veinticuatro horas del día.

El hospital no cuenta con planos hidrosanitarios ni con un plan de mantenimiento que garanticen que la red no presenta fuga, solamente realizan análisis bacteriológico una vez al mes tomando la muestra en el área de nutrición donde se elabora la comida para el personal y los pacientes y realizan análisis fisicoquímicos dos veces al año teniendo el área de nutrición como punto de muestreo.

6.2 Análisis histórico de calidad del agua.

Se realizó una revisión de los análisis históricos de calidad de agua (físicos químicos y bacteriológicos) de acuerdo con la Norma CAPRE, agua para uso y consumo humano, los cuales fueron proporcionados por el Ministerio de Salud de Nicaragua (MINSa). Se proporcionaron 18 resultados de muestras puntuales de los años 2017, 2018 y 2019 las cuales fueron tomadas por el inspector sanitario y analizadas en el CNDR.

Para asegurar que el agua es apta para el consumo humano el MINSa toma como referencia los siguientes parámetros:

- **Coliformes totales y fecales:** Los coliformes totales generalmente se consideran inofensivos en cambio los coliformes fecales son un grupo de bacterias asociadas con la materia fecal. Para que el agua sea apta para el consumo humano no debe tener presencia de estos, ya que pueden producir enfermedades gastrointestinales y sirven como referencia para determinar presencia de otros microorganismos.
- **Cloro residual:** Este parámetro es de mucha importancia debido a que al tener una concentración entre 0.5 – 1.0 mg/L se puede asegurar que el agua está libre coliformes.
- **pH:** Los valores extremos de pH pueden causar irritación en las mucosas, órganos internos y hasta procesos de ulceración, además de causar corrosión en las tuberías. El rango permisible es entre 6.5 y 8.5 los resultados de los análisis están dentro de los rangos permisibles para consumo humano.
- **Cloruros:** La importancia de medir este parámetro es que un valor elevado en agua puede causar problemas estomacales y renales en las personas al ser consumida regularmente, además de causar corrosión en los sistemas de agua. El límite recomendado de cloruros en agua es de 25 mg/L y el máximo permisible es de 250, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital presenta concentraciones de cloruros dentro de los rangos permisibles.
- **Flúor:** La fluorosis es una afectación causada por altas concentraciones que afecta los dientes y los huesos. El rango permisible es de 0.7-1.5 mg/L, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital se encuentra dentro del rango permisible.
- **Sulfatos:** Las causas de presencia de sulfatos en agua son por presencias de tizas en el suelo, la importancia de medir este parámetro es que puede causar diarrea temporal, además de causar corrosión en los sistemas de agua particularmente en accesorios de cobre. De acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital presenta concentraciones dentro de los rangos permisibles.
- **Calcio:** Este parámetro en un valor elevado en agua puede causar problemas renales y reducción de diámetros de las tuberías, en general este parámetro suele ir asociado al

nivel de mineralización del suelo. El límite permisible en agua es de 100 mg/L, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital presenta concentraciones de calcio dentro del valor recomendado.

- Dureza: La presencia de altas concentraciones de Dureza en agua está asociada a problemas renales en las personas y deterioro de electrodomésticos y tuberías. El valor permisible en agua de consumo es de 400 mg/L y su presencia se debe a la presencia de caliza en los suelos. En resultados de los análisis de agua del hospital se encuentra dentro del rango permisible.
- Magnesio: Se asocia a la formación de cálculos renales, afecta la fortaleza del pelo, piel, en las tuberías reduce el diámetro de estas, provoca manchas difíciles de limpiar en baños y cocina. Los resultados de los análisis realizados del agua del hospital se encuentran dentro del rango permisible 30-50 mg/L.
- Sólidos totales: Pueden estar asociado al cáncer, cardiopatías coronarias, y enfermedades cardio vasculares en dependencia del organismo y el consumo regular.

Para la realización del análisis histórico se obtuvieron tres resultados por cada año, los cuales fueron proporcionado por el MINSA. Se realizan ciertos parámetros los cuales son tomados de referencia por las posibles afectaciones a la salud, equipos disponibles y reactivos de laboratorio para la realización de los mismos.

Tabla 6.4 Resultados históricos de análisis de agua HBCR tomando los años 2017, 2018 y 2019.
Fuente MINSA 2020.

Resultados históricos de análisis de agua HBCR						
Parámetros	Referencia Norma CAPRE	Unidad	2017	2018	2019	Promedio
Coliformes totales	0	NMP	0	0	0	0.0
Coliformes fecales	0	NMP	0	0	0	0.0
Cloro residual	0.5-1.0	mg/L	0.5	0.7	0.6	0.6
pH	6.5-8.5	U. ph	8	8.2	7.5	7.9
Cloruros	250	mg/L	48.5	47.4	46	47.3
Fluoruros	0.7	mg/L	0.6	0.58	0.6	0.6
Sulfatos	250	mg/L	21	16	18	18.0
Calcio	100	mg/L	39	29	32	33.0
Magnesio	50	mg/L	16	15	12	14.0
Sólidos Totales	1000	mg/L	400	250	398	349.0
Dureza Total	400	mg/L	110	149	165	141.0

Según los datos históricos proporcionados y a lo largo de los tres años evaluados no hay cambios significativos entre los parámetros, tomando como referencia los límites permisibles establecidos en la Norma CAPRE el agua es apta para el consumo humano. Cabe señalar que la muestra es puntual y tomada en el área de cocina solamente, lo cual no es representativo para garantizar la calidad de agua en todos los puntos de consumo del hospital. Además, se debería realizar estudios con todos los parámetros normativos para tener una referencia y tomar la mejor decisión de que parámetros analizar.

En la Figura 6.6 y 6.7 se muestra el promedio con la desviación estándar de cada parámetro analizado de los resultados históricos y su importancia para la salud. Los resultados están dentro los rangos y límites permisibles a como se indicó en la Tabla anterior.

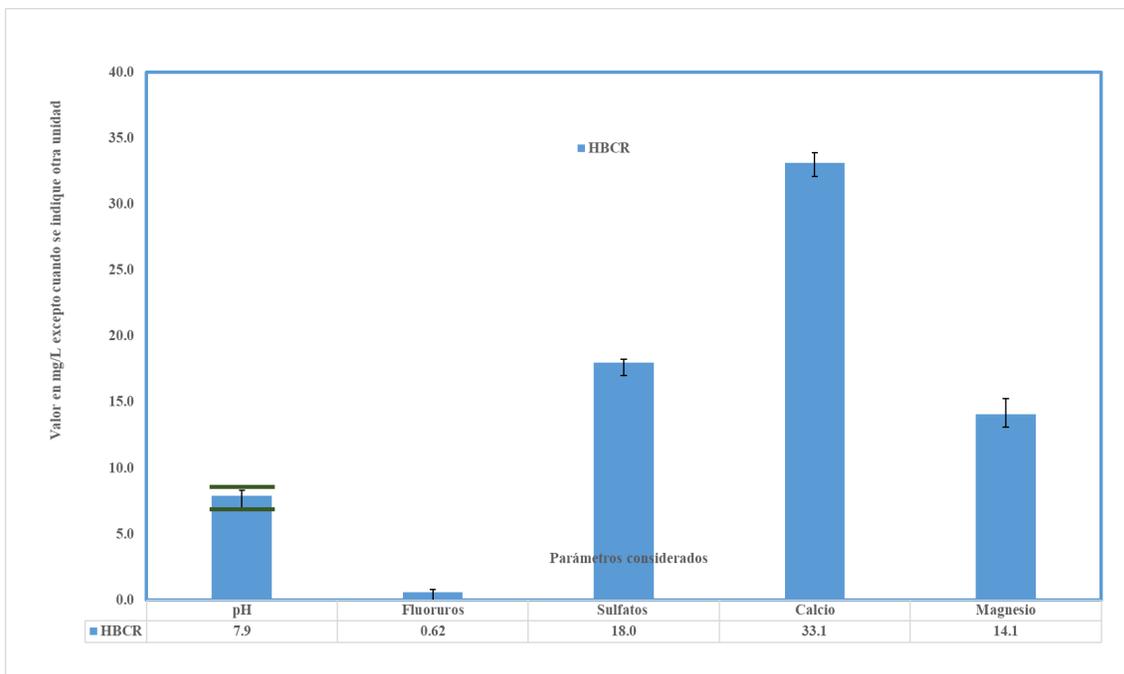


Figura 6.5 Resultados históricos de análisis de agua hospital Bertha Calderón Roque. Fuente: MINSA

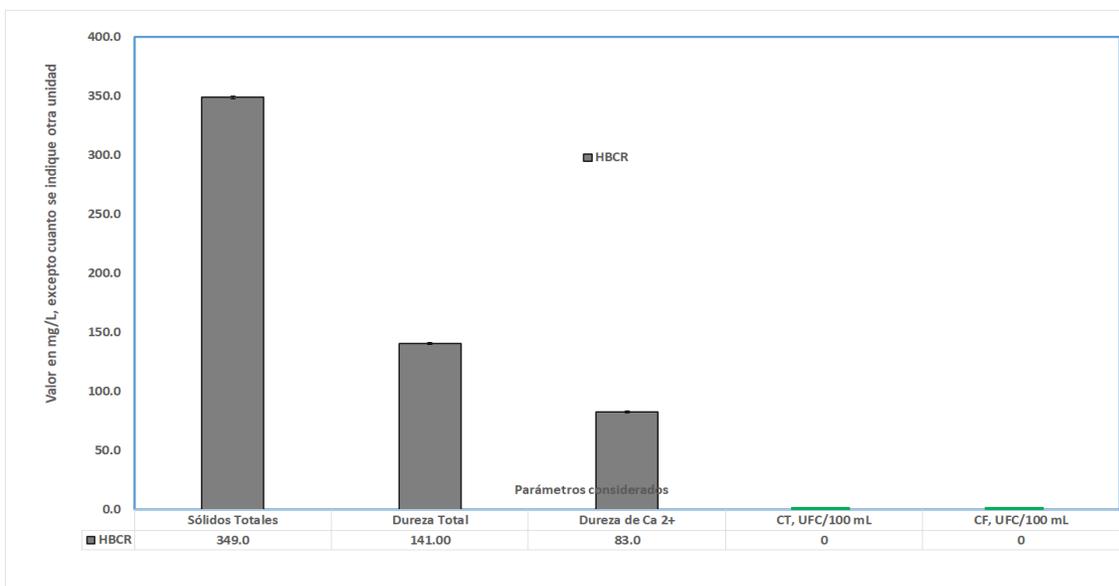


Figura 6.6 Resultados históricos de análisis de agua hospital Bertha Calderón Roque. Fuente: MINSA

De acuerdo con los resultados históricos de calidad de agua del hospital proporcionados por la autoridad competente, los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles según la norma CAPRE. Cabe señalar que no todos los parámetros que se establecen la Norma son determinados por el laboratorio. Según las reuniones con el personal del MINSA solamente se toman esos parámetros porque son los que tienen de referencia de estudios de la OMS y porque son los que están disponibles hasta el momento. Cabe señalar que el laboratorio está en un proceso de mejora.

6.2.3. Diagnóstico del Sistema de Potabilización.

El único proceso de potabilización que se realiza al agua que abastece al hospital es la desinfección por cloro (hipoclorito de sodio) la cual la realiza ENACAL. Por su parte, el área de epidemiología del hospital realiza la vigilancia de cloro libre residual 2 veces por semana mediante el uso de comparadores por colorimetría con tabletas DPD1 los puntos de toma de muestras son la llave próxima a la entrada principal, cocina o área de nutrición y en la UCI.

De acuerdo con los registros proporcionados por el HBCR el cloro libre residual en promedio del año 2020 se encuentra en un valor de 0.5 mgCl₂/L, por lo cual está dentro del rango establecido por la norma CAPRE el cual es entre 0.5 mg/L y 1.0 mg/L de cloro libre residual. Garantizar la concentración de cloro libre residual es de mucha importancia, debido que permite mantener

la calidad bacteriológica del agua a lo largo del sistema de agua del hospital por el poder residual del cloro.

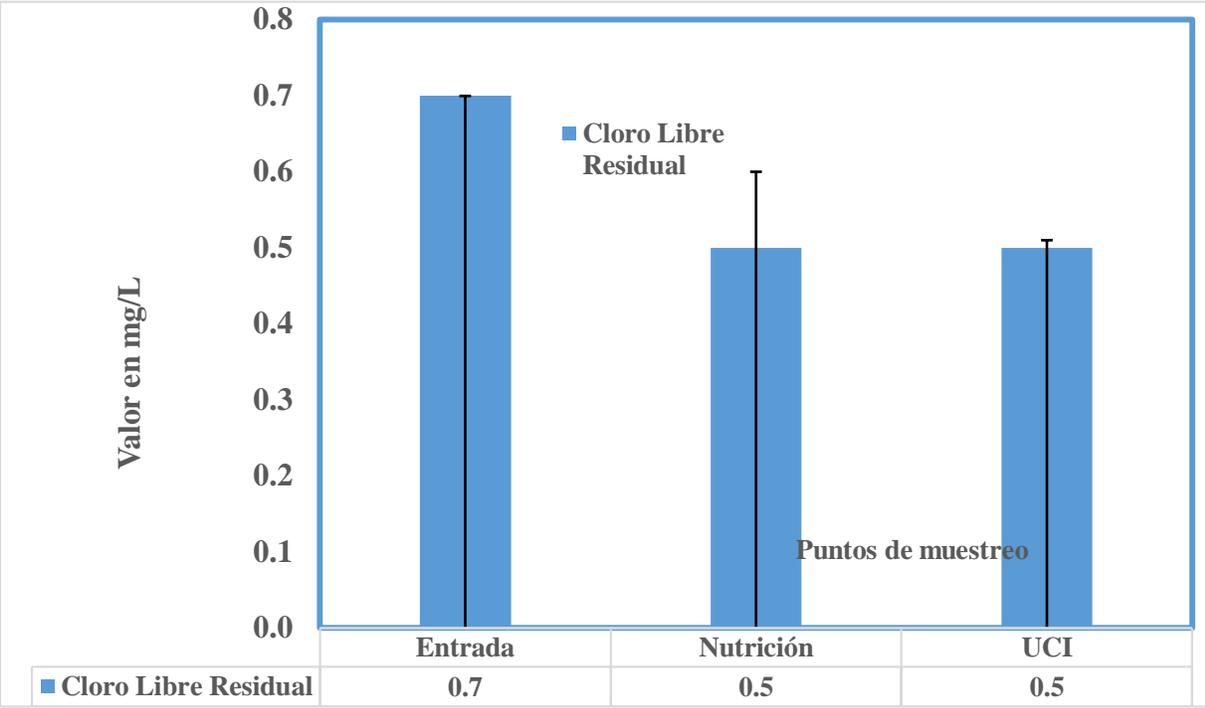


Figura 6.7 Resultados de análisis de cloro residual libre histórico.

A partir de los resultados reportados para el año 2020 (HBCR 2020) en los tres puntos que toman para el muestreo. Los resultados indican que el agua presenta una concentración de cloro libre residual de acuerdo con la normativa. Los valores fueron proporcionados por el área de epidemiología del HBCR donde se tomó el promedio de cada punto de muestreo.

De acuerdo con lo obtenido de los resultados históricos el agua es apta para el consumo humano, pero se debe ampliar el número de puntos de muestreos para análisis bacteriológicos para tener una referencia de las diferentes áreas del hospital y de intercalar los puntos de toma de cloro libre residual para asegurar que la concentración de cloro se mantiene a lo largo del sistema de agua del hospital. Se debería tomar cloro libre residual al menos tres veces por semana tomando como referencia cuatro puntos empezando por el abastecimiento, dos puntos en diferentes partes del hospital de manera rotativa y una muestra en los tanques de almacenamiento, esto para poder garantizar que en todo el sistema se mantiene la concentración mínima de 0.5 mg/L de cloro libre residual.

El sistema de almacenamiento cuenta con una conexión exclusiva y este sólo se utiliza en caso de emergencias, por lo cual se debe realizar recirculación del agua de los tanques de almacenamiento para mantener la calidad de agua con la que entra a los mismos, debido a que al estar el agua almacenada la concentración de cloro disminuye y según los resultados de los análisis históricos hay presencia de coliformes totales y se atribuye a que el agua no se recircula o utiliza. Además de realizar análisis periódicos de cloro libre residual tres veces por semana y bacteriológico mensualmente para mantener una vigilancia activa.

Debido a que no se cuenta con planos hidrosanitarios ni se puede identificar una sectorización de la distribución interna se necesita tomar PCC de acuerdo con las zonas del hospital y las áreas sensibles. Esto para poder tener una evaluación de todo el sistema de agua. Esto porque el hospital se abastece por medio de cuatro puntos de entrada de la red municipal y se distribuye en todo el hospital, por lo que se debe monitorear a todo lo largo del sistema de distribución.

Descarga de agua residual generada en el hospital.

Las aguas residuales que genera todo el hospital son de aproximadamente 110 m³/día tomando como referencia el 80% del consumo diario del hospital ya que no se lleva un control de la descarga de aguas residuales.

Las aguas provenientes de todas las áreas del hospital son recolectadas en un sistema de tuberías de 6" PVC SDR 41 de alcantarillado sanitario y se descargan en el alcantarillado municipal que a su vez las envía hacia la planta de tratamiento de la ciudad de Managua.

Según el decreto 21-2017 Límites permisibles de calidad de descarga de aguas residuales de Nicaragua, se puede realizar la descarga en el alcantarillado sanitario de la municipalidad siempre y cuando el ente regulador ENACAL lo apruebe de acuerdo a la capacidad de la planta de tratamiento y calidad de agua de la descarga. En el caso de las descargas del hospital se toman como aguas residuales domesticas debido a que no hay descarga de material radioactivo o sustancias corrosivas que puedan dañar las tuberías o el sistema de tratamiento. A continuación, se presenta los parámetros de referencia de algunos hospitales.

La tabla 6.5 presenta la calidad de agua de vertido de diferentes hospitales a nivel internacionales.

Tabla 6.5 Referencia de calidad de agua residual de hospitales. (Alvariño, 2008)

Indicador/Hospital	DQO mg L ⁻¹	DBO mg L ⁻¹	Nt mg L ⁻¹	P mg L ⁻¹	pH U	CE μS cm ⁻¹	SS mg L ⁻¹
Clinica José de San Martín	240-257	38-77	-	1.5-2.1	-	-	-
San Luis Potosí	76-431	66-200	-	5.99	7.89-6.97	7.06-911.3	-
C Habana	64-612	21-295		1.0-17	5.8-8.6	670-1900	-
Sudeste de Francia	1223	603	94-11	-	7.85	1	225
	(604-2590)	(251-1559)	-		(6.26	0.24	(155-297)
					8.52	1.669	
Universidad de Viena	428-271	-	31-57	5.4-9.3	-	-	101-184
	(como COT)		(como Nam)				
Comunidad Haidian	48-277	20-55	24.0-10.0	-	6.2-7.1	-	-
Setenta en Irán	527	348		-			291
Shevom Shaban	(161-806)	(170-565	18		(6-8)	-	(153-550)
	450	270					-
Colegio Médico Christian	1067	-	-	-	7.36	-	531
NC vertimiento	70-120	30-60	(5-20)	(2-10)	6.5-9	1400-3500	-

Nota: Entre paréntesis, valores mínimos y máximos. Indicadores: Demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno amoniacal (Nam), fósforo (P), conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico total (COT), sólidos suspendidos (SS), nitrógeno total (Nt)

La planta de tratamiento de aguas residuales de Managua provee tratamiento para el área metropolitana de Managua, Nicaragua. La planta tiene capacidad de procesar hasta 180 000 m³ de aguas residuales por día y se encuentra ubicada a orillas del Lago Xolotlán y fue inaugurada el 20 de febrero de 2009.

El tratamiento de las aguas inicia con un proceso en la cual eliminan todos los objetos sólidos que llegan con las aguas negras, en la cual se incluye la separación de arenas y grasas. Un sedimentador primario que utiliza un sistema llamado "lamelas", en los grandes tanques de concreto de 6 o 7 metros de altura, funciona como filtro aireado biológico al hacer circular el agua por grandes placas de plástico. El agua que parcialmente está filtrada después llega al sedimentador secundario, otros tanques con lamelas donde se le aplica el mismo proceso, pero más refinado. Finalmente, el líquido se envía a una estación de bombeo, donde se impulsa el

agua al lago Xolotlán o lago de Managua la cual debe cumplir con el decreto 21-2017 de límites permisibles para descarga de aguas residuales. La planta también cuenta con un sistema de lodo que producen tierra fértil para ser usados, en la agricultura.

La Figura 6.9 muestra una vista aérea de la planta Managua la cual da tratamiento a las aguas residuales municipales de Managua incluyendo al Hospital Berta Calderón Roque.



Figura 6.8 Vista aérea de la Planta Managua. Fuente 19 Digital

Resultados de análisis de calidad de agua en los PCC.

De acuerdo con los puntos establecidos como críticos para el control de la calidad de agua, en la Figura 6.9 se muestra la ubicación espacial y en la Tabla 6.6 se indica el punto de muestreo con su georreferenciación

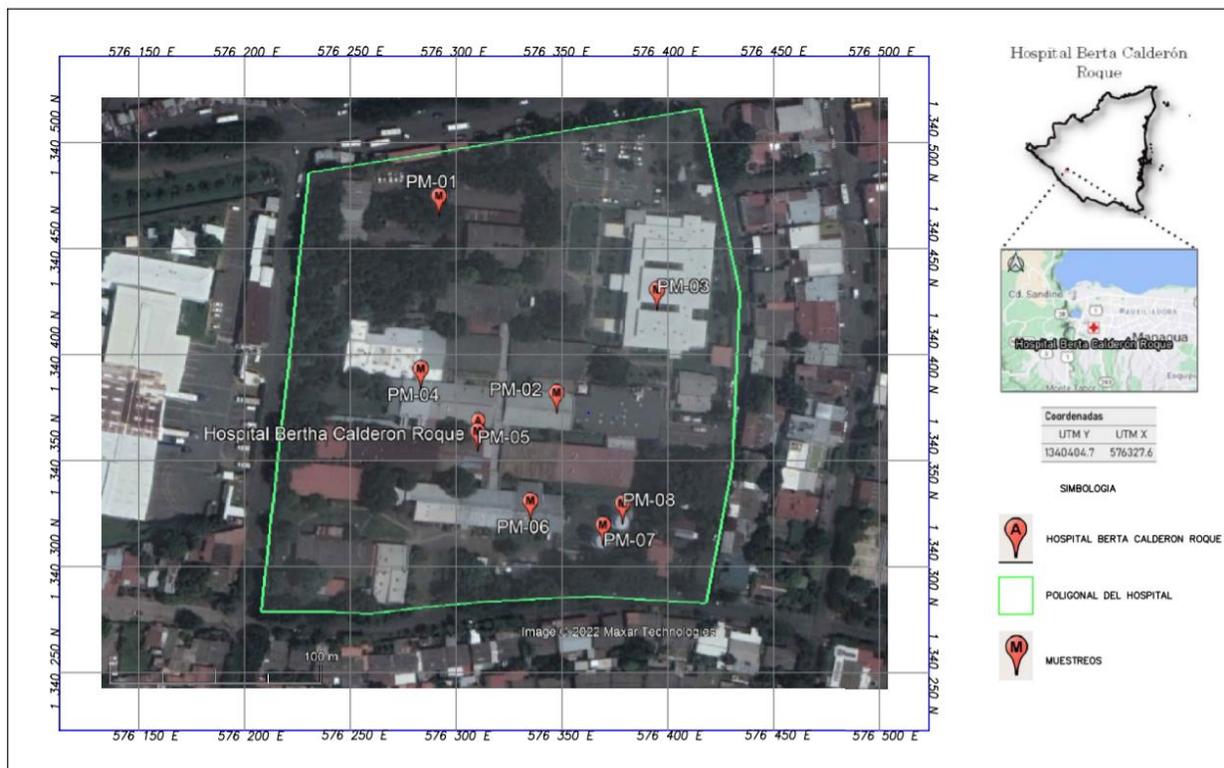


Figura 6.9 Mapa de ubicación espacial de los PCC del HBCR. Fuente: elaboración propia

Tabla 6.6 Coordenadas geográficas y descripción los PCC del HBCR

MUESTREOS EN PUNTOS CRITICOS HOSPITAL BERTA CALDERON ROQUE MANAGUA				
ITEMS	CODIGO	COORDENADAS		DESCRIPCION
		LATITUD	LONGITUD	
1	PM-01	12° 7'29.71"N	86°17'55.89"O	Llave próxima a entrada
2	PM-02	12° 7'26.71"N	86°17'54.05"O	Sala de emergencias
3	PM-03	12° 7'28.27"N	86°17'52.49"O	Consulta externa
4	PM-04	12° 7'27.07"N	86°17'56.16"O	Lavamanos de pasillo de administración
5	PM-05	12° 7'26.12"N	86°17'55.27"O	Unidad de cuidados intensivos (UCI)
6	PM-06	12° 7'25.08"N	86°17'54.45"O	Llave de nutrición
7	PM-07	12° 7'24.72"N	86°17'53.32"O	Tanque de almacenamiento #1
8	PM-08	12° 7'25.04"N	86°17'53.03"O	Tanque de almacenamiento #2

Hospital Bertha Calderón Roque se presentan los siguientes resultados de análisis de calidad de agua realizada entre enero y marzo 2021 en muestras puntales por duplicado en los puntos considerados como críticos: *a)* Llave próxima a la entrada principal del Hospital *b)* sala de emergencias, *c)* consulta Externa *d)* lavamanos de pasillo de administración, *e)* unidad de cuidados Intensivos (UCI), *f)* lave de nutrición, *g)* tanque de almacenamiento # 1, *h)* tanque de almacenamiento # 2.

