

**A UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA
PISCINAS DE NATACIÓN SEMI OLÍMPICA**


**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

Presentado por:

OSCAR ENRIQUE CCORI OCHOA

Asesor:

M(o). OBISPO GAVINO JHON HERBERT


JHON HERBERT OBISPO GAVINO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP. N°68007

HUACHO – PERÚ

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA
PISCINAS DE NATACIÓN SEMI OLÍMPICA**

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador

BERARDO BEDER RUIZ SANCHEZ

Presidente

LUIS ROLANDO GONZALES TORRES

Secretario

ALGEMIRO JULIO MUÑOZ VILELA

Vocal

JHON HERBERT OBISPO GAVINO

Asesor

HUACHO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres por haberme apoyado en todas mis etapas de aprendizaje y de formación, gracias a ustedes he logrado un triunfo más en mi vida.

A mi hermana por ser como una segunda madre para mí y darme su apoyo incondicional cuando más lo necesite

Oscar Enrique Ccori Ochoa

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis Ing. Jhon Herbert Obispo Gavino, por haberme guiado en todo este proceso, no ha sido fácil, sin embargo, con su ayuda ha parecido un tanto menos complicado.

También muy agradecido con la empresa PRAXIS CORMPREM SAC, por haberme permitido acomodar mis horarios de trabajo y haber podido dar como culminado mi estudio de tesis.

Ha mis amigos por darme ánimos en todo momento, he incluso apoyarme con el tema económico, agradecido con la vida por poner en mi camino a grandes personas.

Oscar Enrique Ccori Ochoa

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación de la investigación.....	4
1.5 Delimitaciones del estudio.....	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6

2.1.1.	Investigaciones internacionales.....	6
2.1.2.	Investigaciones nacionales	7
2.2	Bases teóricas	8
2.2.1.	Generalidades de la piscina	8
2.2.1.1.	Tipos de piscinas.....	8
2.2.1.2.	Tipos de usuarios	9
2.2.1.3.	Tipos de peligros en piscinas	9
2.2.1.4.	Evaluación de peligros y riesgos.....	11
2.2.1.5.	Grado de contacto con el agua	12
2.2.1.6.	Medidas para reducir riesgos	13
2.2.1.7.	Peligros microbianos.....	14
2.2.1.8.	Peligros químicos.....	16
2.2.1.9.	Gestión de la calidad del agua y del aire	19
2.2.1.10.	Monitoreo.....	33
2.2.1.11.	Diseño y construcción de piscinas	38
2.2.2.	Consideraciones para el diseño del sistema de tratamiento de aguas	41
2.2.2.1.	Criterios de diseño	41
2.2.2.2.	Sistema de recirculación del agua.....	44
2.2.2.3.	Desinfección	47
2.2.2.4.	Calidad sanitaria del agua	48
2.2.2.5.	Índice de calidad sanitaria de piscinas	49
2.2.2.6.	Calificación sanitaria de piscinas.....	52
2.2.3.	Base legal	53
2.3	Bases filosóficas	53
2.4	Definición de términos básicos.....	53

2.5	Hipótesis de investigación	55
2.5.1.	Hipótesis general	55
2.5.2.	Hipótesis específicas	56
2.6	Operacionalización de las variables	56
CAPITULO III		58
METODOLOGÍA.....		58
3.1	Diseño metodológico.....	58
3.1.1.	Tipo de investigación	58
3.1.2.	Nivel de investigación.....	59
3.1.3.	Diseño.....	59
3.1.4.	Enfoque	59
3.2	Población y muestra	60
3.2.1.	Población.....	60
3.2.2.	Muestra.....	60
3.3	Técnicas de recolección de datos.....	60
3.4	Técnicas para el procesamiento de la información.....	60
CAPITULO IV		61
RESULTADOS		61
4.1	Análisis de resultados	61
4.1.1.	Bases de diseño	61
4.1.1.1.	Normativa	61
4.1.1.2.	Dimensiones del estanque de la piscina.....	61
4.1.1.3.	Calidad del agua de suministro	63
4.1.2.	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas.....	63
4.1.2.1.	Función de lavado	71