Tabla 6.7 Resumen de resultados de análisis de calidad de agua HBCR (enero-marzo 2021)

Resultados de análisis de agua HBCR										
Parámetros	Referencia	Unidad	C. Entrada	Emergencia	Nutrición	C. Externa	UCI	L. Admon	Tanque 1	Tanque 2
Coliformes totales	0	NPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0
Coliformes fecales	0	NPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cloro residual	0.5-1.0	mg/L	0.1	0.5	0.5	0.8	0.5	0.4	0.0	0.0
pH	6.5-8.5	U. pH	7.9	8.1	8.2	8.2	8.1	8.3	8.5	8.5
Cloruros	250	mg/L	16.6	47.0	47.3	44.3	39.7	46.3	37.0	51.0
Fluoruros	0.7	mg/L	0.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.8	0.6
Sulfatos	250	mg/L	7.3	25.3	29.5	28.3	27.3	26.7	32.0	35.0
Calcio	100	mg/L	49.0	28.7	28.5	28.0	30.0	27.7	29.0	27.0
Magnesio	50	mg/L	16.3	15.3	39.0	13.6	14.3	12.3	7.0	13.0
Sólidos Totales	1000	mg/L	413.0	349.0	382.0	352.0	302.6	362.7	376.0	456.0
Dureza Total	400	mg/L	190.0	136.0	231.5	126.0	133.3	120.0	100.0	130.0
Turbiedad	1	NTU	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencial Redox		mV	115	122	105	118	102	105	126	124

Con relación al análisis de los resultados de calidad de agua en el tanque #1 la calidad de agua no se encuentra apta para el consumo humano según los parámetros de calidad de la Norma CAPRE. La norma establece que el parámetro de pH, tiene un valor permisible entre los 6.5 a 8.5, y el cloruro un valor máximo de 0.7 mg/L y como se observa en el Tanque 1 el pH se encuentra muy cercano al valor máximo permisible lo cual es atribuible a la falta de mantenimiento del tanque ya que es metálico y al no recircular el agua esta va concentrando esos valores. Además, presenta 0 mg/L de cloro libre residual y 9 NMP de Coliformes totales en el tanque, por lo que no cumple con la referencia de 0 de NMP determinando que el agua del tanque 1 no es apta para el consumo al momento del estudio. Por lo cual se debe realizar mantenimiento del tanque mínimo dos veces al año y realizar recirculación del agua tres veces a la semana o diariamente de ser posible. El potencial Redox según el método estándar

establece que entre 650 mV y 700 mV garantiza una desinfección efectiva, en el caso del HBCR se encuentra por debajo. Esto se puede atribuir al bajo contenido de sólidos disueltos y que no hay presencia de microorganismos, además que el agua ya ingresa desinfectada por medio de ENACAL por lo cual se podría suponer que el desinfectante ya realizó la reducción de los contaminantes.

A continuación, se presentan las gráficas de los análisis de calidad de agua por parámetro de calidad evaluado.

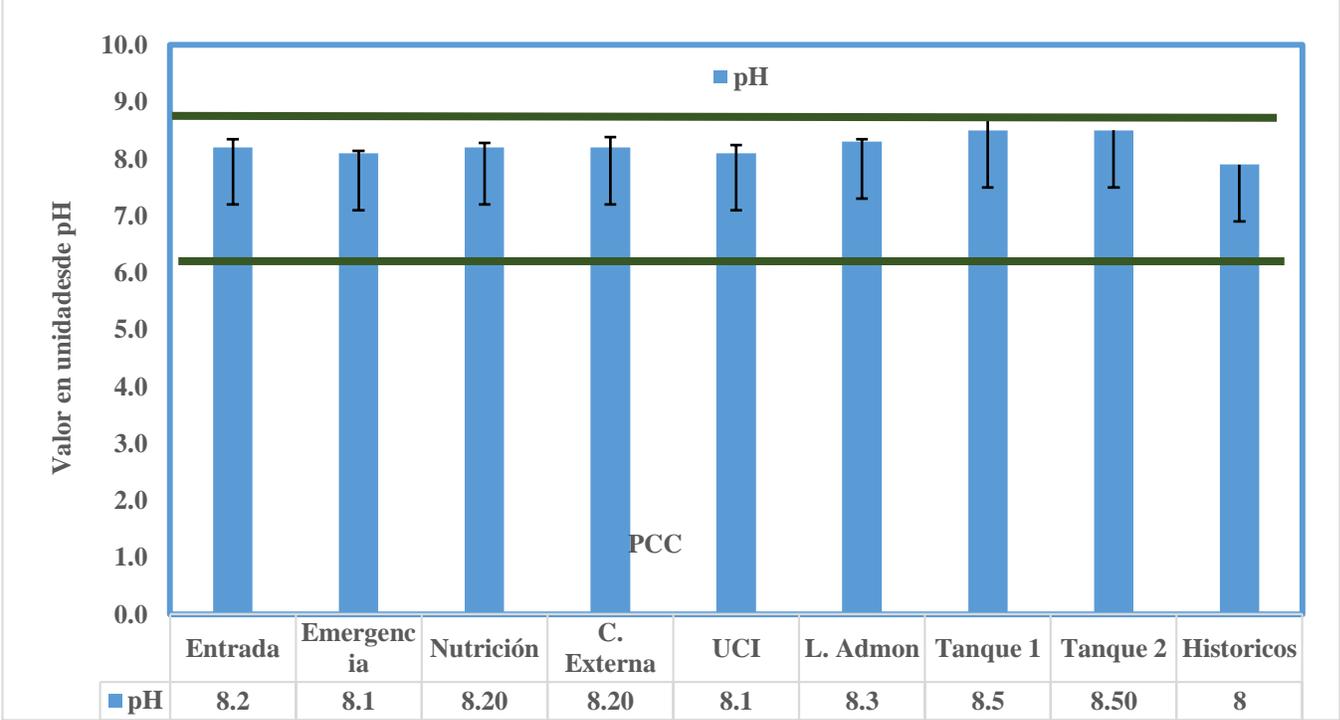


Figura 6.10 Resultados de análisis de pH del HBCR

El valor permisible es de cero según la Norma CAPRE, los coliformes totales generalmente se consideran inofensivos. Si se analiza el agua y se detectan coliformes totales, se considera una fuente ambiental inocua y la contaminación de coliformes fecales es improbable. No obstante, en agua de consumo humano no se debe haber presencia. (Departamento de Salud del Estado de Washington. N.p., 2017)

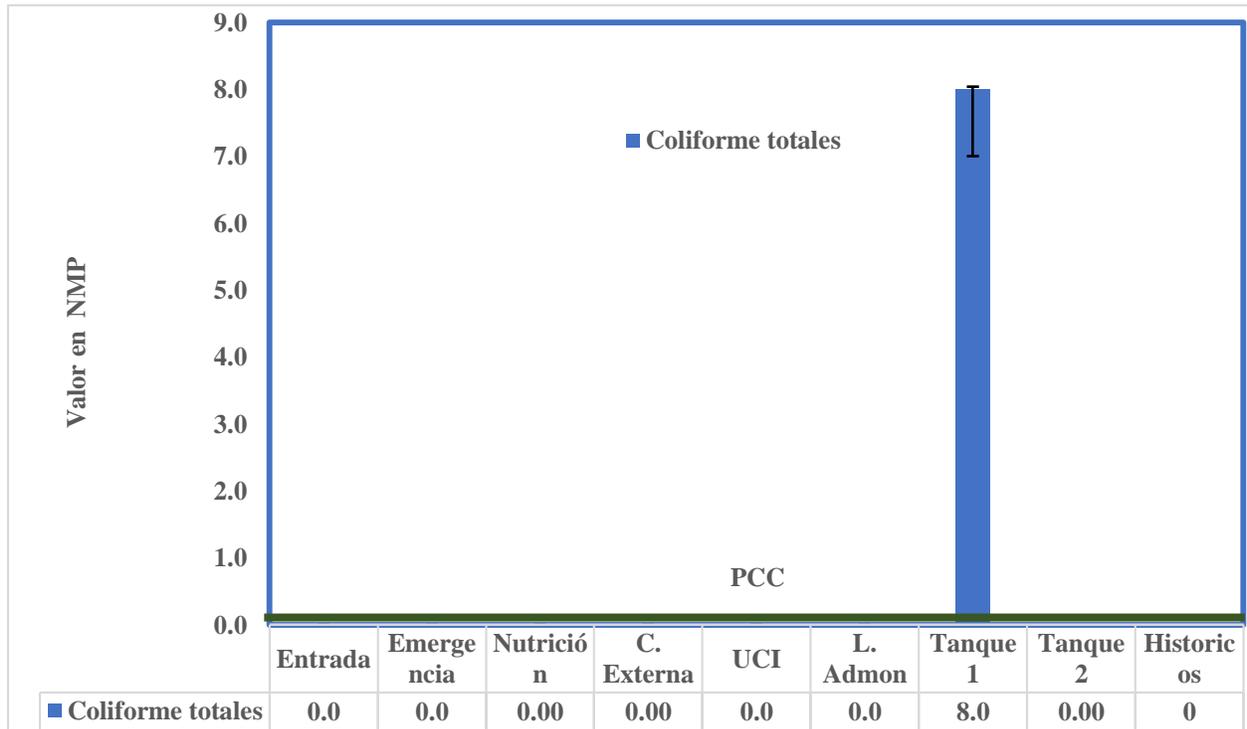


Figura 6.11 Resultados de análisis de coliformes totales del HBCR.

El valor permisible es de cero según la Norma CAPRE, los coliformes fecales son un subgrupo de bacterias coliformes totales. Los coliformes fecales son un grupo de bacterias asociadas con la materia fecal de los organismos de sangre caliente. Residen en los intestinos de organismos de sangre caliente y se transmiten al medio ambiente a través de excrementos fecales. Para que el agua sea apta para el consumo humano no debe tener presencia de estos, ya que pueden producir enfermedades gastrointestinales. (Departamento de Salud del Estado de Washington. N.p., 2017)

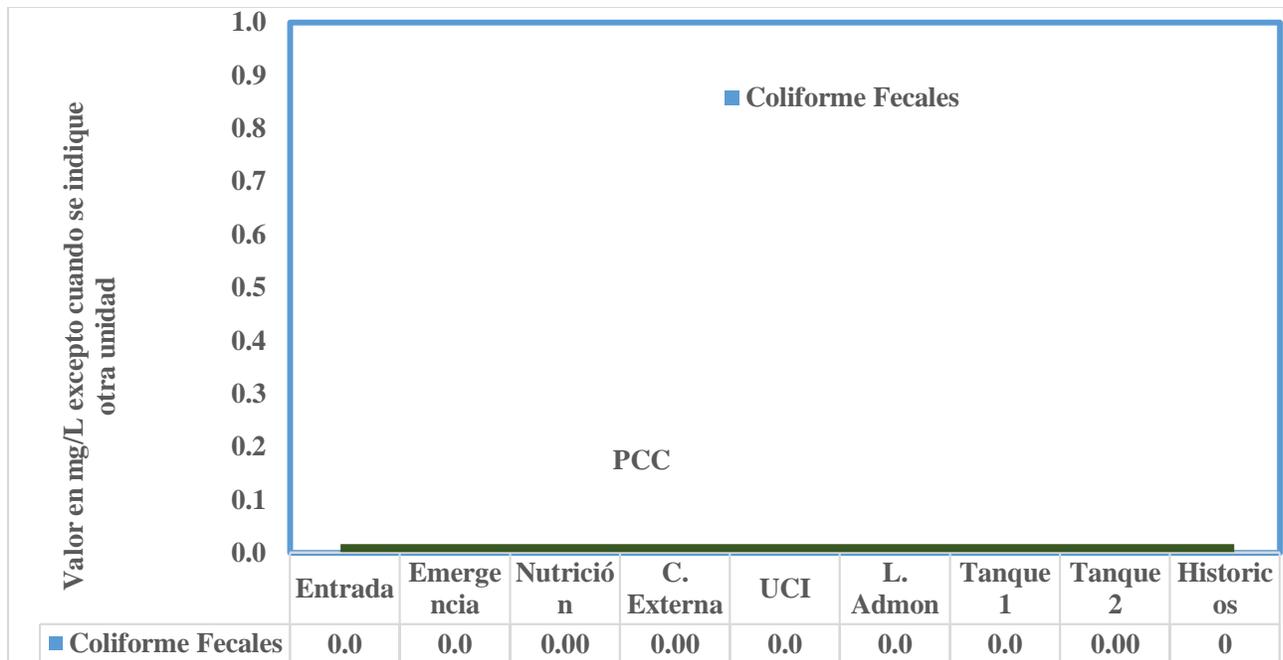


Figura 6.12 Resultados de análisis de coliformes fecales HBCR

El límite recomendado de cloruros en agua es de 25 mg/L y el máximo permisible es de 250 mg/L, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital presenta concentraciones de cloruros dentro de los intervalos permisibles. La importancia de medir este parámetro es que un valor elevado en agua puede causar problemas estomacales y renales en las personas al ser consumida regularmente, además de causar corrosión en los sistemas de agua. Las causas de presencia de concentraciones altas pueden ser por diversas causas, en su mayoría por contaminación de aguas residuales o infiltración de agua marina.

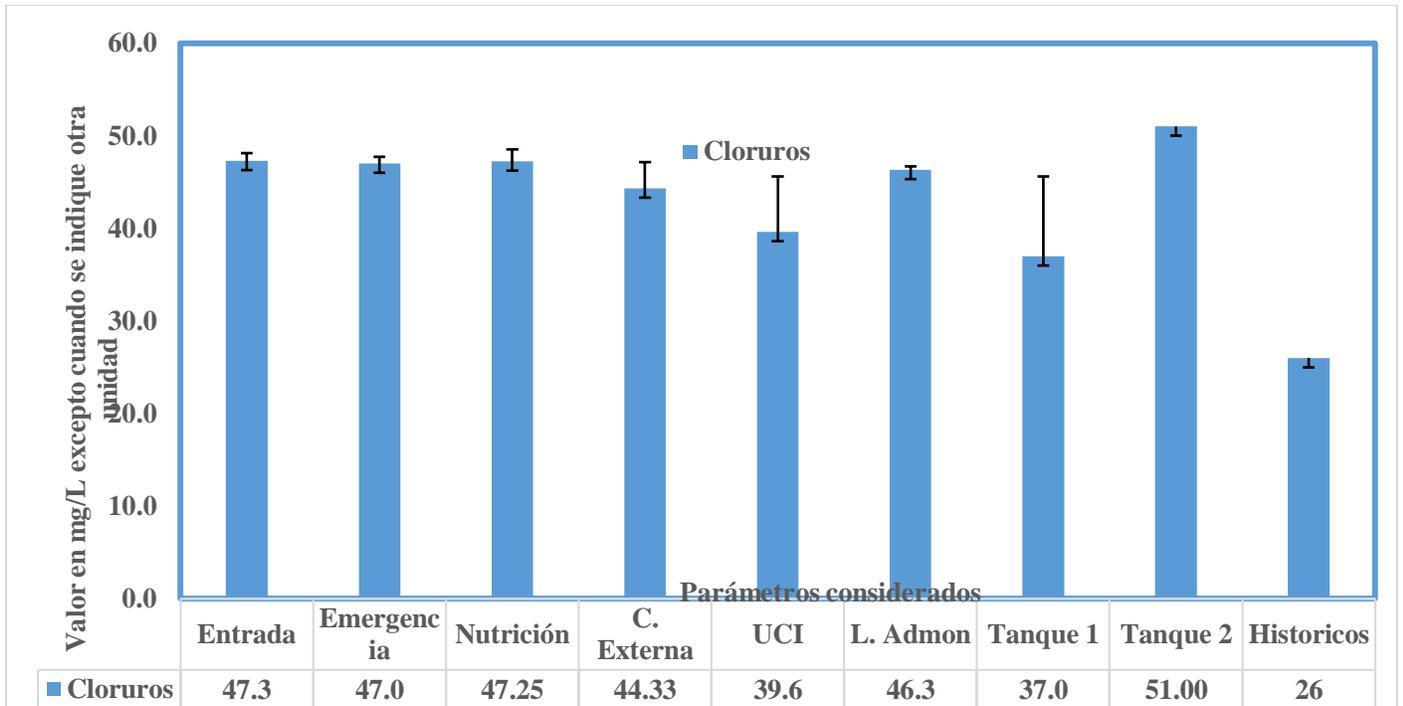


Figura 6.13 Resultados de análisis de cloruros del HBCR

Altas concentraciones de flúor pueden causar fluorosis que afecta los dientes y los huesos. El rango permisible es de 0.7-1.5 mg/L, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital está dentro del rango permisible, solamente en el tanque número 1 se encuentra por encima de lo permisible y esto puede ser a la falta de mantenimiento del mismo. La presencia de flúor en agua normalmente es de manera natural.

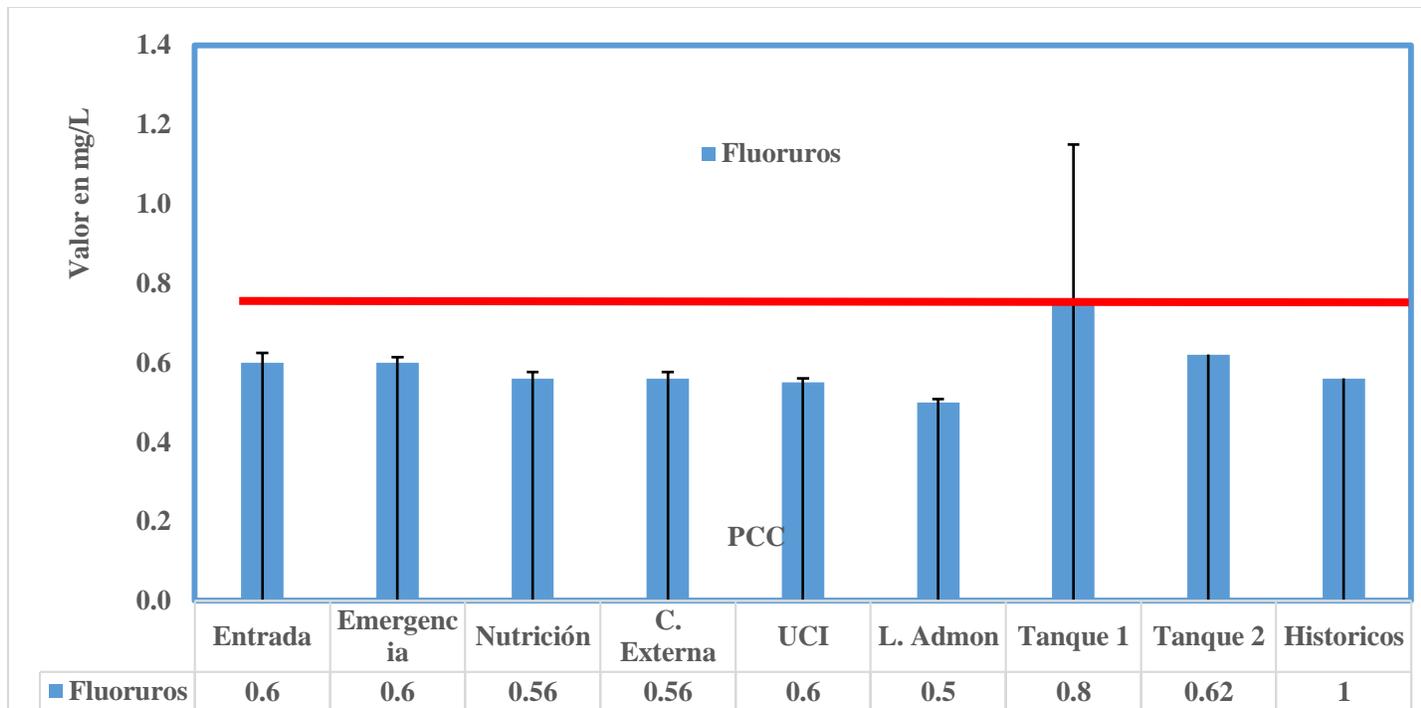


Figura 6.14 Resultados de análisis de fluoruros del HBCR.

El límite recomendado de sulfatos en agua es de 25 mg/L y el máximo permisible es de 250, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital presenta concentraciones de sulfatos dentro de los intervalos permisibles. La importancia de medir este parámetro es que un valor elevado en agua puede causar diarrea temporal, además de causar corrosión en los sistemas de agua particularmente en accesorios de cobre. Las causas de presencia de sulfatos en agua son por presencias de tizas en el suelo.

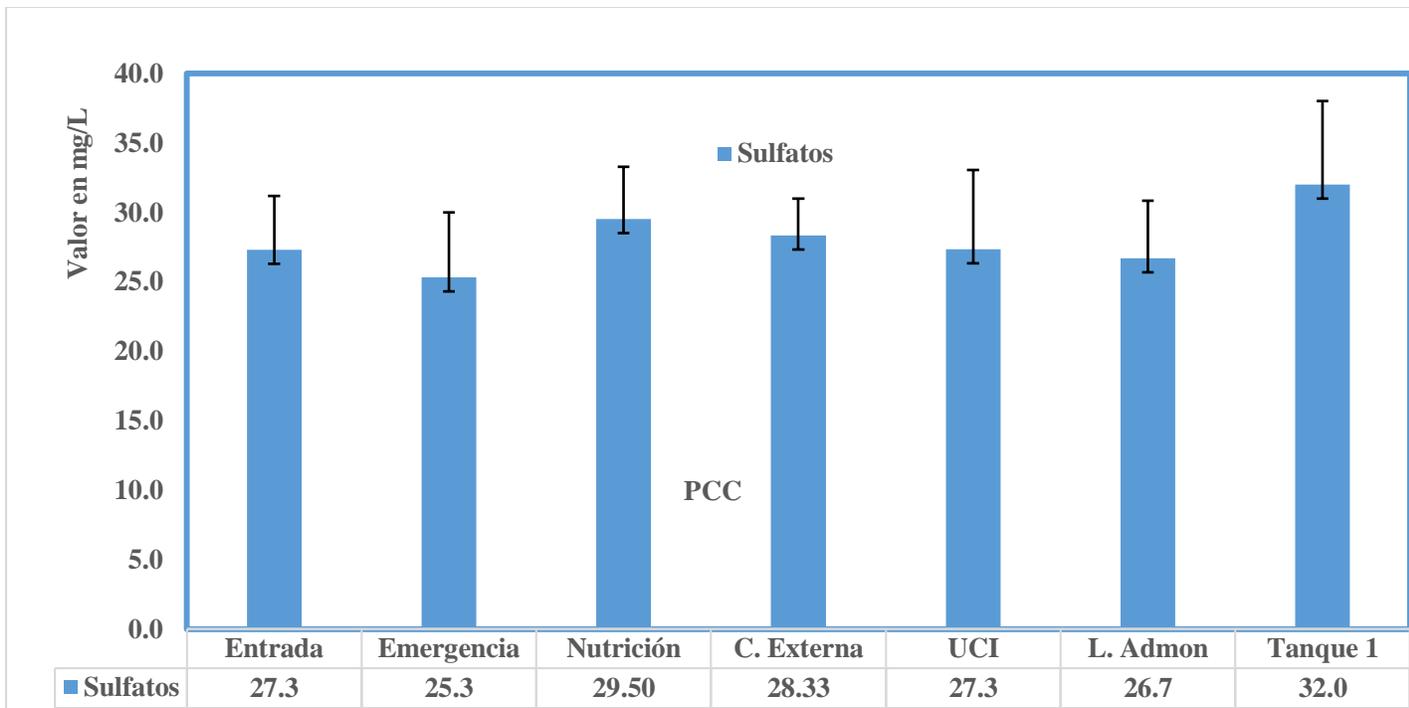


Figura 6.15 Resultados de análisis de sulfatos del HBCR

El límite recomendado de calcio en agua es de 100 mg/L, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital presenta concentraciones de calcio dentro del valor recomendado. La importancia de medir este parámetro es que un valor elevado en agua puede causar problemas renales y reducción de diámetros de las tuberías. Las concentraciones de calcio en aguas varían mucho, pero en general suelen ir asociadas al nivel de mineralización.

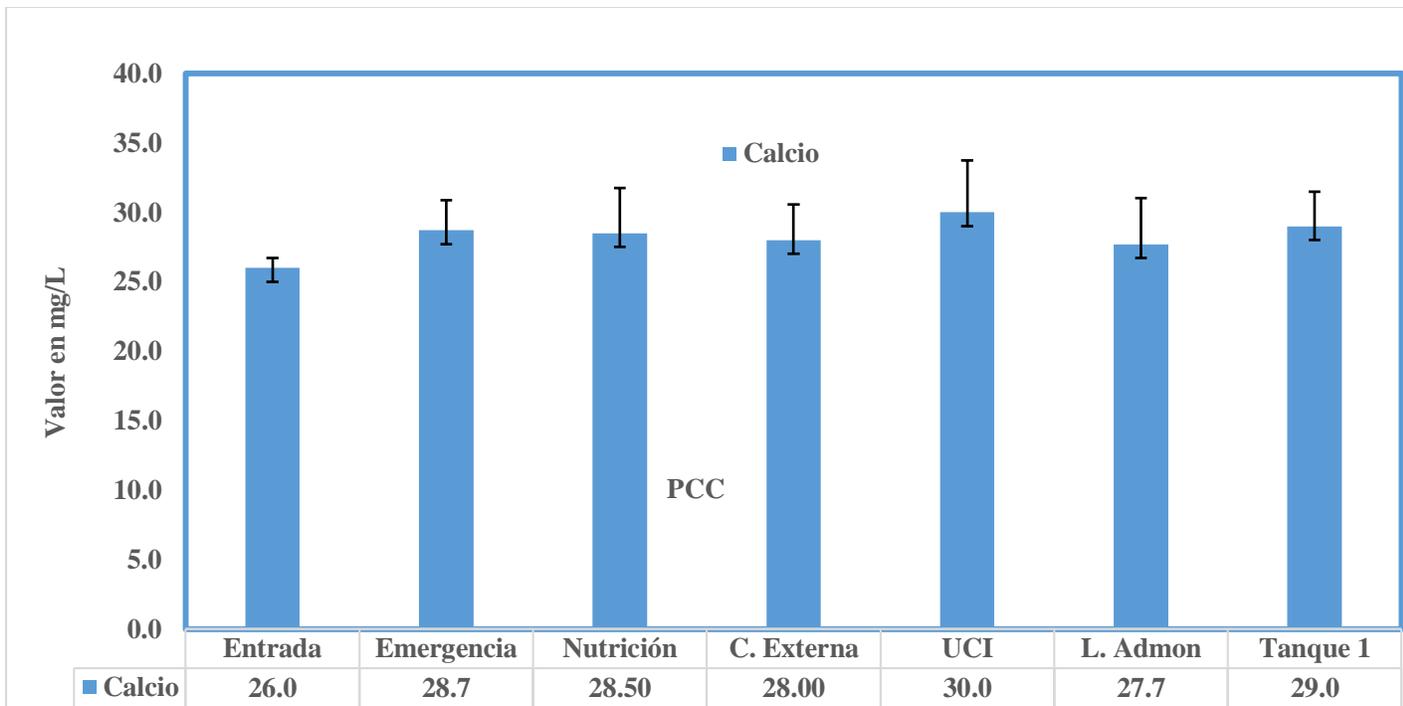


Figura 6.16 Resultados de análisis de calcio del HBCR

De acuerdo con el resultado de los análisis realizados de magnesio el agua del hospital se encuentra dentro del rango permisible 30-50 mg/L El magnesio se asocia a la formación de cálculos renales, afecta la fortaleza del pelo y la piel en la tubería reduce el flujo del agua, provoca manchas difíciles de limpiar en baños y cocina

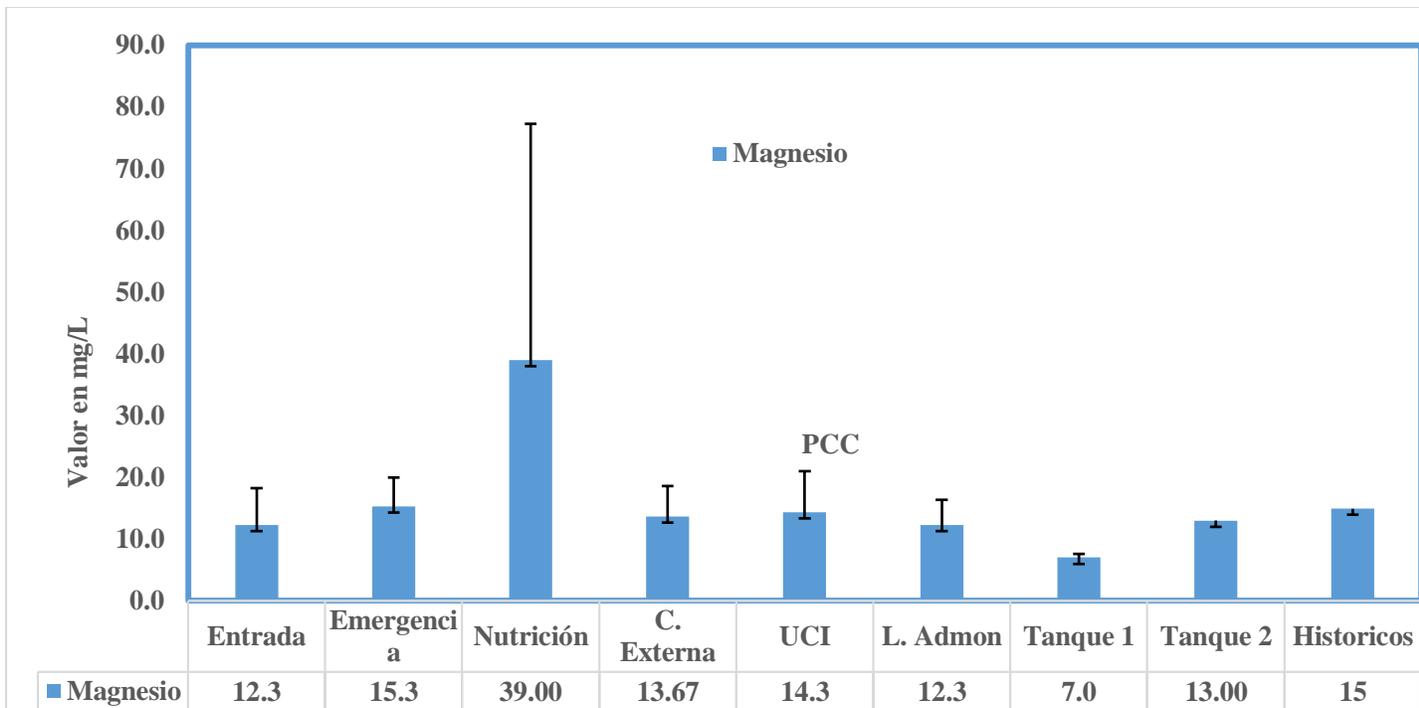


Figura 6.17 Resultados de análisis de magnesio HBCR

Los sólidos totales están asociados a la cantidad de cationes y aniones presentes en el agua además puede estar asociado al cáncer, cardiopatías coronarias, y enfermedades cardiovasculares. Según los análisis el valor de sólidos totales está por debajo del rango permisible el cual es 1000 mg/L.

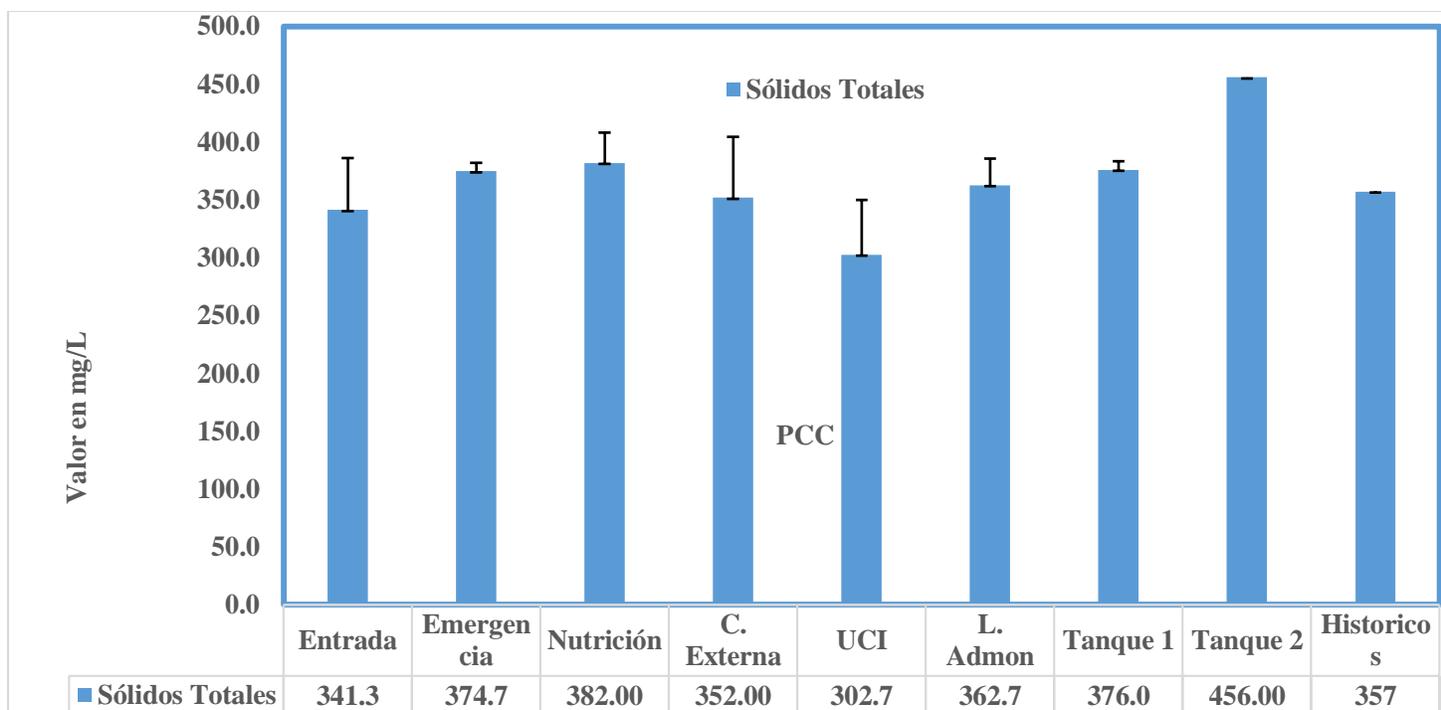


Figura 6.18 Resultados de análisis de solidos totales HBCR

La dureza en agua está asociada a problemas renales en las personas y deterioro de electrodomésticos y tuberías. El valor permisible en agua de consumo es de 400 mg/L y su presencia se debe a la presencia de caliza en los suelos. En resultados de los análisis de agua del hospital se encuentra dentro del rango permisible.

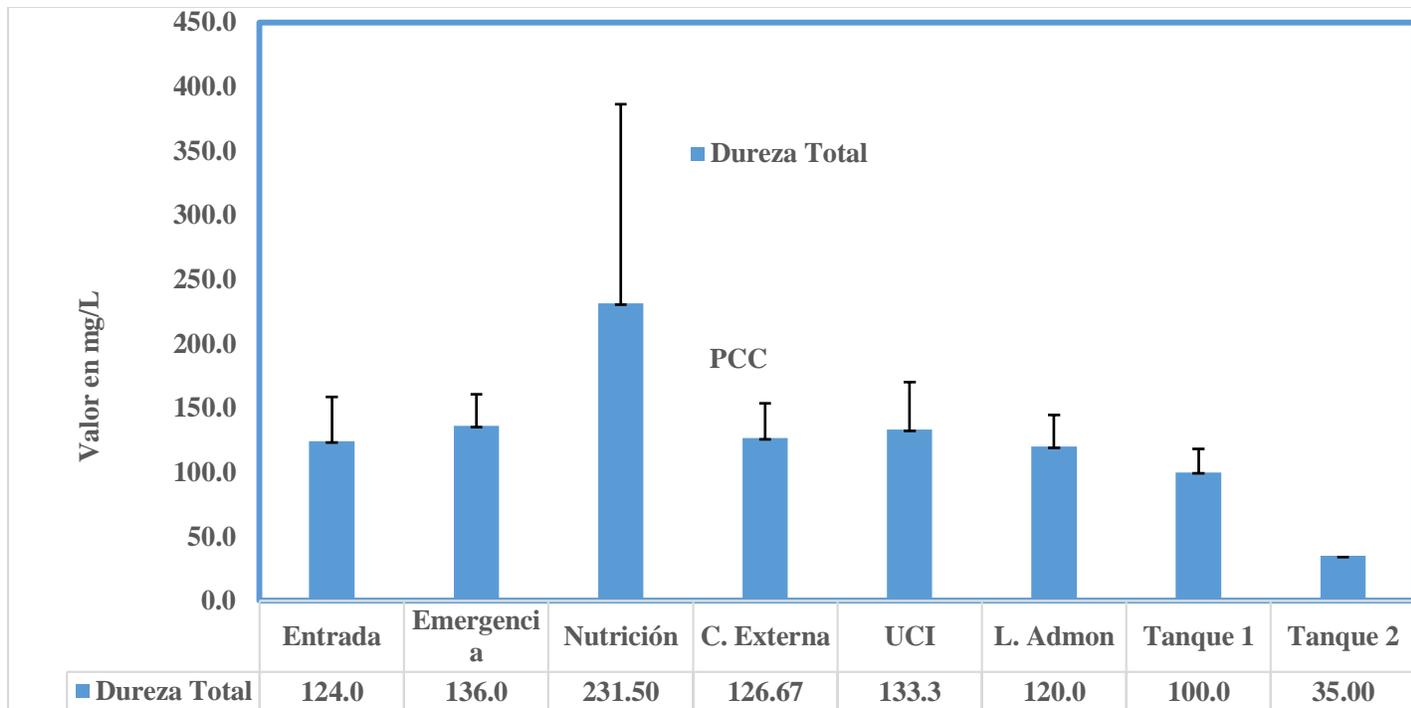


Figura 6.19 Resultados de análisis de Dureza total HBCR

La norma CAPRE indica que el cloro libre residual en cualquier punto del sistema de agua debe estar entre 0.5 mg/L a 1 mg/L por lo que el agua cumple con el rango. El cloro libre residual es un parámetro de mucha importancia debido a que ayuda a garantizar la calidad microbiológica a lo largo del sistema reaccionando con agentes que puedan alterar la calidad del agua como microorganismos patógenos.

Según los resultados de calidad de agua de los diferentes puntos críticos de control se pudo determinar que el tanque 2 no cumple con lo establecido en la Norma CAPRE en cuanto a cloro libre residual y en coliformes totales. Lo cual es debido a que el tanque solo entra en funcionamiento en emergencias lo cual permite la pérdida de la acción del cloro y la posible proliferación de microorganismos.

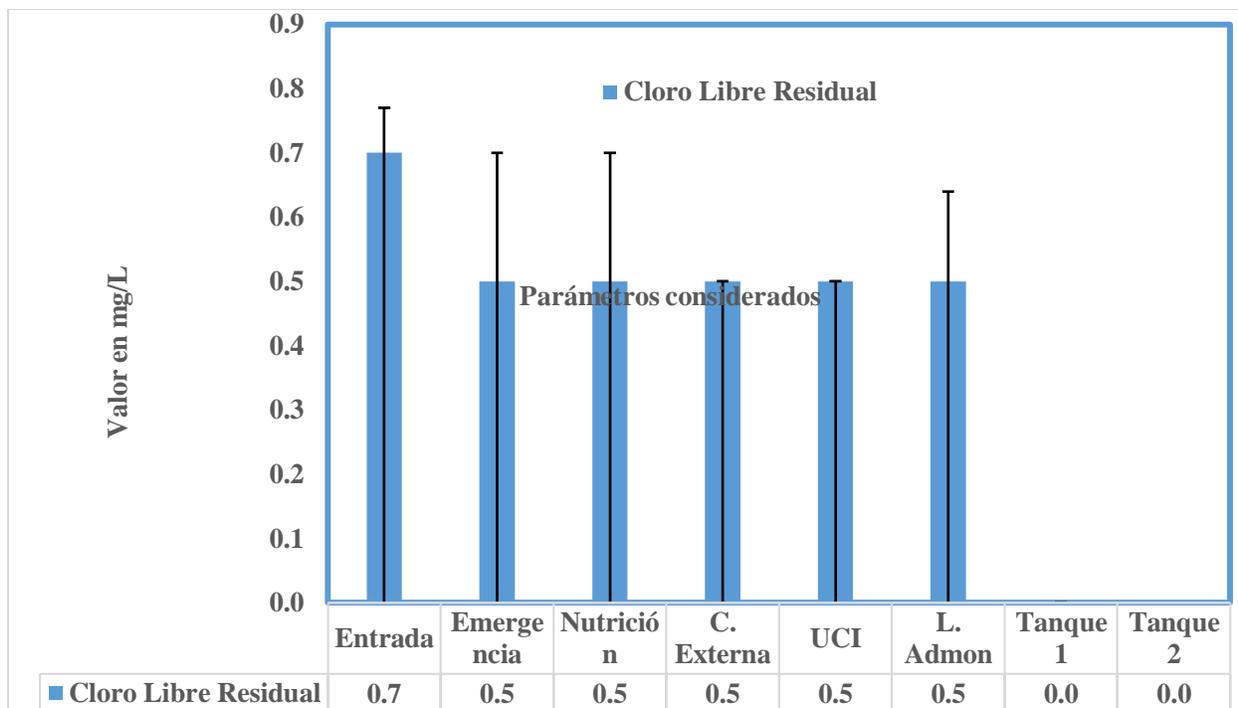


Figura 6.20 Resultados de análisis de cloro libre residual HBCR

El potencial Redox según el método estándar establece que entre 650 mV y 700 mV garantiza una desinfección efectiva, en el caso del HBCR se encuentra por debajo. Esto se puede atribuir al bajo contenido de sólidos disueltos y que no hay presencia de microorganismos, además que el agua ya ingresa desinfectada por medio de ENACAL por lo cual se podría suponer que el desinfectante ya realizó la oxidación.

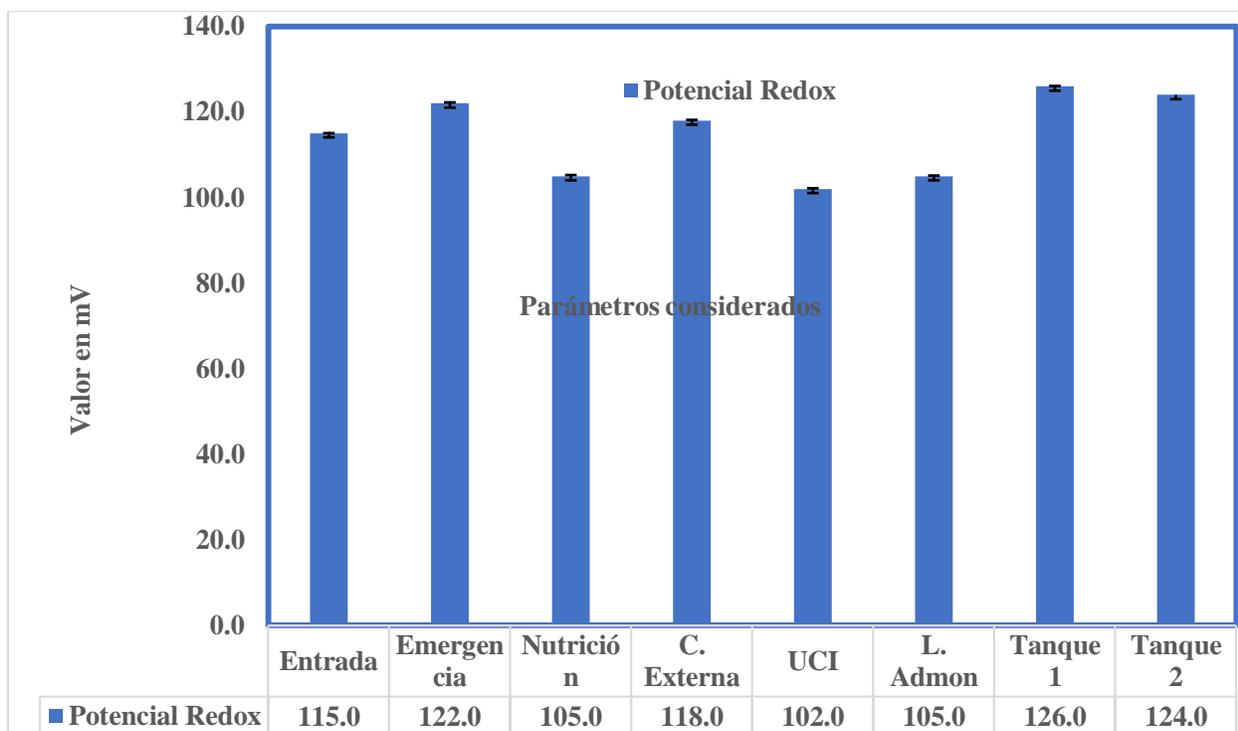


Figura 6.21 Resultados de análisis de Potencial Redox HBCR

De acuerdo con los análisis de calidad de agua realizados los parámetros evaluados están bajo la normativa nacional aplicable (norma CAPRE 1994), con excepción del agua del tanque #1 en donde hay presencia de coliformes totales y no hay presencia de cloro libre residual por lo cual el agua no es apta para el consumo humano. Al momento de la inspección no hay evidencia de mantenimiento de los tanques de almacenamiento ni del uso frecuente del agua de estos, por lo que se recomienda realizar mantenimiento preventivo cada seis meses y recircular el agua de los tanques por lo menos cada tres días. Para tener un mejor control y mantenimiento del agua almacenada para que pueda ser utilizada de manera segura.

6.3 Diagnóstico del sistema de agua del Hospital Yolanda Mayorga, Tipitapa, Nicaragua.

6.3.1. Ubicación y características generales

Tipitapa es el municipio más extenso de los municipios que integran administrativamente al departamento de Managua. Con 1072 km² se ubica a 22 km al este de la ciudad capital. Por el oeste Tipitapa es bordeado por el Lago de Managua o Xolotlán, y el municipio de San Francisco Libre del Departamento de Managua. La dirección exacta del Hospital Yolanda Mayorga es barrio lomas de Esquipulas, frente a los bomberos de Tipitapa teniendo como coordenadas geográficas 12°12'19.9"N 86°05'33.7"W (UTM 1349445.6 Y; 598696.5 X). En la Figura se presenta la ubicación geográfica del HYM.



Figura 6.22 Plano de ubicación HYM Fuente elaboración propia.

El Hospital Yolanda Mayorga es un hospital de atención primaria que brinda servicios en las cuatro especialidades básicas, Pediatría, Gineco-Obstetricia, Medicina Interna, Cirugía General, además de contar con otras especialidades como dermatología y oftalmología. Durante los turnos se cuenta con dos médicos generales, dos médicos en servicio social, un gineco-obstetra, un pediatra diariamente, médico cirujano, internista, emergenciólogo y anestesiólogo hacen turnos cada cinco días, al igual que 4 enfermeras.

De manera general, el Hospital cuenta con 2 médicos generales, 21 médicos especialista, 22 recursos de enfermería, personal de apoyo 105, y personal administrativo 195. A continuación, se muestra el plano de conjunto (Figura 6.22).

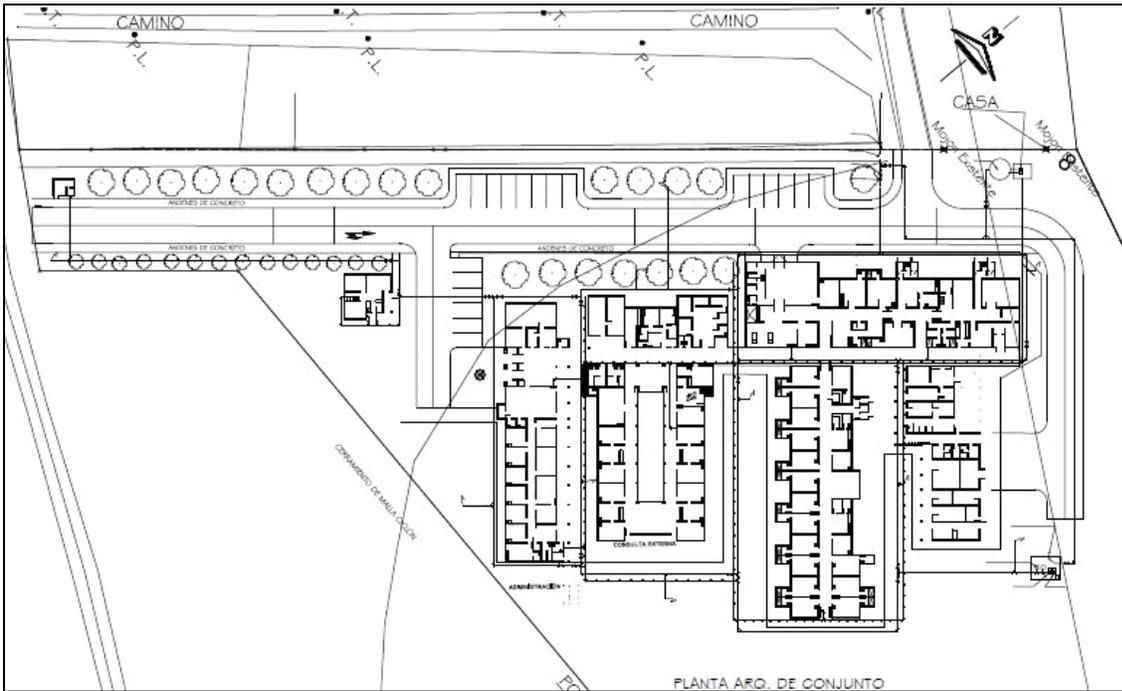


Figura 6.23 Planta de Conjunto del HYM. Fuente: SILAIS Managua 2019

El hospital cuenta con una dotación de 30 camas censables y 11 camas no censables, distribuidas a como se muestra en la Tabla 6.8.