4.1.2.2.	Función desagüe	71
4.1.2.3.	Función filtración.....	71
4.1.2.4.	Función recirculación	72
4.1.2.5.	Análisis del índice de calidad sanitaria de la piscina diseñada	79
4.2	Contrastación de hipótesis	80
4.2.1.	Contraste de hipótesis general.....	80
4.2.2.	Contraste hipótesis 1	80
4.2.3.	Contraste hipótesis 2	80
CAPITULO V		81
DISCUSIÓN.....		81
5.1	Discusión de resultados	81
CAPITULO VI.....		83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		83
6.1	Conclusiones.....	83
6.2	Recomendaciones	83
CAPITULO VII.....		85
REFERENCIAS		85
7.1	Fuentes documentales.....	85
7.2	Fuentes bibliográficas.....	86
7.3	Fuentes hemerográficas	87
7.4	Fuentes electrónicas.....	87
ANEXOS		89

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Resultados adversos para la salud por los peligros encontrados en piscinas</i>	10
Tabla 2 <i>Carga máximo de baño</i>	33
Tabla 3 <i>Buenas prácticas en diseño y construcción</i>	39
Tabla 4 <i>Número máximo de usuario en piscinas en la norma peruana</i>	41
Tabla 5 <i>Recirculaciones mínimas diarias en piscinas en la norma peruana</i>	44
Tabla 6 <i>Velocidades de filtración recomendadas en la norma peruana</i>	47
Tabla 7 <i>Concentraciones de cloro en piscinas en la norma peruana</i>	47
Tabla 8 <i>Concentraciones de otros desinfectantes en piscinas en la norma peruana</i>	48
Tabla 9 <i>Calidad físico química del agua en piscinas en la norma peruana</i>	48
Tabla 10 <i>Calidad microbiológica en agua de piscinas</i>	49
Tabla 11 <i>Cálculo del ICSPS</i>	50
Tabla 12 <i>Evaluación de calidad microbiológica</i>	50
Tabla 13 <i>Evaluación de calidad de equipamiento e instalaciones</i>	51
Tabla 14 <i>Evaluación de calidad de limpieza</i>	51
Tabla 15 <i>Evaluación del ordenamiento documentario</i>	52
Tabla 16 <i>Calificación sanitaria según los valores de ICSPS</i>	52
Tabla 17 <i>Operacionalización de variables</i>	57
Tabla 18 <i>ICSPS preliminar del diseño</i>	79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ubicación de la playa Chorrillos, en el distrito de Huacho.	5
<i>Figura 2.</i> Enfoque esquemático para comparar los peligros para la salud encontrados durante actividades recreativas.	11
<i>Figura 3.</i> Peligros microbianos potenciales en piscinas y entornos similares.	15
<i>Figura 4.</i> Posibles contaminantes del agua de la piscina en piscinas y entornos similares.	17
<i>Figura 5.</i> Disociación acuosa del ácido hipocloroso.	24
<i>Figura 6.</i> Componentes en el sistema de recirculación en piscinas en la norma peruana.	45
<i>Figura 7.</i> Dimensiones de la piscina de natación semi olímpica.	62
<i>Figura 8.</i> Plano de piscina corte A-A.	62
<i>Figura 9.</i> Plano de piscina corte B-B.	63
<i>Figura 10.</i> Plano isométrico de la caseta de máquinas.	65
<i>Figura 11.</i> Distribución de tuberías de la piscina de natación semi olímpica.	66
<i>Figura 12.</i> Plano de ingreso de agua a la piscina semi olímpica.	67
<i>Figura 13.</i> Plano de filtración de la piscina semi olímpica.	68
<i>Figura 14.</i> Plano de desnatadores de la piscina semi olímpica.	69
<i>Figura 15.</i> Plano de desagüe de la piscina semi olímpica.	70
<i>Figura 16.</i> Filtro de arena.	73
<i>Figura 17.</i> Electrobombas para piscina de polipropileno reforzado.	74
<i>Figura 18.</i> Válvulas de control.	74
<i>Figura 19.</i> Tuberías de recirculación entre los diferentes equipos del sistema.	75
<i>Figura 20.</i> Bomba sumergible.	75
<i>Figura 21.</i> Tablero de control para bombas sumergibles.	76
<i>Figura 22.</i> Bomba de aspirado con trampa de pelos.	76

<i>Figura 23.</i> Clorinador y bomba de inyección de cloro.....	77
<i>Figura 24.</i> Pastillas de cloro y aplicación.	77
<i>Figura 25.</i> Tablero de control manual de electrobombas de piscina.	78
<i>Figura 26.</i> Limpia fondos eléctricos.	97
<i>Figura 27.</i> Tiras reactivas de medición de cloro.	98

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia	90
Anexo 2. Ficha para inspecciones técnicas de piscinas.....	91
Anexo 3. Requerimiento de pastillas de cloro	94
Anexo 4. Diseño del sistema de recirculación.....	95
Anexo 5. Equipo de bombeo para la línea de impulsión.....	96
Anexo 6. Mantenimiento del estanque	97
Anexo 7. Medición de cloro y PH	98
Anexo 8. Arquitectura plano de piscina semi olímpica.....	99