Tabla 6.8 Capacidad instalada Hospital Yolanda Mayorga. Fuente SILAIS MGA.

Camas censables		Camas no censables	
Servicio	N° camas	Servicio	N° camas
Pediatría	8	Labor y Parto	3
Ginecología	4	Emergencia	5
Obstetricia	6	Recuperación	2
Cirugía	6	Quirófanos	1
Medicina Interna	6		

Camas censables		Camas no censables	
Servicio	N° camas	Servicio	N° camas
Total camas censables	30		11

De acuerdo a las inspecciones realizadas y a la recopilación de información disponible se realizó un diagnóstico del estado actual del sistema de agua, determinando la funcionalidad física de los componentes, capacidad de operación y resultados históricos de calidad de agua a continuación se describe el sistema de agua del hospital Yolanda Mayorga.

6.3.2. Descripción del sistema

El hospital Yolanda Mayorga, se abastece mediante una conexión de la red de agua potable municipal y un pozo propio, la red municipal es administrada por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) la cual proviene de un pozo subterráneo y solamente se le aplica desinfección con cloro para su potabilización. Al pozo del hospital se le realiza desinfección con cloro por parte del MINSA.

Tal y como se observa en la Tabla 6.9 se describen las características generales del sistema: abastecimiento, sistema de potabilización, capacidad de almacenamiento, consumo promedio mensual calculado y facturado.

Tabla 6.9 Componentes del sistema HYM

Diseño	
Cuenta con planos hidrosanitarios	Cuenta con memorias de cálculo
No	No
Abastecimiento	
Tipo de fuente	Tratamiento
1 conexione de red municipal	Cloración con hipoclorito de sodio
1 pozo propio	Cloración con hipoclorito de sodio
Almacenamiento	
Capacidad	Tipo
10000 galones	Cisterna de concreto soterrada
Sistema de bombeo	
Tipo	Capacidad
2 bombas eléctricas	1 HP
Gasto mensual	

Diseño	
Tipo de usos	Cálculo de gasto
Generales	20500 L/día 615 m ³ /mes
Cocina	2500 L/día 75 m ³ /mes
Riego	1050 31.5 m ³ /mes
Total	24050 L/día 721.5 m ³ /mes
Consumo promedio según datos del medidor	825 m ³ /mes

El gasto de agua del hospital se garantiza mediante la cisterna de 10,000 galones que tiene una capacidad de abastecer al hospital por 2 días. La cisterna se abastece de manera mixta, mediante el pozo y el sistema municipal. El agua de pozo cuenta con un sistema de cloración para asegurar la calidad de agua y el agua es bombeada a la red de distribución mediante dos bombas de 1 HP cada una. Según los cálculos para dotación y el gasto medido hay una diferencia del 12.5 % lo cual puede deberse a fugas o mal uso del agua por parte de los usuarios y/o personal del hospital. A continuación, en la Figura 6.3 se presenta un esquema del sistema de agua del HYM donde se representa de con la línea de color cian el abastecimiento y distribución del agua potable y en color verde la línea sanitaria. Esto de manera esquemática debido a que no cuentan con planos del diseño hidrosanitario construido.

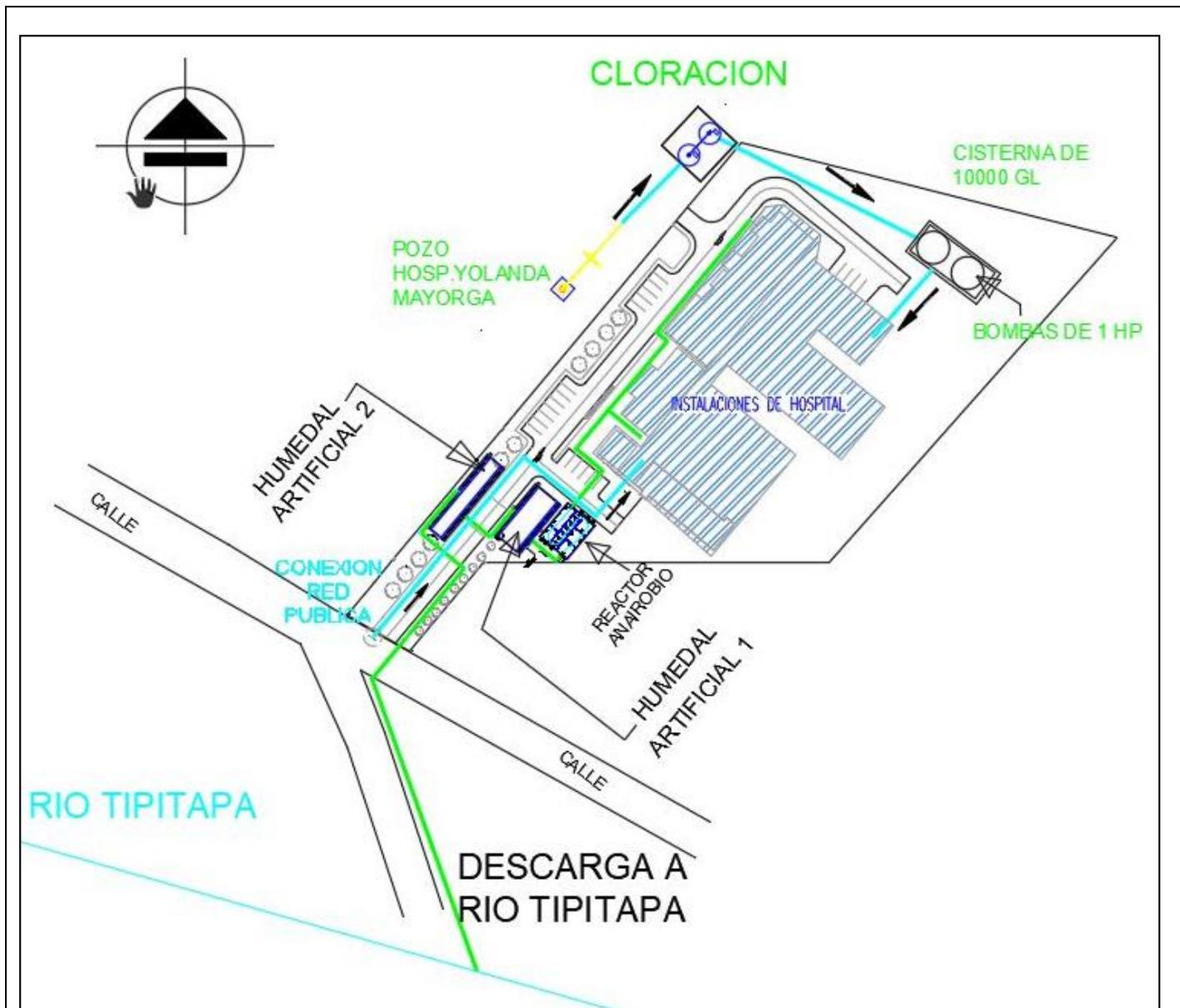


Figura 6.24 Esquema de sistema de agua HYM

Agua potable

El hospital presenta 2 conexiones que abastecen la red de agua potable del hospital. La primera conexión PVC SDR 26 de 4" se presenta en la entrada principal del hospital ubicado en el costado suroeste. La segunda conexión PVC SDR 26 de 3" proviene del pozo propiedad del Hospital Yolanda Mayorga el cual abastece la cisterna de 10,000 galones del hospital.

El sistema de distribución de agua del hospital cuenta con un sistema de cloración ubicado en la salida de la sarta del pozo. La dosificación se realiza mediante un equipo dosificador automático mediante un medidor de caudal, la programación del dosificador está centralizada y el operador solamente enciende y apaga los equipos de acuerdo al gasto del hospital opera con un controlador automático conectado a la tubería, está regulado para dosificar cloro y garantizar 1 mg/L.

Aguas residuales

Las tuberías del sistema de aguas residuales es PVC SDR 41, así como el de drenaje pluvial, con accesorios tipo DWY,

El hospital Yolanda Mayorga cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales que comprende un reactor anaerobio y dos humedales artificiales, se realiza tratamiento debido de que en la ubicación del hospital no hay conexión al alcantarillado sanitario, y se realiza la descarga hacia un cauce natural (río Tipitapa). En la Figura 6.24 se presenta un esquema de planta del sistema de tratamiento de las aguas residuales del HYM, al momento de solicitar información al director del hospital y el inspector sanitario indican que no cuentan con las memorias de cálculo, plan de operación, mantenimiento ni realizan análisis de calidad de agua de descarga de acuerdo al decreto 21-2017. Por lo cual no hay evidencia que el tratamiento garantice la calidad de descarga hacia el cuerpo receptor.

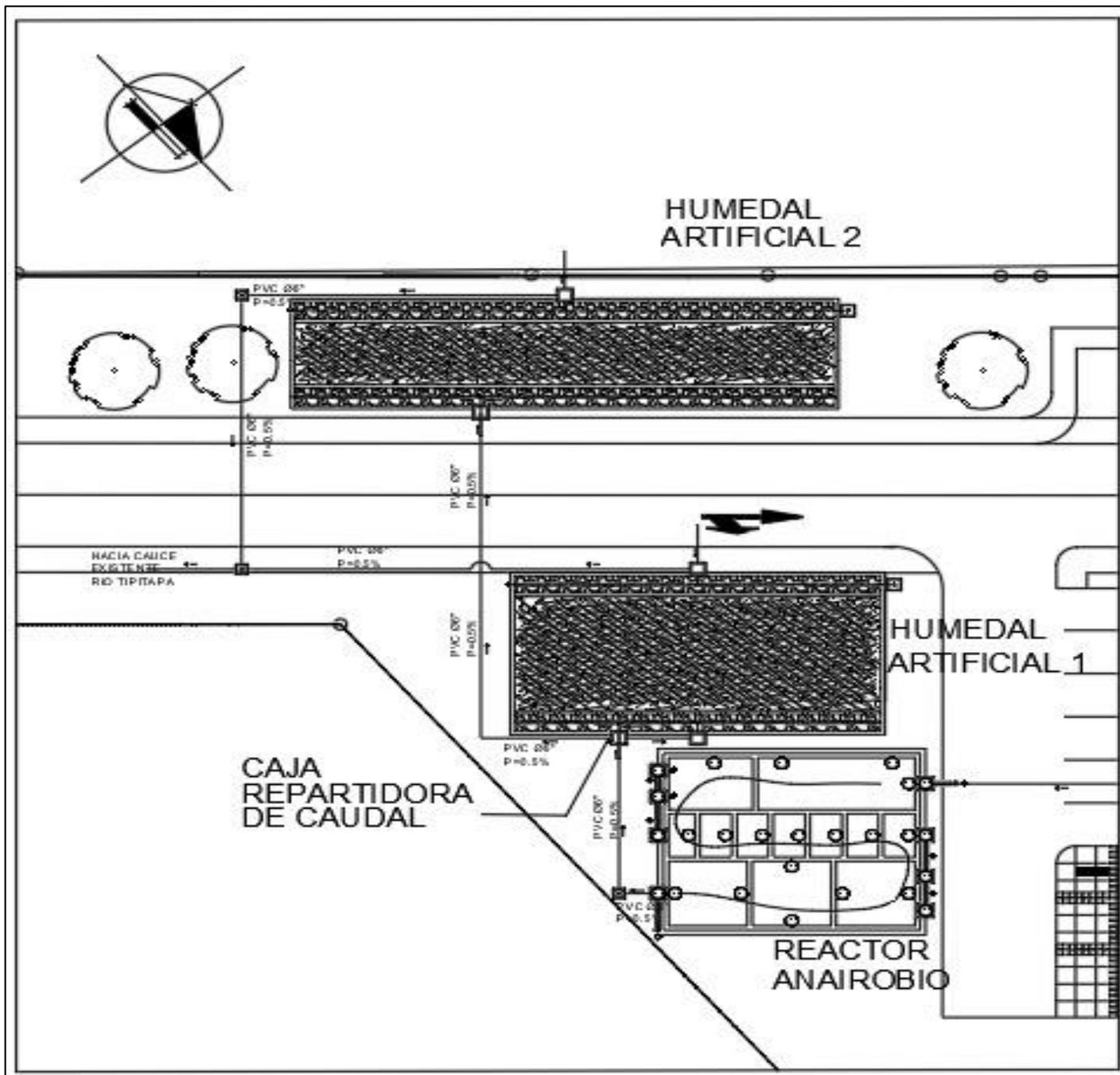


Figura 6.25 Esquema de PTAR del hospital Yolanda Mayorga. Fuente: SILAIS Managua

6.3.3. Calidad histórica de agua del HYM.

Se tomaron los resultados anuales de los años 2017, 2018 y 2019, los cuales fueron proporcionados por el CNDR. En los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de la Tabla 5.2 los resultados están dentro de los intervalos recomendados por la Norma CAPRE, cabe señalar que solamente tienen un punto de muestreo en el área de emergencia.

Para asegurar que el agua es apta para el consumo humano el MINSA toma como referencia los siguientes parámetros:

- Coliformes totales y fecales: los coliformes totales generalmente se consideran inofensivos, mientras que los coliformes fecales son un grupo de bacterias asociadas con las heces. Tratándose de agua apta para el consumo humano, no puede contener estos ya que pueden causar enfermedades gastrointestinales y servir de referencia para determinar la presencia de otros microorganismos.
- Cloro libre: Este parámetro es muy importante porque una concentración entre 0.5 – 1.0 mg/L asegura que el agua esté libre de bacterias coliformes.
- pH: Además de provocar la corrosión de las tuberías, un pH extremo puede provocar irritación de mucosas, órganos internos e incluso procesos de ulceración. El rango permitido está entre 6.5 y 8.5, y los resultados del análisis están dentro del rango permitido para el consumo humano.
- Cloruro: La importancia de medir este parámetro es que, además de corroer los sistemas de agua, los niveles altos en el agua pueden causar problemas estomacales y renales en las personas si se consume regularmente. El límite recomendado para el cloruro en el agua es de 25 mg/L, con un valor máximo permisible de 250. Según los resultados del análisis, la concentración de cloruro del agua del hospital está dentro del rango permitido.
- Fluoruro: La fluorosis es un efecto que afecta a los dientes y huesos causado por altas concentraciones. El rango permitido es de 0.7 a 1.5 mg/L. Según los resultados del análisis, el agua del hospital se encuentra dentro del rango permitido.
- Sulfato: La razón de la presencia de sulfato en el agua es la presencia de tiza en el suelo. La importancia de medir este parámetro es que puede causar diarrea temporal, además de la corrosión del sistema de agua, especialmente de las conexiones de cobre. Según los resultados de los análisis realizados, la concentración del agua utilizada en el hospital está dentro de lo permisible. rango.
- Calcio: Valores altos de este parámetro en el agua pueden derivar en problemas renales y diámetros de tubería reducidos, por lo general este parámetro suele estar relacionado con el grado de mineralización del suelo. El límite permitido en el agua es de 100 mg/L

y, según los resultados del análisis, la concentración de calcio en el agua del hospital se encuentra dentro del rango recomendado.

- Dureza: Las altas concentraciones de dureza en el agua se asocian con problemas renales en las personas y con el envejecimiento de los electrodomésticos y la plomería. El valor permisible en agua potable es de 400 mg/L, y su presencia se debe a la presencia de piedra caliza en el suelo. Los resultados del análisis de la calidad del agua del hospital están dentro del rango permitido.
- Magnesio: Interviene en la formación de cálculos renales, afecta la fortaleza del cabello, piel, en tuberías reduce su diámetro, provoca manchas difíciles de limpiar en baños y cocinas. Los resultados analíticos para el agua del hospital estuvieron dentro del rango permitido de 30-50 mg/L.
- Sólidos Totales: Provocan turbidez y pueden estar relacionados con cáncer, enfermedades coronarias y cardiovasculares, dependiendo del organismo y del consumo habitual.

En la Tabla 6.10 se presentan los resultados de los análisis de calidad de agua de los 3 años, así como un promedio de estos. Se realizó el promedio debido que los parámetros no presentan variaciones sustanciales a través del tiempo evaluado.

Tabla 6.10 Resultados históricos de análisis de agua HYM.

Resultados históricos de análisis de agua HYM						
Parámetros	Referencia (Norma CAPRE)	Unidad	2017	2018	2019	Promedio
Coliformes totales	0	NMP	0	0	0	0.0
Coliformes fecales	0	NMP	0	0	0	0.0
Cloro residual	0.5-1.0	mg/L	0.5	0.7	0.5	0.6
pH	6.5-8.5	U. pH	8	7.6	8.2	7.9
Cloruros	250	mg/L	28	25	25	26.0
Fluoruros	0.7	mg/L	0.6	0.6	0.6	0.6
Sulfatos	250	mg/L	20.8	17	21	19.6
Calcio	100	mg/L	37	35	36	36.0
Magnesio	50	mg/L	17	12	16	14.9
Sólidos Totales	1000	mg/L	374	333	365	357.0
Dureza Total	400	mg/L	105	164	134	152.3
Turbiedad	1	NTU	0	0	0	0

De acuerdo con los resultados históricos de calidad de agua del hospital proporcionados por la autoridad competente los parámetros no cambian significativamente en los tres años y el abastecimiento es mediante agua subterránea por lo que se mantiene la calidad de agua tanto en época de lluvia y época seca. Determinando que el agua es apta para el consumo humano debido a que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles según la norma CAPRE. La Tabla 6.10 presenta resultados de los parámetros analizados por el CNDR los cuales como se observan cumple con los valores establecidos en la norma CAPRE.

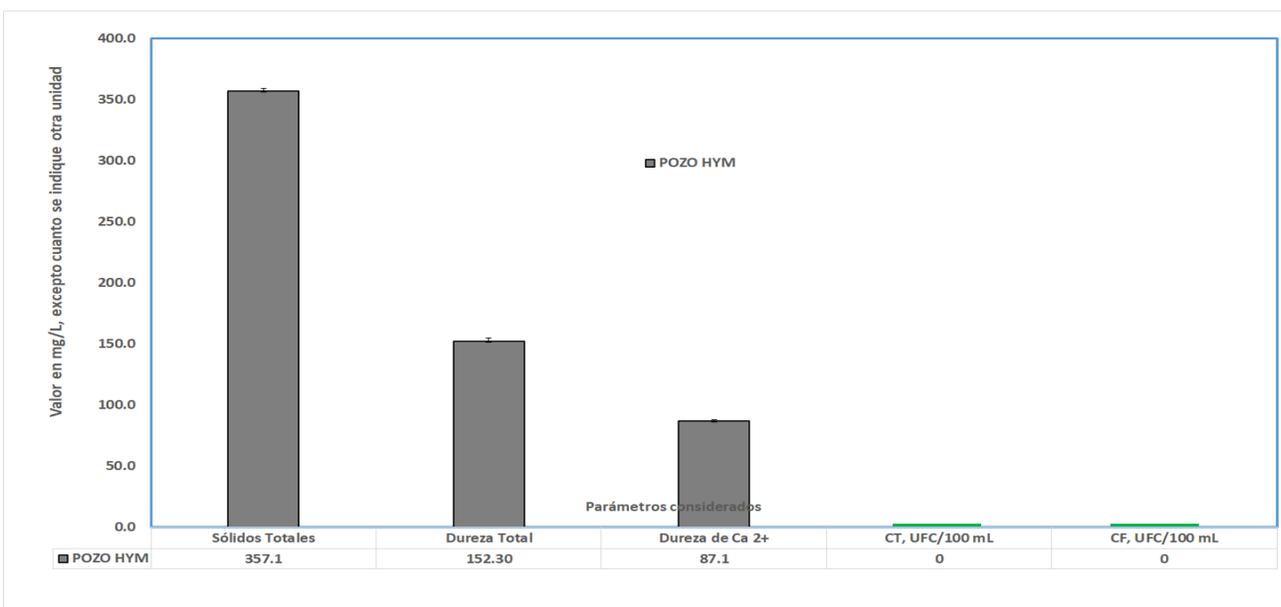


Figura 6.26 Resultados históricos de análisis de agua hospital Yolanda Mayorga. Fuente: MINSA

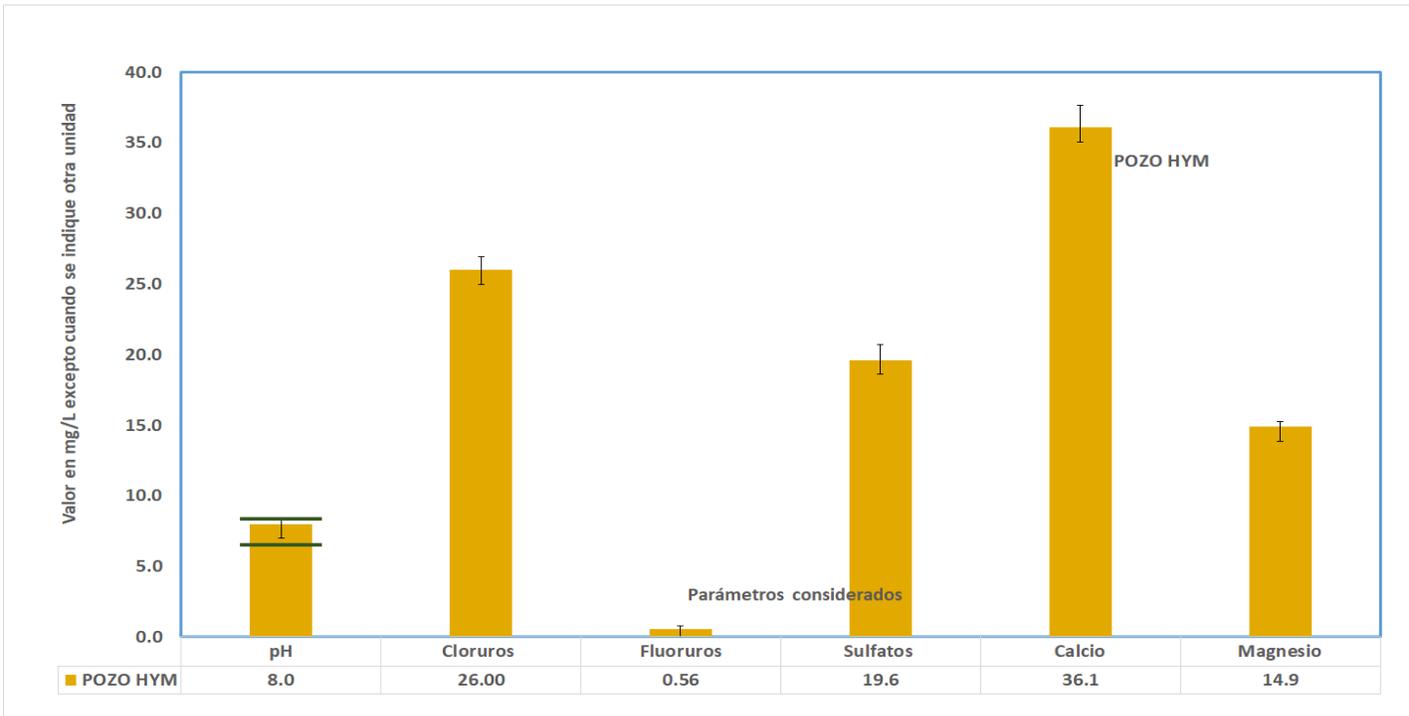


Figura 6.27 Resultados históricos de análisis de agua hospital Yolanda Mayorga. Fuente: MINSA

6.3.3 Diagnóstico del Sistema de Potabilización.

El sistema de potabilización solamente consiste en la cloración por parte de ENACAL en el abastecimiento municipal y en el pozo del hospital también se trata con cloro a la salida de la sarta de bombeo. Al momento de la inspección las condiciones de los componentes físicos y las condiciones de operación del sistema de cloración estaban sin funcionamiento debido a la falta de cloro en el tanque que abastece al dosificador de cloro y una de las bombas impulsoras estaba fuera de servicio según el inspector señaló que esta se había dañado y estaba en proceso de compra.

6.3.4. Diagnóstico del Sistema de Almacenamiento

De acuerdo con la norma de habilitación del MINSA 080, los tanques y/o cisternas de almacenamiento debe tener la capacidad de almacenar por tres días la demanda diaria de las áreas esenciales, es decir que el volumen de todos los componentes de almacenamiento debería ser (12,160 x 3) de 36,500 litros (36.5 m³).

En la Tabla 6.11 se muestra la proyección de consumo de acuerdo con la capacidad instalada para definir si el sistema de agua existente cumple con los estándares mínimos para la operación de hospitales. De acuerdo a la normativa de la OMS el hospital cumple con la dotación mínima de agua para la operación del hospital tomando como referencia la capacidad instalada y las atenciones promedio que realiza diariamente. Además, para garantizar la dotación de agua las 24 horas del día, este hospital cuenta con dos fuentes de abastecimiento.

Tabla 6.11 Proyección de consumo de acuerdo con la normativa de OMS (2016).

	Cantidad	Estándares*	Consumo Total
Pacientes Ambulatorios Diarios*	872	5 L/paciente	4360 L/d
Número de Camas	25	60 L/cama	1500 L/d
Personal de salud	50	60 L/p-d	3000 L/d
Visitantes pacientes hospitalizados	25	60 L/p-d	1500 L/d
Visitantes pacientes no hospitalizados	40	15 L/d	600 L/d
Limpieza del Centro de Salud, preparación de comida, limpieza de recipientes de almacenamiento		1000 L/d	1000 L/d
Cirugías*	2	100 L/Intervención	200 L/d
		Demanda de Agua	12,160 L/d (12.16 m³/d) (0.082 m³/min)

*Se consideran las 209,322 atenciones y se dividieron entre los doce meses y 20 días al mes que se brinda atención en el hospital. Se efectuó el cálculo con las 691 cirugías que se hacen de forma anual, se dividió entre doce meses y 30 días al mes. Son 78 personas las que laboran en el hospital, pero diariamente asisten 50 debido a las rotaciones.

6.3.6. Diagnóstico del Sistema de Tratamiento

El agua residual generada 10 m³/día, la cual es tratada mediante una PTAR que cuenta con un sistema de fosa séptica y 2 humedales artificiales para posteriormente realizar la descarga en el río Tipitapa que corre en el lado Sureste del hospital. La PTAR se encuentra en funcionamiento, pero no cuentan con análisis de calidad de agua de descarga. El hospital debe realizar los análisis de calidad de agua residual de manera cuatrimestral según el decreto 21-2017 para garantizar que la descarga no cause daños ni alteraciones al medio ambiente ni a la salud de la población

6.4. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA EN LOS PCC.

De acuerdo con los puntos establecidos como críticos para el control de la calidad de agua en la Figura 6.27 se muestra la ubicación espacial de los PCC donde se realizaron los muestreos para análisis de calidad de agua



Figura 6.28 Mapa de ubicación de los puntos de muestreo para análisis de calidad de agua HYM. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6.12 se muestran las coordenadas de los PCC donde se realizaron las muestras de calidad de agua con la descripción de cada punto.

Tabla 6.12 Tabla de coordenadas geograficas de los PCC.

MUESTREOS EN PUNTOS CRITICOS HOSPITAL YOLANDA MAYORGA TIPITAPA				
ITEMS	CODIGO	COORDENADAS		DESCRIPCION
		LATITUD	LONGITUD	
1	PM-01	12°12'18.54"N	86° 5'36.28"O	Llave próxima a entrada
2	PM-02	12°12'21.63"N	86° 5'33.36"O	Pozo de agua potable
3	PM-03	12°12'20.00"N	86° 5'33.06"O	Llave de hospitalización
4	PM-04	12°12'18.76"N	86° 5'33.20"O	Lavamanos de administración

Con base en los datos de calidad de agua obtenido en este estudio, el Hospital Yolanda Mayorga presentan los siguientes resultados de análisis de calidad de agua:

La Tabla 6.13 se presenta un resumen de los resultados de análisis por PCC en 4 puntos críticos del hospital, a saber, *a)* llave próxima a la entrada principal, *b)* pozo *c)* llave de Hospitalización y *d)* lavamanos de administración.

Resultados de análisis de calidad de agua comparados con la norma CAPRE la cual es la norma que establece los valores permisibles de los parámetros de calidad de agua de consumo humano en Nicaragua. Tomando los parámetros de referencia de los resultados históricos de calidad de agua y los considerados que puedan afectar directamente la salud y dañar los componentes del sistema.

Tabla 6.13 Resultados de análisis de calidad de agua de los PCC del HYM. (de enero a marzo 2021)

Resultados de análisis de agua HYM

Parámetros	Referencia (Norma CAPRE)	Unidad	Pozo	C. Entrada	Hospitalización	L. Admon
Coliformes totales	0	NMP	0.0	0.0	0.0	0.0
Coliformes fecales	0	NMP	0.0	0.0	0.0	0.0
Cloro residual	0.5-1.0	mg/L	0.0	0.1	0.5	0.5
pH	6.5-8.5	U. pH	8.5	7.9	8.3	8.2
Cloruros	250	mg/L	100.8	16.6	80.3	69.8
Fluoruros	0.7	mg/L	0.6	0.2	0.5	0.5
Sulfatos	250	mg/L	35.3	7.3	24.6	24.5
Calcio	100	mg/L	10.3	49.0	30.6	30.5
Magnesio	50	mg/L	8.5	16.3	8.6	14.0
Sólidos Disueltos Totales	1000	mg/L	470.0	413.0	438.6	305.5
Dureza Total	400	mg/L	59.0	190.0	112.0	137.5
Turbiedad	1	NTU	0.0	0.0	0.0	0.0
Potencial Redox		mV	84	95	88	90

Con relación a los resultados de los análisis de calidad de agua, los parámetros evaluados se encuentran dentro de los valores permisibles y máximos de la Norma CAPRE por lo cual el agua es apta para el consumo humano. Cabe señalar que el cloro libre residual es uno de los parámetros a los que más se le debe dar importancia, para garantizar la calidad microbiológica del agua a lo largo del sistema debido a que el cloro libre residual sigue actuando como oxidante debido al poder residual. No obstante si se toma de referencia el Potencial Redox en el pozo

antes de la desinfección y después de esta no hay una diferencias sustancial por lo que se puede determinar que la calidad del agua es alta, porque no hay presencia de coliformes y la concentración de solidos disueltos es baja.

En la Figura 6.28 se presentan los resultados de pH de los análisis realizados en el HYM los cuales se encuentra dentro del rango permisible.

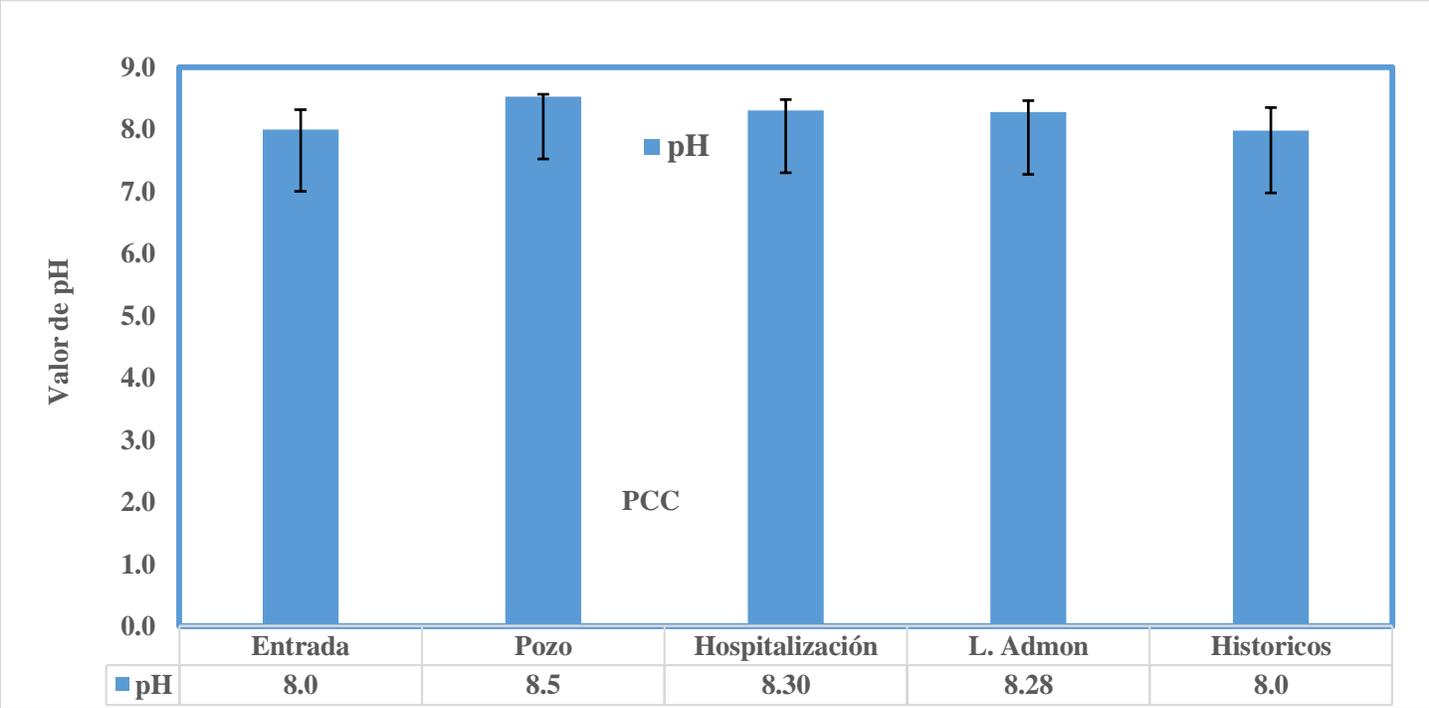


Figura 6.29 Resultados de análisis de pH HYM

Según los resultados de análisis de calidad de agua presentados en la Figura 6.29 no hay presencia de coliformes totales, no obstante, hay que tener una vigilancia del cloro libre residual al momento de abastecer al hospital mediante el pozo, debido a que solo se realiza desinfección con cloro y al momento de las inspecciones el sistema de cloración estaba fuera de servicio.

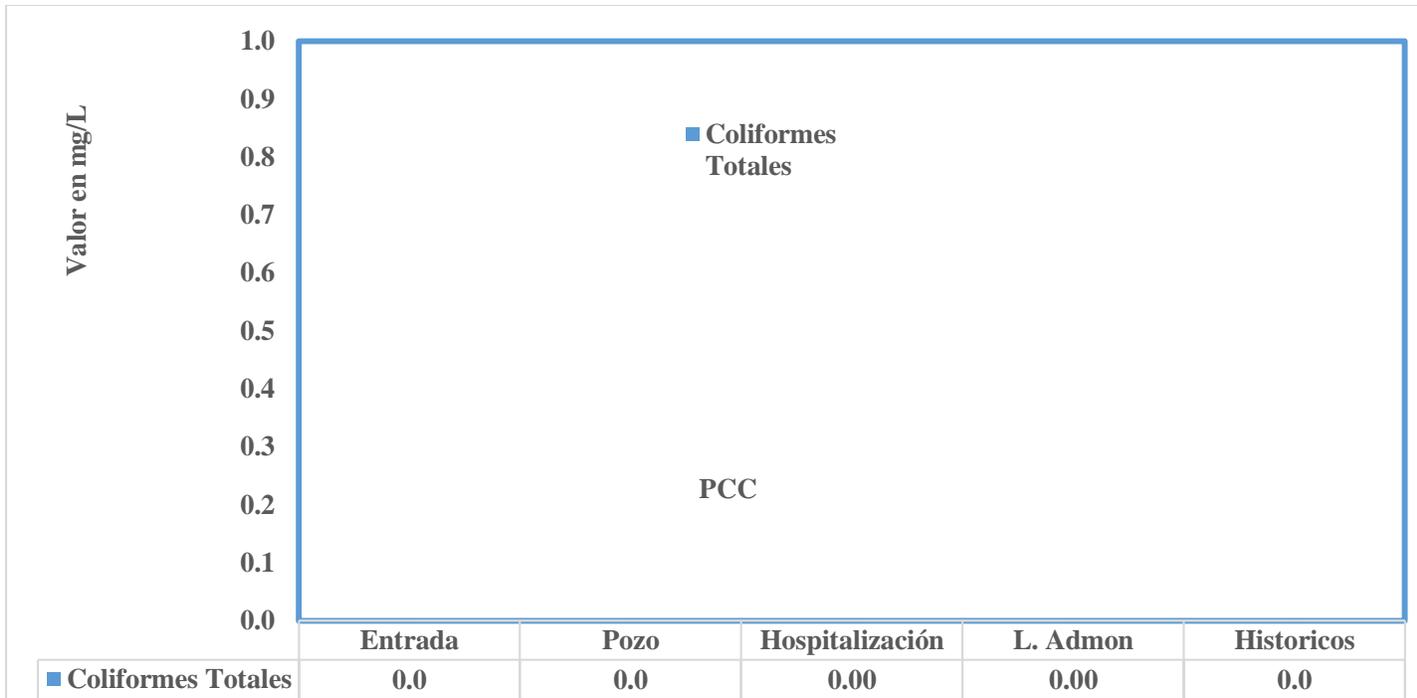


Figura 6.30 Resultados de análisis de coliformes totales HYM

En la Figura 6.30 se muestran los resultados de coliformes fecales en los 4 puntos de muestreo del HYM, donde no hay presencia y está dentro del valor permisible.

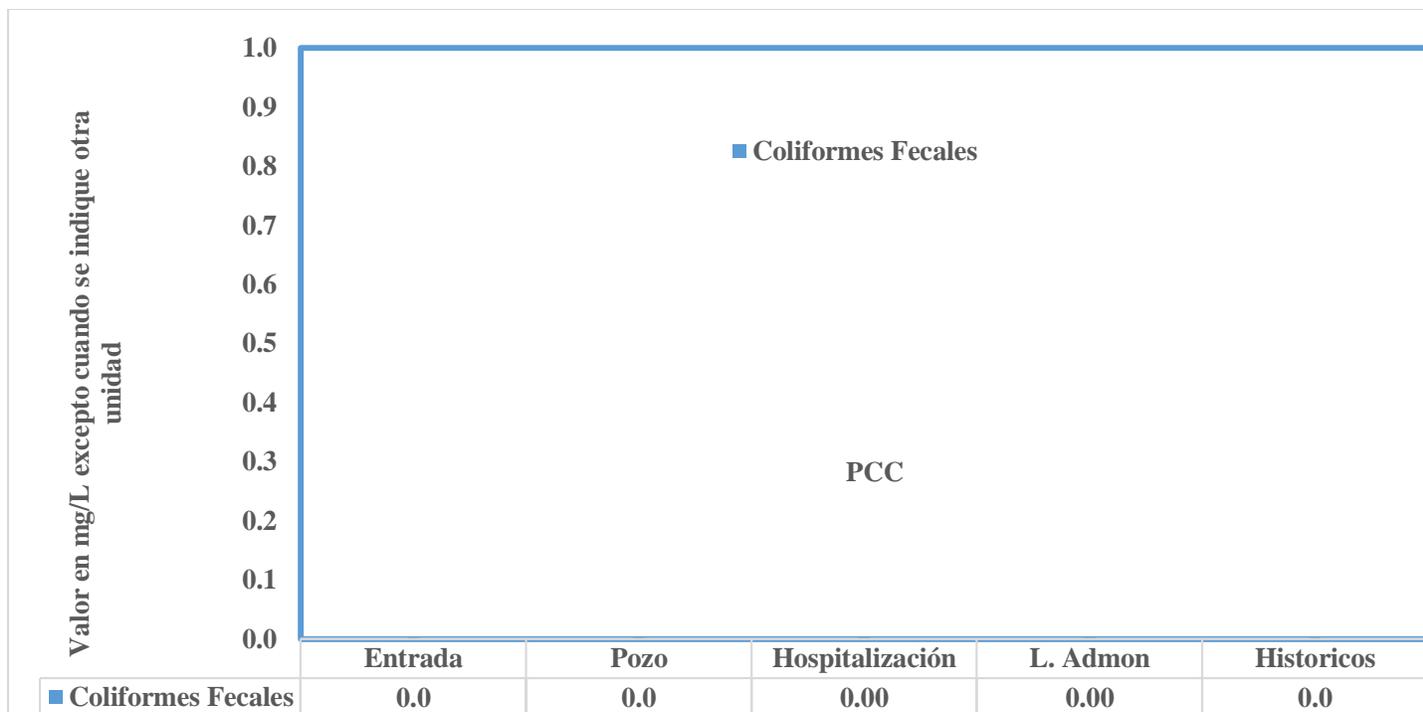


Figura 6.31 Resultados de análisis de coliformes fecales del HYM

El límite recomendado de cloruros en agua es de 25 mg/L y el máximo permisible es de 250 mg/L, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital presenta concentraciones de cloruros dentro del límite permisible. La importancia de medir este parámetro es que un valor elevado en agua puede causar problemas estomacales y renales en las personas al ser consumida regularmente, además de causar corrosión en los sistemas de agua. Las causas de presencia de concentraciones altas pueden ser por diversas causas, en su mayoría por contaminación de aguas residuales.

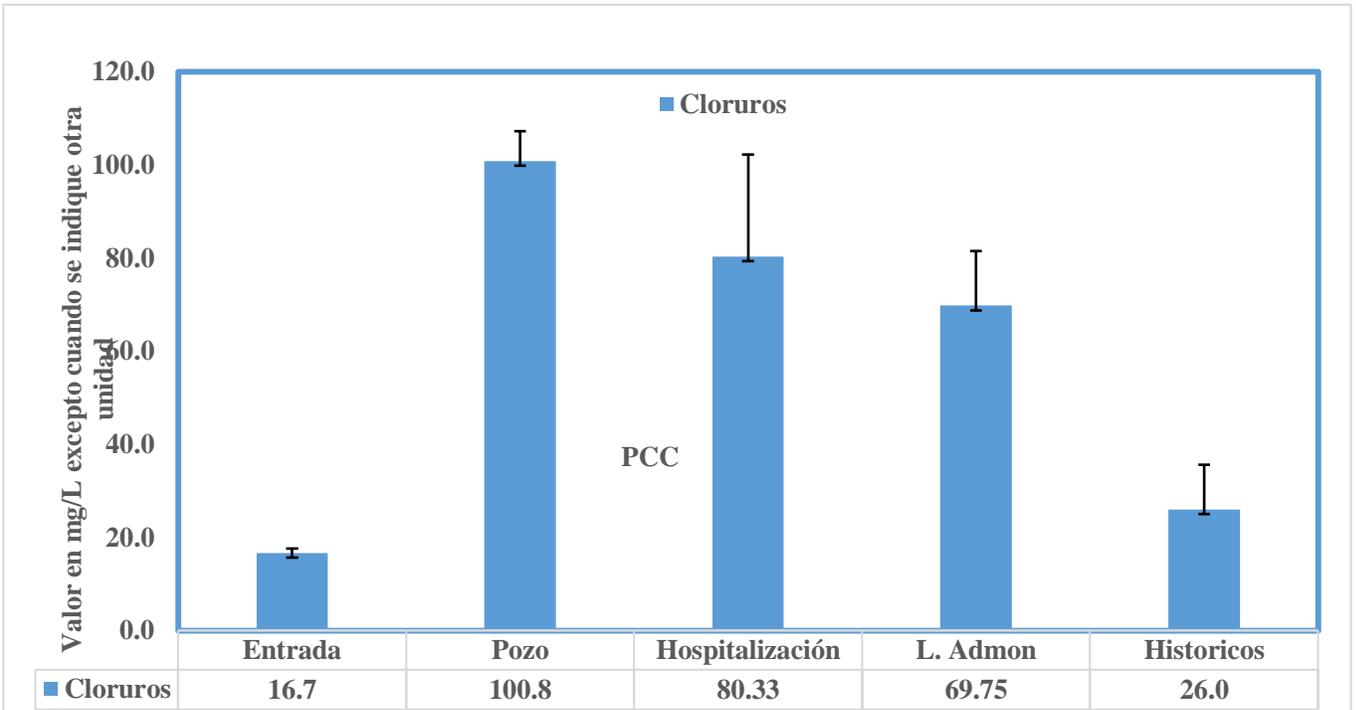


Figura 6.32 Resultados de análisis de cloruros del HYM

El rango permisible de flúor es de 0.7-1.5 mg/L, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital está dentro del rango permisible. La presencia de flúor en agua normalmente es de manera natural, pero también puede ser añadida y en algunas ocasiones es necesario dar suplemento especialmente a los niños para el desarrollo de los dientes y huesos.

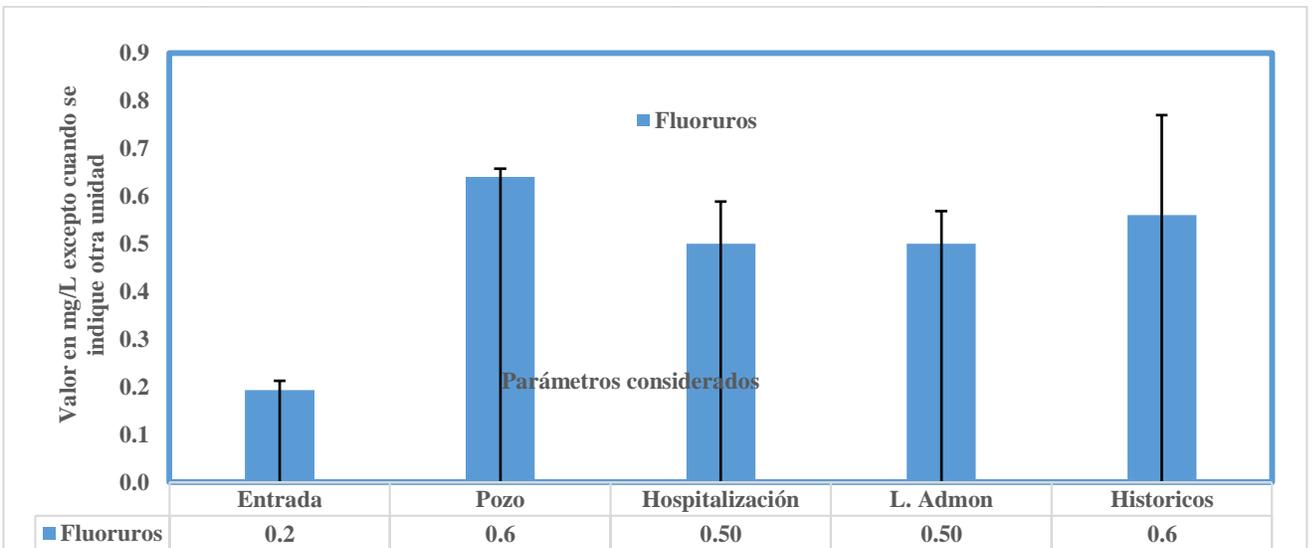


Figura 6.33 Resultados de análisis de fluoruros del HYM

El límite recomendado de sulfatos en agua es de 25 mg/L y el máximo permisible es de 250, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital presenta concentraciones de sulfatos dentro de los intervalos permisibles.

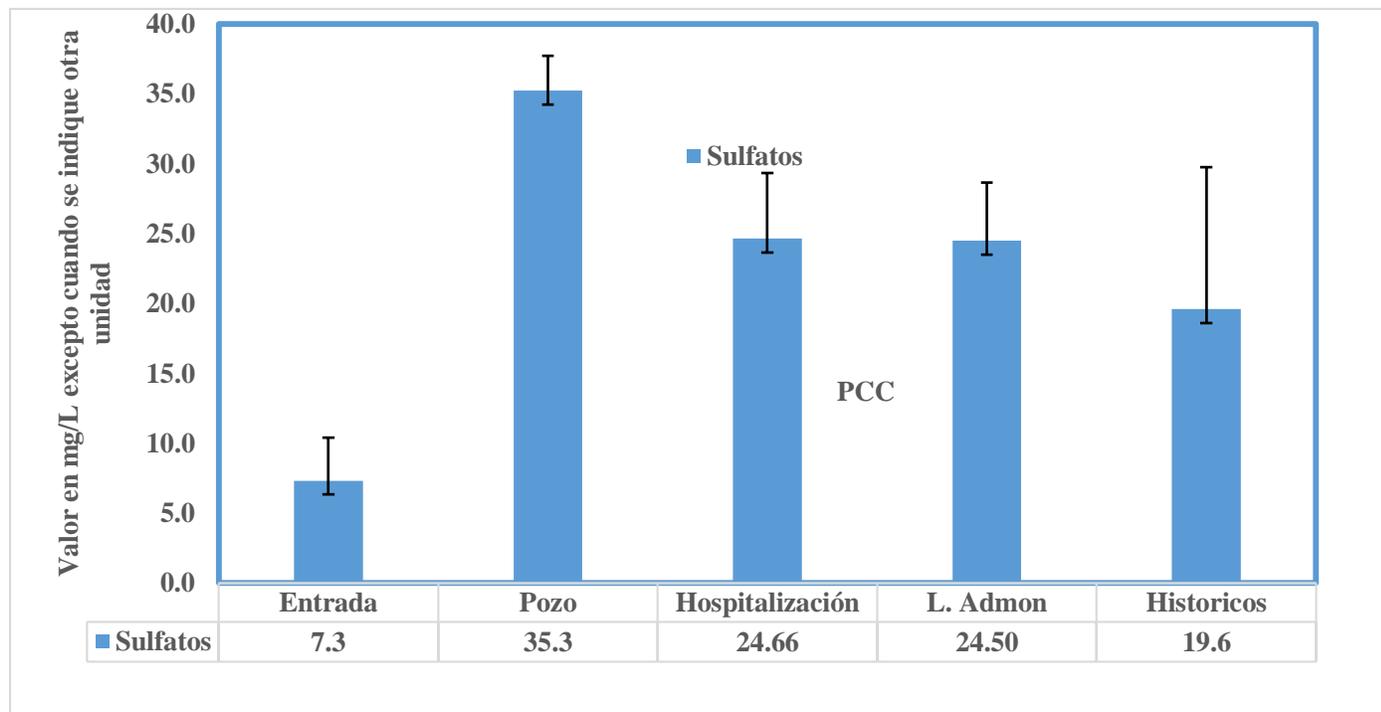


Figura 6.34 Resultados de análisis de sulfatos del HYM

El límite recomendado de calcio en agua es de 100 mg/L, de acuerdo con el resultado de los análisis realizados el agua del hospital presentado en la Figura 6.34 las concentraciones de calcio se encuentran dentro del valor recomendado.