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA PISCINAS DE NATACIÓN SEMI OLÍMPICA

Oscar Enrique Ccori Ochoa¹

RESUMEN

Objetivo: Realizar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho. **Metodología:** Estudio de tipo aplicado, nivel descriptivo, diseño no experimental descriptivo transversal, considerando como unidad de estudio a una piscina de natación semi olímpica en la playa Chorrillos de Huacho; se consideró para el diseño el Decreto Supremo N° 007-2003-SA del Reglamento Sanitario de Piscinas y la Directiva del índice de Calificación Sanitaria de Piscinas aprobada mediante Directiva Sanitaria N° 033 - MINSA/DIGESA - V.01. **Resultados:** El análisis del diseño con el índice de calidad sanitaria muestra una “calificación sanitaria saludable”, el cual considera tres componentes: recirculación, abastecimiento y desagüe; y en ellas cuatro funciones: lavado, desagüe, filtración y recirculación. **Conclusiones:** Con el diseño se asegurará la calidad sanitaria del agua, bajo los criterios de la normativa peruana, que mantendrá bajo control los parámetros físico químicos, microbiológicos y la transparencia del agua para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.

Palabras clave: Piscina, semi olímpica, diseño, tratamiento de agua.

¹ Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, email: oscar_ccori@outlook.es

DESIGN OF A WATER TREATMENT SYSTEM FOR SEMI-OLYMPIC SWIMMING POOLS

Oscar Enrique Ccori Ochoa¹

ABSTRACT

Objective: Carry out the design of a water treatment system for a semi-Olympic swimming pool on the beach of Chorillos de Huacho. **Methodology:** Applied-type study, descriptive level, non-experimental descriptive cross-sectional design, considering a semi-Olympic swimming pool on Chorillos de Huacho beach as the study unit; Supreme Decree No. 007-2003-SA of the Sanitary Regulations for Swimming Pools and the Sanitary Qualification Index Directive for Swimming Pools approved by Sanitary Directive No. 033 - MINSA/DIGESA - V.01 were considered for the design. **Results:** The analysis of the design with the sanitary quality index shows a "healthy sanitary qualification", which considers three components: recirculation, supply and drainage; and in them four functions: washing, drainage, filtration and recirculation. **Conclusions:** With the design, the sanitary quality of the water will be ensured, under the criteria of the Peruvian regulations, which will keep the physical, chemical, microbiological parameters and the transparency of the water under control for a semi-Olympic swimming pool on the beach of Chorillos de Huacho.

Keywords: Swimming pool, semi Olympic, design, water treatment.

¹ Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, email: oscar_ccori@outlook.es