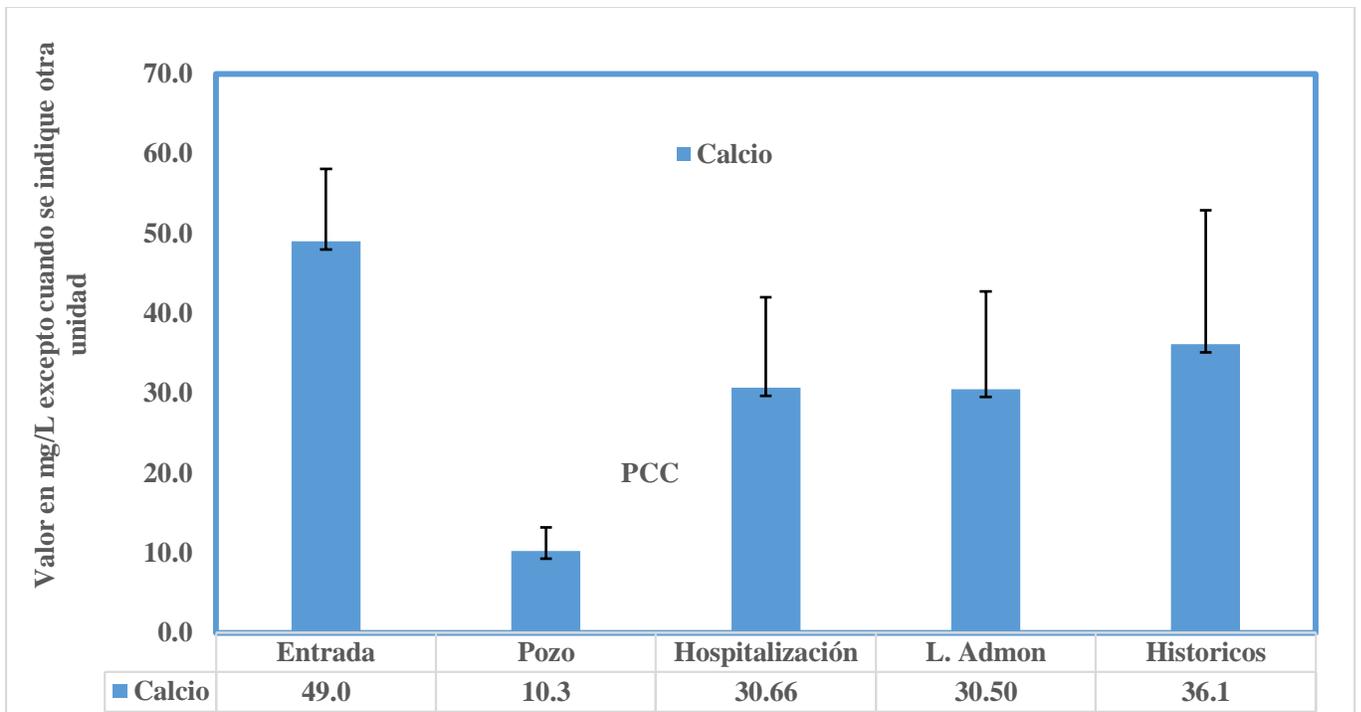


Figura 6.35 Resultados de análisis de calcio HYM

De acuerdo con el resultado de los análisis realizados de magnesio presentado en la Figura 6.35 el agua del hospital se encuentra dentro del rango permisible 30-50 mg/L.

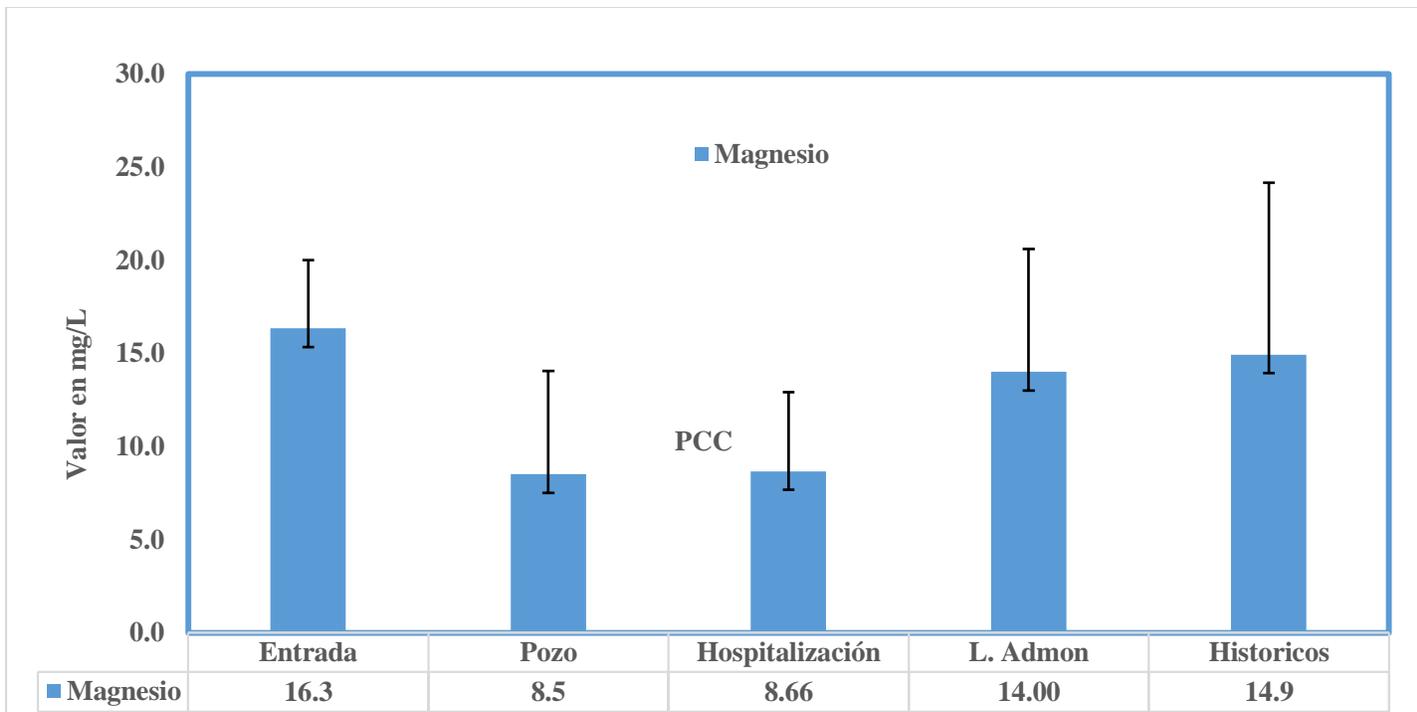


Figura 6.36 Resultados de análisis de magnesio del HYM

Los sólidos totales pueden estar asociado al cáncer, cardiopatías coronarias, y enfermedades cardíacas vasculares. En la Figura 6.36 se muestra que el valor de sólidos totales está por debajo del rango permisible lo cual indica un valor general de calidad de agua y de cantidad de iones y cationes presentes en el agua sin indicar que tipo.

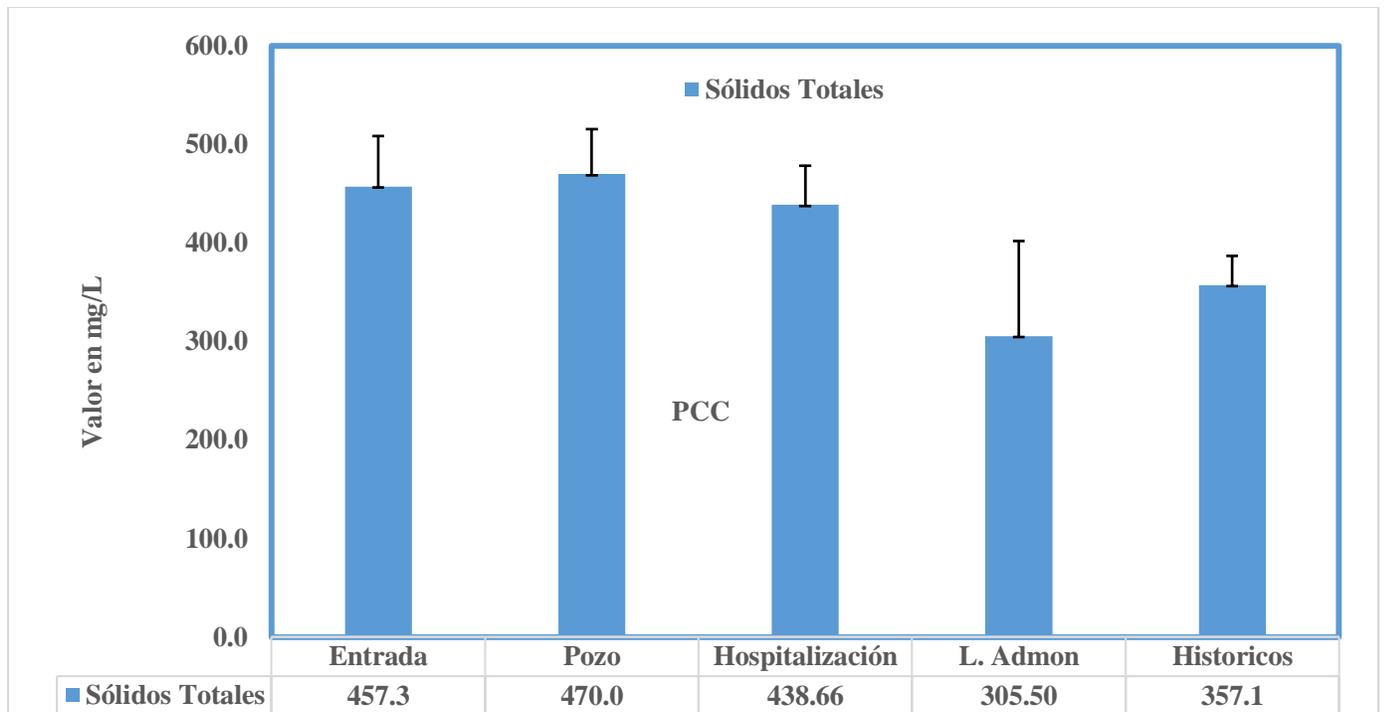


Figura 6.37 Resultados de análisis de sólidos totales HYM

La dureza en agua está asociada a problemas renales en las personas y deterioro de electrodomésticos y tuberías. El valor permisible en agua de consumo es de 400 mg/L y su presencia se debe a la presencia de caliza en los suelos. En resultados de los análisis de agua del hospital se encuentra dentro del rango permisible.

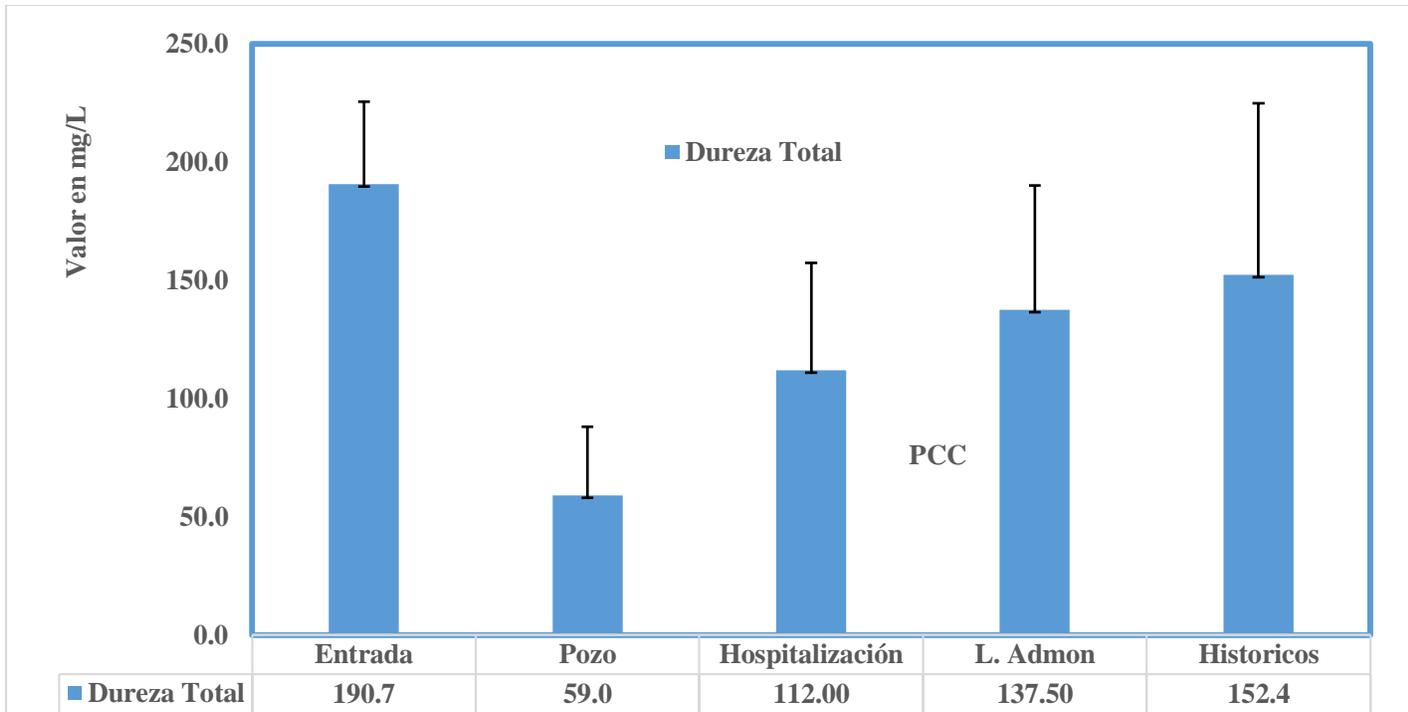


Figura 6.38 Resultados de análisis de dureza total del HYM

La norma CAPRE indica que el cloro libre residual en cualquier punto del sistema de agua debe estar entre 0.5 mg/L a 1 mg/L por lo que el agua cumple con el rango. La importancia del cloro libre residual es que puede mantener la calidad de agua a lo largo del sistema oxidando agentes externos que puedan alterar la calidad de agua, especialmente en la inactivación de microorganismos. En la Figura 6.38 se muestra que en 3 de los cuatro puntos se encuentra dentro del rango permisible, en la muestra del pozo no hay presencia de cloro porque no se encontraba operando y se tomó la muestra antes de la aplicación de cloro.

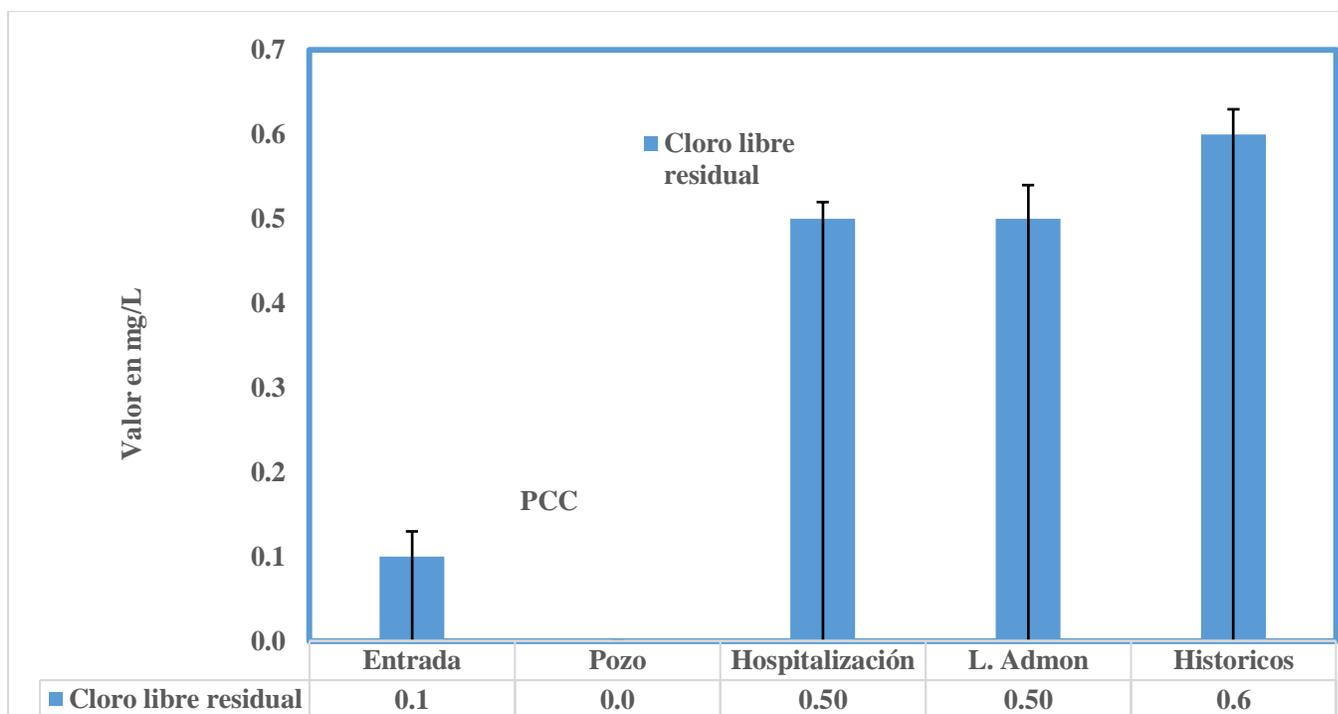


Figura 6.39 Resultados de análisis de cloro libre residual del HYM

Tomando como de referencia el Potencial Redox en el pozo antes de la desinfección y después de esta no hay una diferencia sustancial por lo que se puede atribuir a que la calidad del agua es alta, porque no hay presencia de coliformes y la concentración de solidos disueltos es baja. Sumando que en el sistema de distribución y almacenamiento se combina el agua del pozo con la de la red municipal.

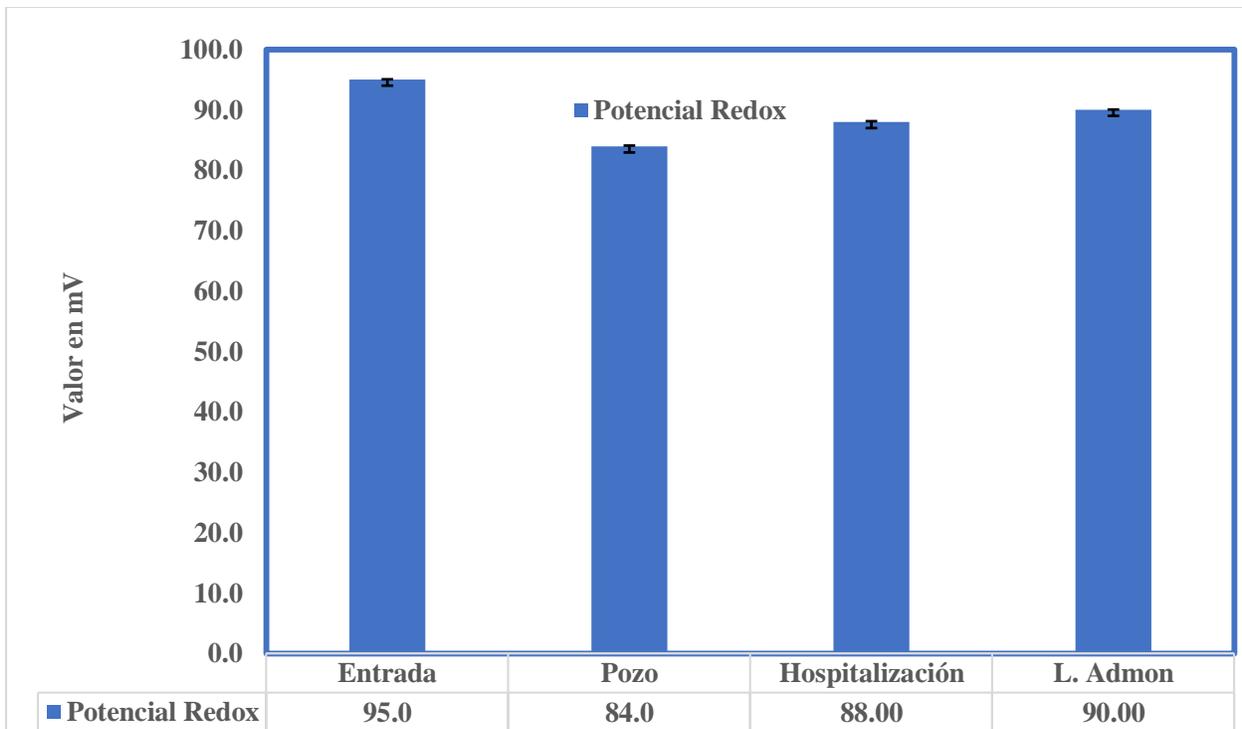


Figura 6.40 Resultados de análisis de cloro libre residual del HYM

Con base en los resultados en los diversos puntos muestreados para análisis de calidad de agua según los parámetros analizados el agua es apta para el consumo humano de acuerdo con los límites permisibles de la norma CAPRE. Pero debido a que el hospital Yolanda Mayorga se abastece por la red municipal y por un pozo propio, este debe garantizar que el sistema de cloración sea de manera continua al momento de estar funcionando, cumpliendo con la concentración de cloro libre residual entre 0.5 y 1.0 mg/L en todo el sistema. Al momento de la evaluación el sistema de cloración del pozo no se encontraba funcionando debido a que el dosificador estaba en mal estado, por lo que se debe hacer un mantenimiento correctivo e implementar planes de mantenimiento preventivo. Para un PSA, el monitoreo de calidad de agua es de suma importancia para poder asegurar que el agua no ocasionará ningún daño a la salud ni a los equipos y accesorios del sistema de agua del hospital.

7. PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA PARA LOS HOSPITALES BERTHA CALDERÓN ROQUE Y YOLANDA MAYORGA

En este apartado se determinan las medidas de control existentes para cada uno de los peligros detectados. Señalar en el plan de mejora medidas de atenuación o de control a corto, medio o largo plazo para cada riesgo significativo, reconociendo que estas medidas pueden controlar también otros riesgos menos importantes

7.1 Hospital Bertha Calderón Roque, HBCR

Las actividades del plan de mejora están enfocadas en garantizar y mantener la calidad del agua en todo el sistema de agua y alcanzar sistemáticamente las metas basadas en la salud mediante el control de la contaminación de las fuentes de agua a través de actividades de gestión de los puntos de abastecimiento, prevención de la recontaminación durante la distribución implementando un plan de mantenimiento preventivo y vigilancia activa de la calidad de agua. En los tanques de almacenamiento se debe garantizar una recirculación del agua y un mantenimiento que consista en limpieza, pintura y reparaciones necesarias que se presente por lo menos cada seis meses, esto debido a que según los análisis realizados el agua de los tanques de almacenamiento presenta coliformes totales fuera de los rangos permisibles de acuerdo a la Norma CAPRE. Tomando mejoras de bajo costo en la operación como reparación de fugas y compra de accesorios sanitarios de bajo consumo y prácticas de manejo (riego de áreas verdes en horas de menos calor y equipos de cierre automático para evitar derrochar agua) que pueden elevar la seguridad del agua, mejorar la eficiencia y reducir los gastos. Además de priorizar las necesidades de mejoramiento de la infraestructura física planificando un cambio de las tuberías que ya dieron su vida útil para evitar rupturas y con esto evitar contaminación y movilizar el apoyo financiero.

Con base en el análisis obtenido en la evaluación del sistema de agua del HBCR, el plan de mejoras debe considerar, la programación de limpieza, eliminar desechos inorgánicos y ornamentales de los alrededores de las dos fuentes de abastecimiento que se encontraban con desechos. Realizar análisis de cloro libre residual por lo menos 3 veces por semana y llevar el registro debido a que el área epidemiológica indicó que se realizaba 2 veces por semana, pero no hay un registro físico o digital del mismo. Además de realizar análisis bacteriológicos para coliformes totales y fecales mensualmente y fisicoquímico mínimo una vez al año para garantizar se cumpla lo recomendado en la Normativa 066.

Realizar un levantamiento del sistema de agua y elaborar planos hidrosanitarios del sistema de agua existente de los hospitales para tener un diseño de lo que realmente está instalado y poder planificar un mantenimiento preventivo tomando como referencia el cambio de tuberías y

accesorios que ya hayan dado su vida útil. Realizar pruebas hidrostáticas de ser posible por edificio para poder sectorizar el sistema, ello para asegurar que el sistema no tiene fuga y está en buen estado.

La Tabla 7.1 presenta la identificación de las debilidades del sistema, tanto en infraestructura como en riesgo de contaminación de la calidad de agua. Así mismo de las actividades necesarias para dar respuesta y poder garantizar agua en cantidad y calidad a los trabajadores y usuarios del hospital.

Se muestra que en el hospital Bertha Calderón hay tres puntos de mejoras en sus componentes uno es la fuente de abastecimiento debido a que no se garantiza una barrera que evite la introducción de personal no autorizado ni de desechos, los tanques de almacenamiento no tienen un programa de mantenimiento ni de recirculación de agua que garanticen la calidad de agua mientras esta almacenada antes de su uso y de evaluar el sistema de distribución y programar los cambios de tuberías y accesorios de ser necesarios.

Tabla 7.1 Actividades propuestas del plan de mejoras del sistema de agua de HBCR.