INTRODUCCIÓN

La investigación de “*Diseño de un sistema de tratamiento de aguas para piscinas de natación semi olímpica*”, se realizó en el año 2021, considerando la disponibilidad de fuentes de agua que se encuentra en la Playa Chorrillos de Huacho y que en el periodo de verano es muy concurrida por la población Huachana y de otros distritos cercanos. Se realizó en vista que actualmente en la playa no se cuenta con piscinas que brinden todas las condiciones de seguridad microbiológica a los usuarios, por lo que el diseño propuesto se centra en el propósito de evidenciar los beneficios de un adecuado tratamiento del agua para uso recreativo, que beneficie a la población deportista acuática y en general, asegurando su calidad microbiológica principalmente por la prevalencia actual del COVID-19 y por el riesgo de otras afecciones que podría presentarse en el futuro, mucho de los cuales podrían darse naturalmente a consecuencia de la contaminación del ambiente, y otros artificialmente que se presume desarrollados en laboratorios biotecnológicos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021a) indica que el uso de ambientes acuáticos recreativos costeros y de agua dulce tiene beneficios importantes para la salud y el bienestar, incluidos el descanso, la relajación, el ejercicio, las prácticas culturales y religiosas y el placer estético. También proporciona importantes beneficios económicos locales, regionales y nacionales del turismo. Sin embargo, los entornos acuáticos recreativos contienen peligros potenciales, que deben sopesarse frente a los beneficios. También la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021b) sobre la exposición de las playas a la contaminación que puede causar enfermedades, indica que para la gestión de estos riesgos, en países que aún no cuentan todavía con un marco que asegure la calidad del agua con fines recreativos deberían elaborarlo, anticipando los efectos del cambio climático en su calidad.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006) indica el riesgo de enfermedad o infección asociado con piscinas y entornos acuáticos recreativos similares se asocia principalmente con la contaminación de origen fecal del agua, pudiendo deberse a las heces que liberan los bañistas o fuentes de agua contaminadas o, en el que están al aire libre, puede ser por contaminación animal directa (por ejemplo, de aves y roedores), los brotes de enfermedades relacionados con piscinas son relativamente poco frecuentes, pero se han relacionado con virus, bacterias, protozoos y hongos, donde muchos de los brotes relacionados con piscinas y ambientes similares se han producido porque la desinfección no se aplicó o fue inadecuada, siendo también la excreción humana no fecal en el agua de la piscina o en el área circundante una fuente potencial de organismos patógenos; también, productos químicos que hay en el agua pueden derivarse por el agua de la fuente, adiciones intencionales como los desinfectantes y a consecuencia de los usuarios (estos incluyen el sudor, la orina, los residuos de jabón, los cosméticos y el aceite bronceador), habiendo tres vías principales de exposición a los productos químicos en piscinas y ambientes similares: ingestión directa del agua, inhalación de solutos volátiles o en aerosol, y contacto dérmico y absorción por la piel.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La OMS (2021a) indica las recomendaciones básicas para la implementación por parte de las autoridades nacionales y el personal responsable de los planes de seguridad en aguas recreativas, donde se presentan amenazas a la salud, a consecuencia que se va perdiendo la resistencia a agentes antimicrobianos, con infecciones por bacterias y hongos que expresan genes de resistencia a los antimicrobianos suelen ser difíciles o incluso imposibles de tratar, donde los genes de resistencia a los antimicrobianos pueden transferirse rápidamente entre bacterias y sus bacteriófagos en ambientes acuáticos, donde los agentes antimicrobianos, detergentes, desinfectantes y residuos de procesos industriales pueden estar presentes en las aguas recreativas, lo que lleva a la evolución y propagación de la resistencia, siendo las principales fuentes de microorganismos resistentes a los antimicrobianos las aguas residuales y lodos provenientes de plantas de tratamiento municipales, hospitales, escurrientías agrícolas y sitios de fabricación de productos farmacéuticos. Se han identificado cepas resistentes a los antibióticos de bacterias heterótrofas y de *Enterococcus* y *Escherichia coli*, bacterias que indican contaminación fecal, en aguas recreativas y arenas de playa (Huijbers et al., 2015; Leonard et al., 2015; Jorgenson et al., 2017, como se citó en OMS, 2021).

La OMS (2021b), indica las declaraciones de la Dra. María Neira, de que las crecientes actividades humanas conjuntamente con el cambio climático, van ocasionando una mayor exposición a la contaminación en las playas, causando enfermedades e inclusive la muerte en los usuarios, que concurren a estos lugares para realizar turismo o participar en eventos deportivos. Asimismo, la OMS (2006), indica que los peligros que se encuentran en las piscinas y entornos similares varían de un sitio a otro, al igual que la exposición a los peligros, afirmando en general, que mayormente se le relaciona con los efectos hacia la salud por la exposición al nadar y la ingesta de agua.

El Ministerio de Salud (2011) conociendo la gran informalidad de cómo operan las piscinas en el Perú, pone de conocimiento al público usuario la distinción “Piscina Saludable”, en aquellas que cumplen con lo que establece el D.S. 007-2003-SA del Reglamento Sanitario de Piscinas, sumando esfuerzos en la prevención de riesgos a la salud de los usuarios.

Andina (2019), indicaba que de acuerdo a lo señalado por el MINSA indicaba que ineficiencias en el tratamiento y recirculación del agua en las piscinas, aumenta la posibilidad de presencia de amebas como cerebros y que por tanto los sistemas de recirculación deben realizarse por lo menos en cuatro ocasiones diarias.

Si bien es cierto que el control de calidad permite evaluar si una piscina es adecuada para ser aperturada al público, esta si no cuenta con un sistema de tratamiento podrá ocasionar en el tiempo un foco potencial de inseguridad poniendo en riesgo a los bañistas.

Por lo expuesto, se hace necesario en salvaguarda de los usuarios de una piscina de natación semi olímpica, el diseño de un sistema de tratamiento de aguas que considere una adecuada reducción y/o eliminación de las impurezas físicas y microbiológicas.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Qué permitirá el diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué debe considerarse previamente al diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho?
- ¿Qué debe controlar el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento en las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Realizar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las bases de diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.

- Realizar el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.