Componente del sistema	Fuente de peligro	peligro identificado	Tipo de peligro	Medida de control	Responsable de ejecución
Fuente de conexión de agua	Contaminación por desechos	Área de conexión sin perímetro de seguridad	Físico y Biológico	Realizar limpieza de las áreas y asegurar un perímetro que evite el acceso a personal no autorizado	Administración y servicios generales
Tanques de almacenamiento	Estancamiento del agua almacenada	Pérdida de calidad de agua	Biológico	Recircular el agua por lo menos 2 veces por semana. Mantenimiento preventivo cada 6 meses	Mantenimiento
Red de distribución	Tiempo de uso del sistema hidrosanitario	Contaminación por roturas de tubería	Físico y biológico	Realizar pruebas hidrostáticas para identificar fugas y realizar mejoras de ser necesario	Dirección y administración

7.2. Hospital Yolanda Mayorga

El plan de mejoras para el sistema de agua del HYM son, realizar mantenimiento preventivo del clorador, el cual consistiría en cambio de tubería para dosificar según recomendaciones del fabricante, calibrar el dosificador, también garantizar el abastecimiento de cloro como mínimo 30 galones de cloro al 12% al mes. Además, para garantizar la potabilización del agua del pozo se requiere llevar un registro de por lo menos 4 veces al día del cloro residual mientras está en funcionamiento el pozo o instalar un medidor en línea. Realización de análisis de calidad de agua según la norma CAPRE o los parámetros de la Tabla 6.10 que son los que se han realizado históricamente.

Como se puede observar en la Tabla 7.2 el agua del pozo no está siendo clorada, lo que podría incidir en la presencia de coliformes totales y/o fecales en el sistema de almacenamiento y distribución, además de ser un parámetro de análisis según la norma CAPRE. Otra actividad urgente es la reparación de una de las bombas de impulsión debido que al momento de las inspecciones sólo una estaba habilitada y el operador refería que la otra estaba dañada, así como garantizar que el agua contenga los niveles de cloro entre 0.5 y 1 mg/L para posteriormente ser almacenada en la cisterna y ser distribuida en el hospital.

Además de elaborar los manuales de operación y mantenimiento de la PTAR para garantizar que el tratamiento de las aguas residuales cumple con la calidad para descargar directamente al cuerpo receptor.

Tabla 7.2 Actividades propuestas del plan de mejoras HYM

Componente del sistema	Fuente de peligro	Peligro identificado	Tipo de peligro	Propuesta de mejora
Clorador	Falta de aplicación de cloro de manera continua.	Falta de cloro y mantenimiento de los equipos. Operador sin capacitación	Biológico	Presupuesto para la aplicación de cloro trimestralmente, Mantenimiento preventivo y correctivo. Capacitación del operador.
Cisterna de abastecimiento	Deficiencia en la limpieza y desinfección. Falta de mantenimiento en	No hay programa de mantenimiento Preventivo.	Físico y biológico	Realización de programa de mantenimiento preventivo y correctivo

	las bombas impulsoras	El mantenimiento preventivo y correctivo es deficiente. Solo se encuentra en funcionamiento una de las dos bombas impulsoras		
Sistema de tratamiento de aguas residuales	Descargas de aguas residuales	No cuentan con plan de operación, mantenimiento y monitoreo. Posible contaminación de suelos y aguas	Biológico	Cumplir con el mantenimiento y monitoreo de las descargas de aguas residuales.

Además de elaborar Plan de Manejo del Agua Residual Tratada (sistema de tratamiento de aguas residuales y su potencial de reúso). En el diagnóstico se determinó que debía realizar muestro de las aguas residuales cada 3 meses según el decreto 21-2017 en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales. Y el Plan de Control y Seguimiento (plan de monitoreo, registro y control de los parámetros de vigilancia del agua, registro y control del sistema de tratamiento de aguas residuales).

7.3. Propuesta de implementación de PSA para los dos hospitales modelos.

Objetivo específico No 1: Proponer una metodología que facilite la elaboración del Plan de Seguridad del Agua para los Hospitales modelos en estudio.

Para la implementación del Plan de Seguridad del Agua en los Hospitales modelos se elaboró las funciones para cada miembro del equipo de dirección y del comité de seguridad del Agua.

1) Equipo de dirección

Directora del Hospital Modelo

- Coordina e informa al equipo de dirección para la implementación de actividades, planes, cumplimiento de normas y procedimientos del Plan de Seguridad del Agua del hospital modelo.
- Controla y garantiza el cumplimiento del PSA.
- Coordina con la alcaldía municipal para asesoría técnica, acompañamiento y cumplimiento de la regulación en el manejo de la calidad del agua según la normativa.
- Da a conocer a todo el personal el Plan de Seguridad del Agua del hospital.
- Informa al nivel superior sobre los avances del seguimiento para asegurar el agua de consumo humano del hospital.

Al poner un responsable directo del cumplimiento y que a su vez es el director administrativo del hospital, se puede garantizar que la implementación sea sostenida.

Subdirector médico

- Coordina las actividades que se realizan del PSA con los responsables de cada área de atención.
- Garantiza con los recursos de atención de cada área el cumplimiento a la programación del muestreo de las fuentes de agua.
- Participa en los análisis y evaluación del PSA según resultados obtenidos del hospital.
- Da seguimiento al cumplimiento de la programación del muestreo de agua desde la fuente y los diferentes puntos de muestreo de los hospitales modelos.
- Coordina con los jefes de áreas el monitoreo del muestreo de los diferentes puntos.
- Garantiza el cumplimiento de las normas de 066 vigilancias de la calidad del agua de consumo humano y prevención de infecciones adquiridas en la atención en salud.

De esta manera concientizar al personal médico de la importancia del PSA aunque no sea algo que sea directamente de su área de labores. Y con esto involucrar a todo el personal.

Administradora del Hospitales modelo

- Planifica y gestiona el presupuesto del plan de PSA, para la compra de materiales necesarios para garantizar dicha vigilancia.

- Participa en los monitores y coordinaciones para el cumplimiento del muestreo e intervenciones de manera correctiva inmediata o a corto plazo.
- Da seguimiento a los acuerdos de las coordinaciones con la alcaldía municipal para el tratamiento del agua de consumos humano según las normativas establecidas.

En Nicaragua el factor económico es una de las debilidades que se tiene al implementar sistemas de gestión, debido a que no se sostiene a lo largo del tiempo, por esta razón es que los administradores deben incluir en el presupuesto y tomarlo como una actividad permanente dentro del hospital.

Epidemióloga del Hospitales modelos

- Da seguimiento al plan de monitoreo y evaluación de los PSA del hospital.
- Da seguimiento a los indicadores del PSA e informa los avances en las reuniones con el equipo al equipo de dirección.
- Realiza análisis de la situación epidemiológica del hospital y los accidentes laborales
- Coordina la supervisión para el cumplimiento de las actividades del plan del manejo del agua de consumo humano.
- Forma parte del comité de PSA y participa en las actividades planificadas.
- Forma parte del equipo de divulgación y educación dirigido a pacientes, acompañantes y visitas en la preservación del agua.

Jefatura de enfermería de los Hospitales Modelos

- Coordina las actividades del PSA que se realizan con el personal de enfermería.
- Coordina con los jefes de enfermería de cada área o servicios el cumplimiento del muestreo de los puntos desde la fuente de agua.
- Realiza monitoreo del cumplimiento del PSA, almacenamiento transporte interno y disposición final de los hospitales modelos
- Participa en los análisis y evaluaciones del PSA del hospital

Docencia de los hospitales modelos

- Coordina la elaboración del plan docente para capacitar a todo el personal en la vigilancia de la calidad del agua de consumo humano normativa 066.
- Da seguimiento al cumplimiento del cronograma de capacitación y de charlas educativas.
- Supervisa el cumplimiento de los protocolos de atención y normativas de vigilancia de la calidad de agua de consumo humano del hospital.
- Forma parte del equipo de monitoreo y evaluación para el cumplimiento del plan gestión integral del PSA.

Recursos humanos

Contratar los recursos humanos del hospital de acuerdo con las necesidades por perfil cumpliendo con las normas de contratación.

Garantiza el desarrollo profesional, cumplimiento de los planes de formación técnicas de los recursos humanos del hospital en la vigilancia de la calidad del agua.

Realiza promociones técnicas interna de los recursos humanos de acuerdo con sus perfiles.

Planificación

Planifica los recursos físicos, técnicos y financieros para el cumplimiento del PSA del hospital.

Registra información de infecciones nosocomiales producidas en el hospital y de accidentes laborales.

Facilita la Información para el análisis mensual del comité del resultado del muestreo de las fuentes de aguas georreferenciadas.

Para medir el cumplimiento del plan de PSA se elaboraron los siguientes indicadores

- 1- Porcentaje del personal capacitado en manejo de PSA del Hospital.
- 2- Porcentaje de áreas del hospital aplicando muestreos a las fuentes de aguas.
- 3- Porcentaje de resultados negativos o positivos según área muestreo
- 4- Porcentaje de muestras tomadas según programación.
- 5- Porcentaje de servicios aplicando normativas para la preservación del agua de consumo humano.

- 6- Porcentaje de servicios aplicando normativa de conservación de agua en recipientes en las diferentes áreas.
- 7- No. de convenios de cooperación interinstitucional.
- 8- Porcentaje del personal que realiza el muestreo del agua periódico y/o según programación.

Para la elaboración del PSA es necesario realizar las planificaciones previas, saber cuáles son las necesidades y los recursos con los que se dispone y de esta manera elaborar un plan que permita dar respuesta a las debilidades o problemáticas del sistema de agua. Designar un equipo en el cual participe personal de todas las áreas con responsabilidades asignadas para garantizar el cumplimiento del PSA.

El equipo debe ser capacitado en temas de agua y apropiarse del PSA, realizar un diagnóstico y preparar un plan de acción combinado con un presupuesto que pueda garantizar la gestión del agua a través del tiempo. Actualmente la mayor debilidad que presentan los hospitales es la falta de presupuesto para garantizar la implementación de un PSA.

Realizar monitoreo de calidad de agua, toma de cloro libre residual al menos 2 veces por semana, análisis bacteriológico mensualmente y fisicoquímico al menos una vez al año. Hacer monitoreo de la red de agua y realizar mantenimientos preventivos y correctivos de equipos y accesorios.

Mantener un monitoreo activo del control y seguimiento con el fin de asegurar que se dé el cumplimiento de lo planteado en el PSA y promover la mejora continua. Sobre todo, garantizar que dentro del presupuesto de cada hospital se incluya la seguridad del agua.

8. CONCLUSIONES

A partir de la evaluación física y operativa de los componentes del sistema de abastecimiento de los Hospital Bertha Calderón y Hospital Primario Yolanda Mayorga se establece que, de acuerdo con los resultados históricos de calidad de agua del hospital proporcionados por la autoridad competente, los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles según la norma CAPRE.

A partir de los resultados reportados para el año 2020 (HBCR 2020) en los tres puntos que toman para el muestreo. Los resultados indican que el agua presenta una concentración de cloro libre residual de acuerdo con la normativa. Los valores fueron proporcionados por el área de epidemiología del HBCR donde se tomó el promedio de cada punto de muestreo.

De acuerdo con los datos obtenido de los resultados históricos el agua es apta para el consumo humano, pero se debe ampliar el número de puntos de muestreos para análisis bacteriológicos para tener una referencia de las diferentes áreas del hospital y de intercalar los puntos de toma de cloro libre residual para asegurar que la concentración de cloro se mantiene a lo largo del sistema de agua del hospital.

El sistema de almacenamiento cuenta con una conexión exclusiva y este sólo se utiliza en caso de emergencias, por lo cual se debe realizar recirculación del agua de los tanques de almacenamiento para mantener la calidad de agua con la que entra a los mismos, debido a que al estar el agua almacenada la concentración de cloro disminuye y según los resultados de los análisis históricos hay presencia de coliformes totales y se atribuye a que el agua no se recircula o utiliza.

Con relación al análisis de los resultados de calidad de agua en el tanque #1 la calidad de agua no se encuentra apta para el consumo humano según los parámetros de calidad de la Norma CAPRE. La norma establece que el parámetro de pH, tiene un valor permisible entre los 6.5 a 8.5, y el cloruro un valor máximo de 0.7 mg/L y como se observa en el Tanque 1 el pH se encuentra muy cercano al valor máximo permisible lo cual es atribuible a la falta de mantenimiento del tanque ya que es metálico y al no recircular el agua esta va concentrando esos valores. Además, presenta 0 mg/L de cloro libre residual y 9 NMP de Coliformes totales en el tanque, por lo que no cumple con la referencia de 0 de NMP determinando que el agua del tanque 1 no es apta para el consumo al momento del estudio.

Por lo cual se debe realizar mantenimiento del tanque mínimo dos veces al año y realizar recirculación del agua tres veces a la semana o diariamente de ser posible.

Para el hospital Bertha Calderón Roque se debe realizar una mejora en la seguridad y limpieza de los puntos de abastecimiento para prevenir accesos no autorizados, ruptura de tubería y contaminación cruzada. Realizar mantenimiento en los tanques de almacenamiento al menos dos veces al año y garantizar que se realiza recirculación del agua para mantener la calidad.

El hospital Yolanda Mayorga, se abastece mediante una conexión de la red de agua potable municipal y un pozo propio, la red municipal es administrada por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) la cual proviene de un pozo subterráneo y solamente se le aplica desinfección con cloro para su potabilización. Al pozo del hospital se le realiza desinfección con cloro por parte del MINSA.

Tal y como se observa en la Tabla 6.9 se describen las características generales del sistema: abastecimiento, sistema de potabilización, capacidad de almacenamiento, consumo promedio mensual calculado y facturado.

Se tomaron los resultados anuales de los años 2017, 2018 y 2019, los cuales fueron proporcionados por el CNDR. En los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de la Tabla 5.2 los resultados están dentro de los intervalos recomendados por la Norma CAPRE, cabe señalar que solamente tienen un punto de muestreo en el área de emergencia.

En la Tabla 6.10 se presentan los resultados de los análisis de calidad de agua de los 3 años, así como un promedio de estos. Se realizó el promedio debido que los parámetros no presentan variaciones sustanciales a través del tiempo evaluado.

De acuerdo con los resultados históricos de calidad de agua del hospital proporcionados por la autoridad competente los parámetros no cambian significativamente en los tres años y el abastecimiento es mediante agua subterránea por lo que se mantiene la calidad de agua tanto en época de lluvia y época seca. Determinando que el agua es apta para el consumo humano debido a que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles según la norma CAPRE. La Tabla 6.10 presenta resultados de los parámetros analizados por el CNDR los cuales como se observan cumple con los valores establecidos en la norma CAPRE.

De acuerdo con la norma de habilitación del MINSA 080, los tanques y/o cisternas de almacenamiento debe tener la capacidad de almacenar por tres días la demanda diaria de las áreas esenciales, es decir que el volumen de todos los componentes de almacenamiento debería ser $(12,160 \times 3)$ de 36,500 litros (36.5 m^3).

En la Tabla 6.11 se muestra la proyección de consumo de acuerdo con la capacidad instalada para definir si el sistema de agua existente cumple con los estándares mínimos para la operación de hospitales. De acuerdo a la normativa de la OMS el hospital cumple con la dotación mínima

de agua para la operación del hospital tomando como referencia la capacidad instalada y las atenciones promedio que realiza diariamente. Además, para garantizar la dotación de agua las 24 horas del día, este hospital cuenta con dos fuentes de abastecimiento.

De acuerdo con los puntos establecidos como críticos para el control de la calidad de agua en la Figura 6.27 se muestra la ubicación espacial de los PCC donde se realizaron los muestreos para análisis de calidad de agua

La Tabla 6.13 se presenta un resumen de los resultados de análisis por PCC en 4 puntos críticos del hospital, a saber, *a)* llave próxima a la entrada principal, *b)* pozo *c)* llave de Hospitalización y *d)* lavamanos de administración.

Los resultados de análisis de calidad de agua comparados con la norma CAPRE la cual es la norma que establece los valores permisibles de los parámetros de calidad de agua de consumo humano en Nicaragua. Tomando los parámetros de referencia de los resultados históricos de calidad de agua y los considerados que puedan afectar directamente la salud y dañar los componentes del sistema.

Con relación a los resultados de los análisis de calidad de agua, los parámetros evaluados se encuentran dentro de los valores permisibles y máximos de la Norma CAPRE por lo cual el agua es apta para el consumo humano. Cabe señalar que el cloro libre residual es uno de los parámetros a los que más se le debe dar importancia, para garantizar la calidad microbiológica del agua a lo largo del sistema debido a que el cloro libre residual sigue actuando como oxidante debido al poder residual.

Según los resultados de análisis de calidad de agua presentados en la Figura 6.29 no hay presencia de coliformes totales, no obstante, hay que tener una vigilancia del cloro libre residual al momento de abastecer al hospital mediante el pozo, debido a que solo se realiza desinfección con cloro y al momento de las inspecciones el sistema de cloración estaba fuera de servicio.

La norma CAPRE indica que el cloro libre residual en cualquier punto del sistema de agua debe estar entre 0.5 mg/L a 1 mg/L por lo que el agua cumple con el rango. La importancia del cloro libre residual es que puede mantener la calidad de agua a lo largo del sistema oxidando agentes externos que puedan alterar la calidad de agua, especialmente en la inactivación de microorganismos. En la Figura 6.38 se muestra que en 3 de los cuatro puntos se encuentra dentro del rango permisible, en la muestra del pozo no hay presencia de cloro porque no se encontraba operando y se tomó la muestra antes de la aplicación de cloro.

Con base en los resultados en los diversos puntos muestreados para análisis de calidad de agua según los parámetros analizados el agua es apta para el consumo humano de acuerdo con los

límites permisibles de la norma CAPRE. Pero debido a que el hospital Yolanda Mayorga se abastece por la red municipal y por un pozo propio, este debe garantizar que el sistema de cloración sea de manera continua al momento de estar funcionando, cumpliendo con la concentración de cloro libre residual entre 0.5 y 1.0 mg/L en todo el sistema.

El hospital Yolanda Mayorga debe solicitar a las autoridades superiores del MINSA las mejoras del sistema de cloración del agua, el cambio de una de las bombas ya que se encuentra dañada y dar mantenimiento al sistema de cloración. El hospital debe prestar atención al cumplimiento del empoderamiento de su personal en las funciones que desempeña lo que permitirá realizar sus labores de manera correcta y alargar la vida útil de los equipos. Asignar un presupuesto para dar cumplimiento al plan de mantenimiento y el monitoreo de calidad de agua potable y agua residual.

De acuerdo a los diferentes parámetros analizados y tomando en cuenta la sensibilidad epidemiológica de las áreas se han determinado los PCC. Tomando en cuenta la entrada de agua al sistema y en diferentes puntos del hospital los PCC del hospital Bertha Calderón los componen entrada del sistema de abastecimiento de agua, emergencia, Nutrición, consulta externa, UCI, L. administración, tanque 1 y tanque 2, el Hospital Primario Yolanda Mayorga lo conforman Entrada, pozo, hospitalización, L. Administración para tener una muestra representativa de todo el sistema.

Los parámetros a tomarse en cuenta son para ambos hospitales Coliformes totales y fecales, cloro residual libre, PH, cloruros, flúor, sulfatos, calcio. Dureza, Magnesio, Sólidos totales

Los resultados históricos de calidad del agua en comparación con los parámetros analizados estos se encuentran dentro de los límites permisibles según la norma CAPRE, siendo los parámetros analizados coliformes totales, coliformes fecales, cloro residual libre, PH, cloruros, Fluoruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, Sólidos disueltos totales, dureza total, Turbiedad, potencial Redox, según los resultados obtenidos por parámetro analizado se concluye que se encuentran dentro de los límites permisibles, por lo que se debe mantener la vigilancia constantes de estos parámetros por lo menos una vez al año.

En ambos hospitales, se propone elaborar plan de acción y vigilancia de la calidad del agua (inspección a la fuente de abastecimiento, inspección al sistema de potabilización, toma de cloro residual, análisis bacteriológicos (coliformes total y coliformes fecal, cloro libre residual) y fisicoquímicos (PH, cloruros, fluoruros, sulfatos, calcio, magnesio, sólidos disueltos totales, dureza total, turbiedad, potencial redox), según norma aplicable, plan de mejoramiento del sistema de distribución y almacenamiento (este plan de mejoramiento consiste en la evaluación de los componentes de la red de distribución y almacenamiento, programa de mantenimiento preventivo y correctivo (como ejemplo identificar las rupturas de la tubería, cambios de grifos

dañados, filtración de llaves de pase y su reemplazo) y el Plan de Mejora Continua (evaluación sistemática del PSA, supervisión de las mejoras por punto control, elaboración y seguimiento de metas calendarizadas para su cumplimiento).

9. REFERENCIAS

- Agua, O. I. d., 2009. Organización de la gestión del agua en Francia. Paris: s.n.
- Alvariño, C. R., 2008. Aguas residuales generadas en hospitales. INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, XXIX(2).
- Arboleda, J., 2000. Teoría y práctica de la purificación del agua. Santa Fe de Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A..
- Argueta, M., 2008. Avances de los Planes de Seguridad del agua (PSA) en LAC. Paraguay, s.n.
- Asociación Esfera, 2018. El manual esfera, carta humanitaria y normas mínimas para la respuesta humanitaria. Ginebra: s.n.
- Barreda, E., 2021. Nicaragua avanza satisfactoriamente en temas de agua potable y saneamiento [Entrevista] (21 Marzo 2021).
- Baum, R. B. J., 2018. A systematic literature review of the enabling environment elements to improve implementation of water safety plans in high-income countries.. J. Water Health , Volumen 16, pp. 14-16.
- Bay, U. o. W. G., 2005. The lower fox river. [En línea] Available at: <http://www.uwgb.edu/watershed/data/monitoring/turbidity.htm>
- Bernal, A., 2009. Elementos para la formulación de planes de mejoramiento de la calidad de agua para consumo humano. Bogota: s.n.
- Blog, s.f. Usos y aplicaciones de las técnicas potenciométricas. [En línea] Available at: <http://potenciometria.blogspot.com/2012/03/usos-y-aplicaciones-de-las-tecnicas.html>
[Último acceso: 1 Noviembre 2019].
- CAPRE, 1993. Norma Regional CAPRE. San José: CAPRE.
- CONAGUA, 2015. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México: s.n.
- CONAGUA, 2015. Plan de seguridad del sistema de abastecimiento de agua para la cabecera municipal de la independencia, Chiapas, México., Ciudad de México: CONAGUA.

CONAGUA, 2015. Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Ciudad de México: s.n.

CONAGUA, 2020. Sistema Nacional de Información del Agua, Ciudad de México: s.n.

Council, N. H. a. M. R. C. & N. R. M. M., 2004. National Water Quality Management Strategy: Australian Drinking Water Guidelines, Australia: s.n.

Dennis Schmiede, M. E. V. Z. B. R., 2020. Comparing the German enabling environment for nationwide Water Safety Plan implementation with international experiences: Are we still thinking big or already scaling up. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 228(113553).

Dennis Schmiede, M. E. V. Z. B. R., 2020. Comparing the German enabling environment for nationwide Water Safety Plan implementation with international experiences: Are we still thinking big or already scaling up?. International Journal of Hygiene and Environmental Health, Issue 228.

Departamento de Salud del Estado de Washington. N.p., N., 2017. Bacterias coliformes en el agua potable. [En línea] Available at: <https://doh.wa.gov/community-and-environment/drinking-water/contaminants/coliform> [Último acceso: 2021].

DGN, S. d. E., 2012. Análisis de agua - medición de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- método de prueba - parte 1 - método de refluo abierto - (cancela a la NMX-AA-030-SCFI-2001).. México: s.n.

Díaz, C. y otros, 2013. Estado actual de la incorporación de los planes de seguridad del agua en Colombia. Cancun, México, s.n.

Edificaciones, C. d. c. d. i. h. y. s. e., 2014. Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones. San José: Editorial tecnológica de Costa Rica.

EPA, 2020. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. [En línea] Available at: <https://espanol.epa.gov> [Último acceso: Diciembre 2020].

ESPINO-VALDÉS, M. S. V. M. d. L. H. P. S. M. A. y. D. L. G.-A. R., 2016. Importancia de la Norma Oficial Mexicana para la Calidad del Agua de Consumo. Una Visión Crítica. Revista de Negocios & PyMES, pp. 29-35.

Etienne, G., 2009. PAHO. [En línea] Available at: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/potabytrat.pdf> [Último acceso: 05 Octubre 20019].

Gerrero, L. y. S. A., 2011. veoliawatertechnologies. [En línea] Available at: <http://www.veoliawatertechnologies.es/vwst-iberica/ressources/documents/1/6211,nanofiltracion.pdf> [Último acceso: Octubre 2019].

JAPAC, 2016. JAPAC. [En línea] Available at: <https://japac.gob.mx/2016/06/20/descubre-como-afecta-el-ph-al-agua/> [Último acceso: 2020].

Jiménez Saldaña, J. A., 2016. Formulación de un plan de seguridad de agua (PSA) en la operación de un sistema portátil de potabilización para la atención de damnificados en un contexto de desastre. Lima: s.n.

Jiménez, B., 2001. Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México.. México, DF: LIMUSA, Noriega Editores.

Leal Ascencio, M., 2014. Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones. Ciudad de Mexico: IMTA.