1.4 Justificación de la investigación

Importancia y relevancia

Considerando que en la actualidad se viene atravesando problemas de contagio por el COVID-19, y que la actividad recreativa de natación es una de las principales en épocas de verano, se hace necesario contar con un diseño que garantice la seguridad del agua en las piscinas de natación y que los usuarios no corran riesgo al hacer uso de ellas.

Pertinencia

El estudio de diseño, pone a disposición de la localidad de Huacho, considerando lo establecido por el sector salud nacional para piscinas, como el D. S. 007-2003-SA y la R.M. N° 484-2010/MINSA de la Directiva Sanitaria N° 033 - MINSA/DIGESA – V.01. Asimismo se encuentra alineado al ODS 3: Salud y bienestar, 6: Agua limpia y saneamiento

Impacto

El impacto es preferentemente local, aunque podría servir de base para otras investigaciones de mejora para otras localidades, y que puedan tomar conciencia, al observarse que muchos bañistas desconocen los problemas de calidad de agua en las piscinas y los peligros a lo que están expuestos si es que no se cumple con los parámetros de calidad. Estudio que podría motivar otras investigaciones con otras tecnologías que van saliendo en el mercado o en todo caso adaptarla para controlar otros peligros microbiológicos que pudieran presentarse en el futuro de riesgo para los usuarios.

1.5 Delimitaciones del estudio

Delimitación espacial

Ubicación política:

- Diseño para una piscina para la playa Chorrillos de Huacho, Lima.



Figura 1. Ubicación de la playa Chorrillos, en el distrito de Huacho.

Nota. (Google Maps, 2022)

Delimitación temporal

Meses : Diciembre.

Año : 2020.

Delimitación teórica

El estudio considera el sistema de tratamiento de aguas para piscinas de natación semi olímpica, de manera general, que permita la adaptación de estos cálculos en diferentes calidades de agua de abastecimiento.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigaciones internacionales

Villagra (2016) Universidad Bío-Bío, Chile, tuvo como objetivo efectuar un estudio técnico y económico para instalar una piscina semiolímpica temperada municipal. Para dicho estudio tomó las normativas exigidas por el reglamento de piscinas de uso público. Concluyendo que la mayor cantidad de calor que se pierde en una piscina es a través del vapor superficial que se genera por la diferencia con la temperatura ambiental; respecto a la inversión, el precio de los acumuladores es bastante elevado debido al tamaño de acumulación necesario para el Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Rodríguez (2016), Universidad Politécnica de Cataluña. España, en su investigación diseñó una *piscina de entrenamiento y/o recuperación unipersonal con la instalación de corriente de agua forzada, con la finalidad de rehabilitar o entrenar a gente discapacitada*, con el criterio de practicidad y accesibilidad para todo tipo de usuarios, incluyendo niños o adultos. Concluye que para el diseño, se realizaron cálculos y simulaciones, considerando el sistema mecánico del circuito de recirculación.

Fernández (2012) Universidad de Castilla-La Mancha, España, realizó un estudio donde comparó el tratamiento químico realizado a una piscina cubierta en base a lo que perciben en la salud y cuan satisfechos están los usuarios y trabajadores. Concluye que el

tratamiento de aguas para piscinas es muy complejo y que hay elementos que pueden escaparse del control a cargo del personal, como es el caso de la generación de subproductos de desinfección y concentración del desinfectante en el aire circundante, por lo que recomienda un análisis más profundo de los mantenimientos y la prevención, empezando por la capacitación de los responsables del mantenimiento y reemplazo del desinfectante por sistemas de desinfección más amigables y seguros para evitar accidentes.

González (2012), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, en su estudio elaboró un manual para el diseño y construcción de piscinas, teniendo como objetivo facilitar las normas y especificaciones para su diseño y, definiendo los criterios para instalar sus accesorios. Concluye que toda piscina debe proveerse de accesorios para la recirculación del agua de succión y retorno, recomendando la utilización de materiales de alta calidad tras estar sometido en la piscina a cargas químicas y orgánicas.

2.1.2. Investigaciones nacionales

Ramírez y Uriarte (2019), Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, propuso un tratamiento de las aguas residuales de una piscina a nivel piloto, compuesta por una rejillas, una pozas de enfriamiento, un tanque de coagulación y un sistema de filtración. Concluyeron que el sistema piloto es eficiente, logrando reducir la totalidad de parámetros evaluados a niveles que cumplían con las normas vigentes.