Marchan Pajares, E., 2017. Microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo humano en Lima metropolitana. LIMA: UNMSM.

Maria Eugenia de la Peña, B., 2016. Agua y Saneamiento, Alemania: BID.

Martínez-Austria, P. F., 2013. Los retos de la seguridad hídrica. Tecnologías y Ciencias del Agua, 4(5).

Metcalf & Eddy, I., 2003. Wastewatwr Engineering, Treatment and Reuse. Cuarta edición ed. s.l.:MacGraw Hill.

Ministerio de Salud, N., 2011. Normativa 066. Managua(Managua): biblioteca Nacional de Salud.

MINSA, 2011. Manual para la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano. Managua: s.n.

Mundial, B., 2020. Abastecimiento de agua, saneamiento e higiene y la COVID-19, s.l.: Creative Commons de Reconocimiento 3.0 IGO.

Mundial, B., 2020. Abastecimiento de agua, saneamiento e higiene y la COVID-19, s.l.: Creative Commons de Reconocimiento 3.0 IGO.

National health service, N., 2019. Water safety policy. Londres: s.n.

OMS, 2004. Guidelines for drinking water quality, third edition, vol1. Ginebra: s.n.

OMS, 2006. Organización Mundial de la Salud. [En línea] Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf [Último acceso: Ocho Octubre 2019].

OMS, 2009. Manual para el desarrollo de planes de seguridad de Agua. Genève: OMS, Ginebra (Suiza).

OMS, 2011. Guia de Calidad para Agua de Consumo Humano. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

OMS, 2018. Instrumento de mejora del agua, el saneamiento y la higiene en los establecimientos de salud “WASH FIT” [Water and Sanitation for Health Facility Improvement Tool (WASH FIT)]. Ginebra: WHO.

OMS, 2019. El agua, el saneamiento y la higiene en los establecimientos de salud. s.l.:s.n.

OMS, O., 2015. Boletín Informativo El Agua en Nicaragua, Managua: s.n.

OMS, U., 2019. Agua, s.l.: s.n.

ONU-DAES, 2014. Organización de las Naciones Unidas. [En línea] Available at: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml> [Último acceso: Ocho Octubre 2019].

OPS/CEPIS, 2002. Desinfección del Agua. Lima: OMS.

OPS, 2014. PAHO.ORG. [En línea]
Available at: <https://www.paho.org/col/dmdocuments/PlanSegAgua.pdf>
[Último acceso: Enero 2021].

Pérez-Vidal, A, J. C. E.-R. P. T.-L., 2018. Risk assessment in water treatment processes for the development of a Water Safety Plan – WSP. DYNA, 85(206), pp. 304-310.

Pomalaza, B., Fannie, S., Mashyory, R. & Victoria, R., 2016. Optimizacion del metodo de coagulacion-floculacion para la remocion de arsenico de fuentes de agua potable empleando sulfato de aluminio tipo A. s.l.:s.n.

REGABER, 2010. REGABER. [En línea]
Available at: www.regaber.com
[Último acceso: 22 Octubre 2019].

ResearchCouncil, N., 1995. Mexico City's watersupply. Washington, D.C. : National Academy of Sciences.

Rodier, J., 1981. Analisis de aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Barcelona: Omega.

Rodríguez, D. C., 2008. Potabilización del Agua. Madrid: EOI Escuela de Negocios.

Rojas, J. A. R., 1999. Potabilización del Agua. Tercera ed. México, D.F.: ALFAOMEGA Grupo Editor, S.A. de C.V..

Romero, M., 2001. Universidad Rafael Landivar. [En línea]
Available at: <http://www.ozonoalbacete.es/wp-content/uploads/2011/08/estudio-agua-ozono.pdf>
[Último acceso: Octubre 2019].

Romero, X. N. P. N. J., 2005. Acidez y pH. [En línea]
Available at: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16739/1/acidez_ph.pdf

Salud, E. U. M.-. S. d., 2000. Modificación de la NOM 127-SSA1-1994. Mexico: s.n.

Salud, E. U. M.-. S. d., 2001. NORMA Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998, Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.. Mexico: s.n.

Sawyer, C. M. P. P. G., 2003. Chemistry for environmental engineering and science.. New York: McGraw Hill.

Scientific TT, S. E. E. T. e. a., 1999. DIONEX. [En línea] Available at: http://www.dionex.com/en-us/webdocs/114797-PS_EluentSuppressors%20for%20IC-PS70690.pdf

[Último acceso: octubre 2019].

Secretaria de Economia DGN, M., 2001. Análisis de agua - determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (dbo5) y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-028-1981). México DF: s.n.

Sepúlveda, J., 2007. Aumento de la sobrevida en menores de cinco años en México: la estrategia diagonal, Ciudad de México: s.n.

Vargas, C., Romero, E. & Gullermo, E., 2006. Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de agua en Costa Rica. Tecnología en Marcha, 19(4), pp. 37-41.

Vidal, A. P., Lozada, P. T. & Vélez, C. H. C., 2009. Planes de seguridad del agua. Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia. Revista Ingeniería e Investigación, 29(3), pp. 79-85.

WCS, G., 2018. Water Safety Groups. Londres: s.n.

Young, K. R. & Rose, J. B., 2015. La Evaluación de Riesgos como herramienta para mejorar la calidad del Agua, el Saneamiento y la Salud. Water Monographies, Volumen 3, pp. 38-44.

10. Anexos

1. Encuesta de visita de Campo del hospital Yolanda Mayorga.

9.1 Encuesta para visita de campo en hospitales	
Nombre del Hospital:	<u>Yolanda Mayorga</u>
Director:	<u>Dr. Marvin Delgado</u>
Macro y micro localización: País:	<u>Nicaragua</u>
Departamento	<u>Tipitapa / Managua</u>
Alcaldía/Distrito	<u>Tipitapa</u>
Administración	<u>MINSA</u>
Fecha de inicio de operación:	<u>Años 90</u>

Capacidad Instalada	
1.- Camas censables	<u>30</u>
2.- Camas no censables	<u>11</u>
3.- Consultorios	
Especialidad	Número
<u>Pediatría</u>	<u>8</u>
<u>Ginecología</u>	<u>4</u>
<u>Obstetricia</u>	<u>6</u>
<u>Cirujía</u>	<u>4</u>
<u>Medicina Interna</u>	<u>6</u>

Sistema de abastecimiento de agua potable.

1.- Empresa distribuidora de agua que abastece al Hospital: Red ENACAL

Tipo de fuente	Red Municipal Pozo propio	Tratamiento	Desinfección por cloro
----------------	------------------------------	-------------	------------------------

2.- Almacenamiento.

Capacidad	10 mil gl.	Tipo	Cisterna de concreto
-----------	------------	------	----------------------

3.- Sistema de bombeo.

Capacidad	2 bombas eléctricas de 1 HP	CAPACIDAD DE BOMBEO.	
-----------	--------------------------------	----------------------	--

4. Sistema de Distribución.

Longitud	Material	Diámetro
	PVC	4", 3", 1/2"

5.- Sectorización de la distribución.

Áreas	Niveles	Diámetro
	1 Nivel	

6.- Otro Sistema alternativo de mantenimiento de calidad de agua (especificar)

NA

Calidad de Agua

• Monitoreo de calidad de agua: Si No

Parámetros	Resultados Históricos
Bacteriológicos	Dentro de norma.
Fisicoquímicos	

• Análisis de áreas sensibles:

Influyente	Salida de almacenamiento	Administración	Emergencia	UC	Cocina

• Monitoreo de Calidad de campo.

PH 8 Temperatura Cloro residual. 0.6

Tratamiento de aguas residuales

- Tipo de y tratamiento con los que cuenta la PTAR

Reactores biológico y biofiltro.

- Consultar si cuentan con los análisis de calidad de las aguas residuales y solicitarlos si cuentan con los mismos

No cuenta con análisis de calidad de agua residual

- Determinar eficiencia de la PTAR mediante los resultados históricos de calidad agua residual

N/A

- Determinar si hay necesidades de mejora

N/A

- Tipo de y tratamiento con los que cuenta la PTAR

Tratamiento primario y secundario.

- Consultar si cuentan con los análisis de calidad de las aguas residuales y solicitarlos si cuentan con los mismos

<p style="text-align: center;">N/A</p>						
<ul style="list-style-type: none"> Determinar eficiencia de la PTAR mediante los resultados históricos de calidad agua residual <u>N/A</u> 						
Información hidrosanitario.						
Estado General	Nuevo	Necesita reparar	Obsoleto	Capacidad Instalada	Demanda actual	Comentarios
Agua directa	✓			825 m ³		
Depósitos de acumulación	✓			10M gal		
Cloración/tratamiento		✓				
Material de tuberías						
Pozo	✓					Reparar sistema de cloración.
Tipo de montaje. (Visto, empotrado, galería, etc)	Visto y empotrado.					
I. Observaciones						

2. Encuesta de visita de Campo del hospital Bertha Calderón Roque.

9.1 Encuesta para visita de campo en hospitales

Nombre del Hospital: Bertha Calderon Roque
 Director: Dra. Maria Cruz

Macro y micro localización: País: Nicaragua
 Departamento: Managua

Alcaldia/Distrito: Alcaldia de Managua Distrito III
 Administración: MINSA

Fecha de inicio de operación: 1975

Capacidad Instalada

1.- Camas censables 255

2.- Camas no censables

3.- Consultorios

Especialidad	Número
Neonatología	1
Oncología	4
ARO	1
Ginecología	7
Nutrición	1
Otros	2

Sistema de abastecimiento de agua potable.

1.- Empresa distribuidora de agua que abastece al Hospital: ENACAL

Tipo de fuente	Red Municipal	Tratamiento	Desinfección mediante cloro.
----------------	---------------	-------------	------------------------------

2.- Almacenamiento.

Capacidad	60,000 gl	Tipo	2 Tanques metálicos
-----------	-----------	------	---------------------

3.- Sistema de bombeo.

Capacidad	—	CAPACIDAD DE BOMBEO.	—
-----------	---	----------------------	---

4. Sistema de Distribución.

Longitud	Material	Diámetro
	PVC	6", 4", 1 1/2", 3/4", 1/2"

5.- Sectorización de la distribución.

Áreas	Niveles	Diámetro
	1 Nivel	

6.- Otro Sistema alterno de mantenimiento de calidad de agua (especificar)

N/A

Calidad de Agua

• Monitoreo de calidad de agua: Si No

Parámetros Resultados Históricos

Bacteriológicos Si Dentro de norma.
Fisicoquímicos Si

• Análisis de áreas sensibles: Solo toman 1 punto de muestreo.

Influent	Salida de almacenamiento	Administración	Emergencia	UC	Cocina

• Monitoreo de Calidad de campo.

PH 8 Temperatura Cloro residual. 0.5

_____ XI/A _____

- Determinar eficiencia de la PTAR mediante los resultados históricos de calidad agua residual XI/A

Información hidrosanitario.

Estado General	Nuevo	Necesita reparar	Obsoleto	Capacidad Instalada	Demanda actual	Comentarios
Agua directa	✓				5 M m ³	
Depósitos de acumulación		✓		600 M l		
Cloración/ tratamiento						
Material de tuberías						
Pozo						
Tipo de montaje. (Visto, empotrado, galería, etc)	Visto y empotrado.					
1. Observaciones	El tratamiento lo realiza ENACAL y solamente utilizan desinfección por cloro.					

3. Hojas de remisión de toma de muestras para análisis de calidad de agua

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
HOJA DE REMISION DE MUESTRAS DE AGUAS
PARA ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

Unidad de salud solicitante: Silais Mga H. Yolanda Moya Silais Monagua
Municipio: Tipitapa Departamento: Monagua Poblacion beneficiada:
Direccion: Fecha de muestreo: 07/02/2021
Responsable del muestreo: Erick Zaldívar teléfono: 8724823 Correo:
Tipo de fuente: Pozo Red aguas potable Rio Laguna Mar otros: Motivo de analisis: Estudio
Fecha de ingreso al laboratorio: Hora: Microbiológico

#	Código CNDR	Hora de toma de muestra	Cloro residual	pH	T°	Punto de muestreo	Latitud X	Longitud Y	Altura	Observación
1	0604	10:20	0	7.8		Pozo H. Yolanda Moya	918-93			CT 2.3 Cl. 1.8 E. coli
2	0605	10:30	0	7.8		Hospitalización H YM	918-94			CT 2.3 Cl. 1.8 E. coli
3	0606	10:35	0	7.8		Administración H YM	918-95			CT 2.3 Cl. 1.8 E. coli
4	0607	10:35	0	7.4		P. proximo a Universidad de H YM	918-96			CT 2.3 Cl. 1.8 E. coli
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Nombres y apellidos, firma de quien entrega la muestra: [Firma]
Nombres y firma de quien recibe la muestra: [Firma]

Observaciones:

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
HOJA DE REMISION DE MUESTRAS DE AGUAS
PARA ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

Unidad de salud solicitante: Silais Mga H. Beatriz Zaldívar Silais Meo
Municipio: Monagua Departamento: Monagua Poblacion beneficiada:
Direccion: Fecha de muestreo: 07-02-2021
Responsable del muestreo: Erick Zaldívar teléfono: 8724823 Correo:
Tipo de fuente: Pozo Red aguas potable Rio Laguna Mar otros: Motivo de analisis: Investigación
Fecha de ingreso al laboratorio: Hora: Microbiológico

#	Código CNDR	Hora de toma de muestra	Cloro residual	pH	T°	Punto de muestreo	Latitud X	Longitud Y	Altura	Observación
1	0543	9:00	0.5	7.4		Mano en el Area de Nubido H.A.C.E.	9152-023	211	211	E. coli
2	0544	10:05	0.0	8.2		Tanque #1 H.A.C.E.	9152-025	212	211	
3	0545	10:09	0.0	8.2		Tanque #2 H.A.C.E.	9152-025	212	211	
4	0546	10:15	0.5	7.8		Llave de Remy U.E.I H.A.C.E.	9152-026	211	211	
5	0547	10:30	1.0	7.4		Llave proximo a la salida H.A.C.E.	9152-027	211	211	
6	0548	10:30	1.0	7.4		Plant de agua de beber Adm. H.A.C.E.	9152-028	211	211	
7	0549	10:43	1.0	7.0		Llave de Pombo de la H.A.C.E.	9152-029	211	212	
8	0550	10:55	1.0	7.2		Tanque de emergencia H.A.C.E.	9152-030	211	211	
9										
10										
11										
12										

Nombres y apellidos, firma de quien entrega la muestra: Erick Zaldívar
Nombres y firma de quien recibe la muestra: [Firma]

Observaciones:

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
HOJA DE REMISION DE MUESTRAS DE AGUAS
PARA ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

Unidad de salud solicitante: Hosp. Yolanda Mayorga SIAS: Managua
Municipio: Tipitapa Departamento: Managua Poblacion beneficiada:
Direccion: _____ Fecha de muestreo: 01 Mayo 2021
Responsable del muestreo: Ina Erick telefono: _____ Correo: _____
Tipo de fuente: Pozo Red aguas potable Rio Laguna Mar otros _____ Motivo de analisis: rutinario
Fecha de ingreso al laboratorio: 1/03/2021 Hora: _____ Microbiologico

#	Codo CNDR	Hora de toma de muestra	Cloro residual	PH	T°	Punto de muestreo	Latitud X	Longitud Y	Altura m ft	Observación
1	0995	11:20	0	8.2		Pozo hospital primario Yolanda	0855-05	88°48'	118	ORP = 84
2	0994	11:45	0	7.9		Hospitalizado HP4m	0856-06	88°47'	118	ORP = 43
3	0995	11:55	0	7.6		Administración Hosp Primario Yolanda	0857-07	88°48'	118	ORP = 90
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Nombres y apellidos, firma de quien entrega la muestra: _____ Nombres y firma de quien recibe la muestra: _____
Observaciones: _____

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
HOJA DE REMISION DE MUESTRAS DE AGUAS
PARA ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

Unidad de salud solicitante: Managua SIAS: Managua
Municipio: Tipitapa Departamento: Managua Poblacion beneficiada:
Direccion: _____ Fecha de muestreo: 01/01/2021
Responsable del muestreo: Ina Erick Zeledon telefono: _____ Correo: _____
Tipo de fuente: Pozo Red aguas potable Rio Laguna Mar otros _____ Motivo de analisis: _____
Fecha de ingreso al laboratorio: _____ Hora: _____

#	Codo CNDR	Hora de toma de muestra	Cloro residual	PH	T°	Punto de muestreo	Latitud X	Longitud Y	Altura m ft	Observación
1	0008	10:52am	0	7.6		Uso de Entrada Principal (HADM)	02-07	88°48'	118	A=2
2	0009	10:58am	0	8.2		Pozo Hospital Primario Yolanda Mayorga	05-08	88°48'	118	A=2
3	0010	10:58am	0	7.8		Hospitalización (HADM)	09-09	88°48'	118	A=2
4	0011	11:00am	0	7.8		Administración (HADM)	10-10	88°48'	118	A=2
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Nombres y apellidos, firma de quien entrega la muestra: _____ Nombres y firma de quien recibe la muestra: _____
Observaciones: _____

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
HOJA DE REMISION DE MUESTRAS DE AGUAS
PARA ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

Unidad de salud solicitante: Managua, Silais SILAS Managua
Municipio: Managua Departamento: Managua Poblacion beneficiada:
Direccion: _____ Fecha de muestreo: 09/12/2021
Responsable del muestreo: Erick Zaldon Telefono: 85724823 Correo: _____
Tipo de fuente: Pozo Red aguas potable Rio Laguna Mar otros _____ Motivo de analisis: P.S.A.
Fecha de ingreso al laboratorio: _____ Hora: _____ Estudio

#	Codo OMS	Hora de toma de muestra	Ciclo residual	pH	T°	Punto de muestreo	Latitud X	longitud Y	Altura	Observaci
1	<u>4756</u>	<u>10:00am</u>	<u>0.0m</u>		<u>20°</u>	<u>Plano de Vaqueos (Almuerzo)</u>	<u>001-01</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>0001</u>
2	<u>4757</u>	<u>11:35am</u>	<u>0.5m</u>		<u>20°</u>	<u>Comite de Salud (Edificio nuevo)</u>	<u>003-02</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>0002</u>
3	<u>4758</u>	<u>11:35am</u>	<u>0.0m</u>		<u>20°</u>	<u>Emergencias (Triage)</u>	<u>003-02</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>0003</u>
4	<u>4759</u>	<u>11:45am</u>	<u>0.0m</u>		<u>20°</u>	<u>U.C.I.</u>	<u>004-04</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>0004</u>
5	<u>4760</u>	<u>11:00am</u>	<u>0.0m</u>		<u>20°</u>	<u>Matricion (H.B.C.R.)</u>	<u>005-05</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>0005</u>
6	<u>4761</u>	<u>12:15pm</u>	<u>0.0m</u>		<u>20°</u>	<u>Juegos de Abrecompañamiento</u>	<u>006-06</u>	<u>41.1</u>	<u>41.2</u>	<u>0006</u>
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Nombre y apellido, firma de quien entrega la muestra: _____ Nombre y firma de quien recibe la muestra: _____
Observaciones: _____

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
HOJA DE REMISION DE MUESTRAS DE AGUAS
PARA ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

Unidad de salud solicitante: Silais Mga H. Benito Calderon SILAS Managua
Municipio: Managua Departamento: _____ Poblacion beneficiada:
Direccion: _____ Fecha de muestreo: 17/12/2021
Responsable del muestreo: Erick Zaldon Telefono: 83724823 Correo: _____
Tipo de fuente: Pozo Red aguas potable Rio Laguna Mar otros _____ Motivo de analisis: Estudio
Fecha de ingreso al laboratorio: _____ Hora: _____ Microbiologica

#	Codo OMS	Hora de toma de muestra	Ciclo residual	pH	T°	Punto de muestreo	Latitud X	longitud Y	Altura	Observación
1	<u>0869</u>		<u>0.5</u>	<u>7.6</u>		<u>llave de la cocina H.B.C.R.</u>	<u>0737-315</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>Ausente</u>
2	<u>0870</u>		<u>0.5</u>	<u>7.0</u>		<u>llave de la sala de enfermeria UCI</u>	<u>0734-316</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>Ausente</u>
3	<u>0871</u>		<u>0.5</u>	<u>7.6</u>		<u>Triage Emergencias H.B.C.R.</u>	<u>0735-317</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>Ausente</u>
4	<u>0872</u>		<u>0.5</u>	<u>8.2</u>		<u>llave de baño de enfermeria</u>	<u>0736-318</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>Ausente</u>
5	<u>0873</u>		<u>1.5</u>	<u>8.2</u>		<u>llave del parque H.B.C.R.</u>	<u>0737-319</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>Ausente</u>
6	<u>0874</u>		<u>1.5</u>	<u>8.2</u>		<u>llave Area de un Almon H.B.C.R.</u>	<u>0738-320</u>	<u>41.1</u>	<u>41.1</u>	<u>Ausente</u>
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Nombre y apellido, firma de quien entrega la muestra: Erick Zaldon Nombre y firma de quien recibe la muestra: _____
Observaciones: _____

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
HOJA DE REMISION DE MUESTRAS DE AGUAS
PARA ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

Unidad de salud solicitante: Silais-Managua Hosp Yolanda Masopu SEIAS: Managua
Municipio: Tipitapa Departamento: Managua Poblacion beneficiada:
Direccion: _____ Fecha de muestreo: 17/02/2021
Responsable del muestreo: Erick Zedeno telefono: 87249823 Correo: _____
Tipo de fuente: Pozo Red agua potable Rio Laguna Mar otros _____ Motivo de analisis: Estudio
Fecha de ingreso al laboratorio: _____ Hora: _____ Microbiológico

#	Código ONER	Hora de toma de muestra	Clima residual	PH	T°	Punto de muestreo	Latitud X	Longitud Y	Altura	Observación
21	08785	2	8.2			Administración Yolanda Masopu	0739-321		1.8	1.8
21	08786	0	7.0			Uña Principal + tuba HP4m	0740-322		7.8	4.5
34	08787	0	8.2			Pozo Hosp Yolanda Masopu	0741-323		2.3	2.2
41	08788	0	8.2			Hospitalizado HP4m	0742-324		1.8	1.8
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Nombre y apellidos, firma de quien entrega la muestra: Erick Zedeno 
Nombres y firma de quien recibe la muestra: _____ 
Observaciones: _____

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
HOJA DE REMISION DE MUESTRAS DE AGUAS
PARA ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

Unidad de salud solicitante: Silais Managua SEIAS: Hospital Bertha Caldera
Municipio: Managua Departamento: Managua Poblacion beneficiada:
Direccion: _____ Fecha de muestreo: 23/03/2021
Responsable del muestreo: Inq: Erick telefono: _____ Correo: _____
Tipo de fuente: Pozo Red agua potable Rio Laguna Mar otros _____ Motivo de analisis: estudio
Fecha de ingreso al laboratorio: 23/3/21 Hora: _____ Microb.

#	Código ONER	Hora de toma de muestra	Clima residual	PH	T°	Punto de muestreo	Latitud X	Longitud Y	Altura	Observación
1	1381	0.5	8.2			Comedor nutrición HBC	0.1	0.1	0.1	
2	1382	1	8.2			llave de partes UCS HBC	0.1	0.1	0.1	
3	1383	1	8.2			llave de emergencia HBC	0.1	0.1	0.1	
4	1384	1.5	8.2			llave consultorio exterior	0.1	0.1	0.1	
5	1385	1.5	8.2			llave proximo a entrada principal HBC	0.1	0.1	0.1	
6	1386 1386	1.5	8.2			llave Baño administración	0.1	0.1	0.1	
7	1387 1387	0	8.2			Tanque #1	0.1	0.1	0.1	
8	1388 1388	0	8.2			Tanque #2	0.1	0.1	0.1	
9										
10										
11										
12										

Nombre y apellidos, firma de quien entrega la muestra: Erick Zedeno 
Nombres y firma de quien recibe la muestra: _____ 
Observaciones: _____

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
HOJA DE REMISION DE MUESTRAS DE AGUAS

PARA ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

Unidad de salud solicitante: Silais Managua SIAS: Hospital Volanda Mayorga
Municipio: Managua Departamento: Managua Poblacion beneficiaria:
Dirección: _____ Fecha de muestreo: 23/03/2021
Responsable del muestreo: Ina Erick teléfono: _____ Correo: _____
Tipo de fuente: Pozo Red aguas potable Rio Laguna Mar otros _____ Motivo de analisis: rutidea
Fecha de ingreso al laboratorio: _____ Hora: _____

Microb

#	Codo CNDR	Hora de toma de muestra	Ciudad	PR	T°	Punto de muestreo	Latitud	Longitud	Altura	Observación
1	1377	212-3730	26			Entrada principal HPYM	11.8	87	1.8	
2	1378	214-740	8.2			Pozo	11.8	1.8	1.8	
3	1379	215-3750	8.2			area Hospitalizado	7.2	7.8	1.8	
4	1380	226-7260	8.2			area administracion	11.8	1.8	1.8	
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Erick Siledon
Nombres y apellidos, firma de quien entrega la muestra

[Firma]
Nombres y firma de quien recibe la muestra

Observaciones: _____

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO NACIONAL DE DIAGNOSTICO Y REFERENCIA
CALLE 10 - AV. CENTRAL