Condori (2018) Universidad Nacional del Altiplano, en su investigación determinó la calidad bacteriológica, fisicoquímica, equipamiento e instalaciones de piscinas en Juliaca; encontrando que el 56 % de ellas presentaron mala calidad bacteriológica con presencia de coliformes termotolerantes, el 78 % una mala calidad fisicoquímica en turbiedad y cloro residual y el 56 % con baja calidad de equipamiento e instalaciones (servicios higiénicos,

duchas, Lavapiés y sistema de recirculación). Concluyo que el 100 % de las piscinas evaluadas fueron consideradas como no saludables, con riesgo a la salud de bañistas.

Revilla (2017), Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, realizó un diseño con el uso de energías renovables en una piscina pública semiolímpica, para mejorar la infraestructura e instalaciones hidráulicas, como el sistema de filtración y cloración, climatización, iluminación e instalaciones eléctricas. Concluye que el uso de energía solar provee en un futuro un ahorro energético, garantizando el bienestar de sus usuarios.

Bautista (2016), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, en su estudio caracterizó física, química y microbiológicamente el agua de un canal de regadío para uso en piscinas, evaluándolo posteriormente. Encontrando turbidez de 3,34 a 14 UNT, pH de 7,94 a 8,36, Coliformes totales de 17 a 79 UFC/100 ml, *Escherichia Coli* de 1 hasta 12 UFC/100 ml) y *Staphylococcus aureus* 2 UFC/ml. Al tratarlo con cloro, eliminó todos los microorganismos, manteniéndolo en 0,71 ppm de cloro residual.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Generalidades de la piscina

2.2.1.1. Tipos de piscinas

Las piscina, según la OMS (2006) pueden tipificarse por su alimentación agua dulce (superficial o subterránea), marina o termal (es decir, de fuentes termales naturales), pudiendo ser domésticos (privados), semipúblicos (hotel, escuela, gimnasio, complejo de viviendas, cruceros) o públicos (municipales), también pueden ser supervisados o no supervisados, pudiendo ubicarse en el interior, al aire libre (es decir, al aire libre) o en ambas, pudiendo estar calentados o sin calentar; en términos de estructura, la piscina convencional a menudo se denomina piscina principal, pública o municipal, siendo tradicionalmente

rectangular, sin elementos de agua adicionales (aparte de la posible provisión para el buceo), y es usado por personas de diferentes edades y habilidades, aunque también existen piscinas temporales o portátiles, que suelen utilizarse en el ámbito doméstico; además, hay muchas piscinas especializadas para un tipo de usuario en particular, por ejemplo, piscinas para niños, piscinas para principiantes o de enseñanza, piscinas para clavados y piscinas con características especiales como canales o toboganes de agua.

Además, la OMS (2006) considera que cada tipo de piscina tiene problemas de gestión potencialmente diferentes, que deben ser anticipados y tratados por los gestores de piscinas, siendo importante para el tipo de piscina y su gestión, la identificación de cómo se utilizará la piscina: horario de apertura diario, períodos pico de uso, número de usuarios, tipos de usuarios, requisitos especiales de temperatura, carriles y equipos.

2.2.1.2. Tipos de usuarios

Sobre los usuarios, la OMS (2006) considera que pueden incluir: público general, niños/bebés, huéspedes del hotel, turistas, nadadores competitivos, no nadadores, bañistas de ocio, participantes, entre otros; donde, ciertos grupos de usuarios pueden estar más predispuestos a los peligros que otros, como por ejemplo los niños pueden pasar largos períodos en aguas recreativas, siendo más probable que los adultos traguen agua de manera intencional o accidental., los ancianos y discapacitados pueden tener limitaciones de fuerza, agilidad y resistencia, y las personas inmunocomprometidas pueden tener un mayor riesgo de peligros microbianos o químicos.

2.2.1.3. Tipos de peligros en piscinas

La OMS (2006) indica que un peligro es un conjunto de circunstancias que podrían conducir a un daño (lesión, una enfermedad o la pérdida de la vida), en cambio el riesgo de

tal evento se define como la probabilidad de la ocurrencia como resultado de la exposición a una cantidad definida de peligro, siendo los peligros más frecuentes asociados con el uso de piscinas y entornos acuáticos recreativos similares: peligros físicos (que provoquen, por ejemplo, ahogamiento, casi ahogamiento o lesiones), calidad del agua, calidad del aire, calor, frío y luz solar. La OMS (2006) dan ejemplos específicos de los peligros y los resultados adversos para la salud que están asociados al uso de piscinas (Tabla 1).

Tabla 1

Resultados adversos para la salud por los peligros encontrados en piscinas

Condiciones adversas a la salud	Ejemplos de peligros asociados
Ahogo	Nadadores bajo la influencia del alcohol, poca habilidad para nadar, sin supervisión, mal diseño y mantenimiento de la piscina.
Lesiones por impacto	Impacto contra superficies duras. El impacto puede ser provocado por el participante (zambullidas, accidentes derivados del uso de toboganes de agua, colisiones, pisadas sobre vidrios rotos y metales dentados, especialmente en el entorno de piscinas al aire libre).
Fisiológico	Exposición aguda al calor y a la radiación ultravioleta de la luz solar. Exposición acumulada al sol para usuarios de piscinas al aire libre.
Infección	Ingestión, inhalación o contacto con bacterias, virus, hongos y protozoos patógenos, que pueden presentarse en el agua y los alrededores de la piscina como resultado de la contaminación fecal, transportados por los participantes o animales que utilizan el agua o presentes de forma natural.
Envenenamiento	Contacto con, inhalación o ingestión de agua químicamente contaminada, ingestión de toxinas de algas e inhalación de aire químicamente contaminado.

Nota. OMS (2006).

2.2.1.4. Evaluación de peligros y riesgos

La OMS (2006), indica que las evaluaciones de peligros y riesgos informan el desarrollo de políticas para controlar y gestionar los riesgos de salud y bienestar en la recreación acuática, donde ambos se basan en la experiencia y la aplicación del sentido común, así como en la interpretación de los datos, la Figura 2 proporciona un enfoque esquemático para comparar los peligros para la salud que se encuentran durante el uso recreativo del agua en piscinas.

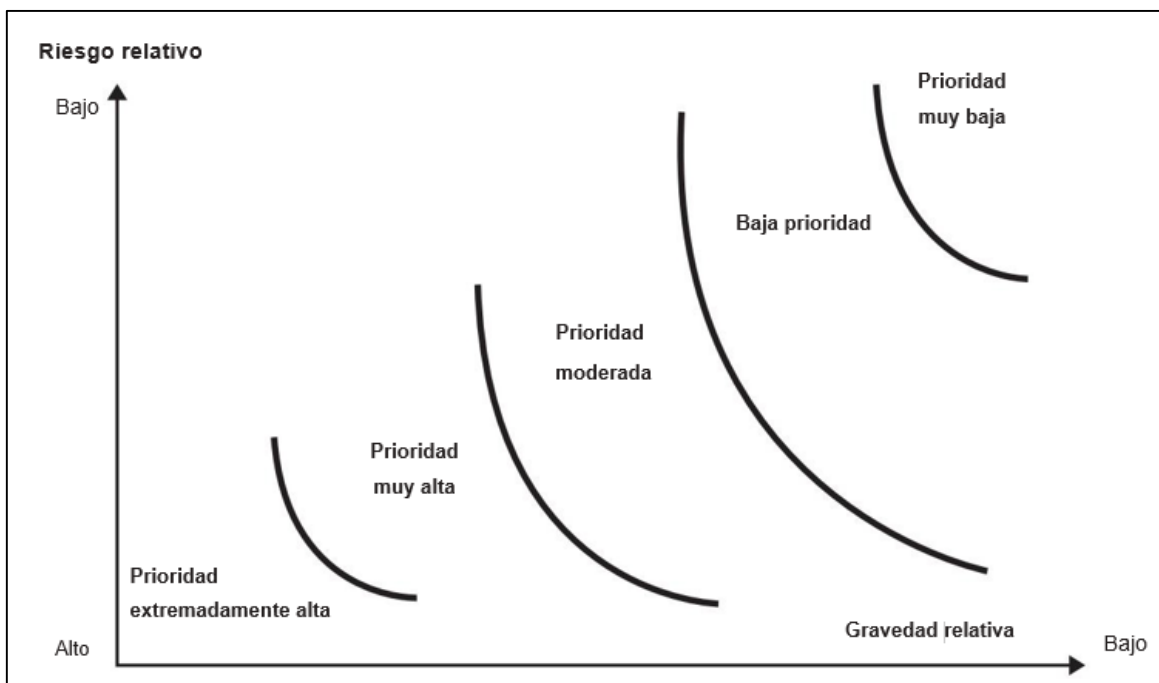


Figura 2. Enfoque esquemático para comparar los peligros para la salud encontrados durante actividades recreativas.

Nota. OMS (2006).

De la Figura 2, la OMS (2006), detalla cada peligro:

- *Peligrosidad extremadamente alta.* Peligroso para la vida o incapacidad permanente (por ejemplo, ahogamiento, lesión espinal, enfermedad de los legionario y otros)

- *Prioridad muy alta.* A largo plazo incapacidad (como ejemplo a punto de ahogarse, secuelas crónicas como resultado de microbiano infección)
- *Moderada.* Moderado incapacidad o requiere intervención médica (por ejemplo leptospirosis)
- *Baja prioridad.* Término corto incapacidad, autolimitante (por ejemplo una más leve diarrea, parte superior tracto respiratorio infecciones, quemaduras solares, etc.)
- *Prioridad muy baja.* Sin incapacidad (por ejemplo, plantar verrugas, cortes menores, raspaduras, etc.).

2.2.1.5. Grado de contacto con el agua

La OMS (2006), considera que para los peligros donde el contacto con el agua y la ingestión de agua son importantes, es útil comprender los diferentes grados de contacto asociados con los diferentes tipos y usos de piscinas; por ejemplo, el grado de contacto con el agua influye directamente en la cantidad de exposición a patógenos y agentes tóxicos que se encuentran en el agua y los aerosoles contaminados y, por lo tanto, la probabilidad de enfermedad, pudiéndose clasificar los grados de contacto con el agua que se encuentran en los diferentes tipos de piscinas y entornos acuáticos recreativos similares de la siguiente manera:

- *Sin contacto:* Por ejemplo, uso de piscinas al aire libre solo para tomar el sol y no natación.
- *Contacto directo significativo:* Implica un riesgo insignificante de tragar agua, como el uso de una piscina infantil por parte de adultos.
- *Contacto directo extenso:* Con inmersión de todo el cuerpo y un riesgo significativo de tragar agua, por ejemplo, nadar, bucear.

2.2.1.6. Medidas para reducir riesgos

La OMS (2006), indica que la reducción de la mayoría, si no todos los riesgos para la salud asociados a los peligros descritos en la Tabla 1 se puede obtener evitando las circunstancias que dan lugar al peligro o mitigando su efecto, así por ejemplo, el vidrio que se deja en el borde de la piscina puede causar cortes a los caminantes descalzos, lo que puede solucionarse mediante la limpieza periódica de la piscina, la exclusión del vidrio del área de la piscina, la provisión de papeleras y campañas educativas de concientización; además, los accidentes causados por el mal uso de los toboganes de agua pueden solucionarse con una mayor supervisión por parte de los salvavidas y la educación de los usuarios sobre el comportamiento adecuado: donde cada tipo de actividad recreativa debe estar sujeta a una evaluación de riesgos para determinar qué tipo de medidas de control serán más efectivas, la evaluación debe incluir factores modificadores, como las características locales, los efectos estacionales (para piscinas al aire libre) y la competencia de los participantes, con diferentes usos y tipos de piscinas implican diferentes grados de contacto con el agua y exposición a los diversos peligros, por lo que acciones para reducir el riesgo se adaptarán a cada tipo de piscina ya las circunstancias particulares.

La gestión de piscinas y aguas recreativas similares, según la OMS (2006) puede clasificarse en cuatro categorías principales:

- Diseño y construcción de instalaciones (incluidas las licencias y autorizaciones, según adecuado);
- Operación y gestión (incluido el plan de seguridad de la piscina y la formación de socorristas);
- Educación e información pública; y

- Requisitos reglamentarios (incluida la autorización de equipos, productos químicos, etc., disponibles para su uso en piscinas y entornos similares).

2.2.1.7. Peligros microbianos

La OMS (2006), una variedad de microorganismos se pueden encontrar en piscinas y recreaciones similares. En muchos casos, el riesgo de contraer alguna enfermedad o infección se ha relacionado a la contaminación fecal en el agua, pudiendo deberse a las heces liberadas por los usuarios, fuente de agua contaminada o piscinas al aire libre que pueden ser el resultado de la contaminación animal directa (por ejemplo aves y roedores), donde muchos de los brotes relacionados con las piscinas se habrían evitado o reducido si la piscina hubiera estado bien gestionada; también por la excreción humana no fecal (por ejemplo vómito, mucosidad, saliva o piel) en la piscina o entornos acuáticos recreativos similares es una fuente potencial de organismos patógenos, presentándose patógenos oportunistas (especialmente bacterias) también pueden ser expulsados por los usuarios y transmitidos a través de superficies y agua contaminada, algunas bacterias, en particular las bacterias no derivadas de las heces, pueden acumularse en biopelículas y representar un riesgo de infección, con ciertas bacterias y amebas acuáticas de vida libre pueden crecer en aguas de piscinas, en componentes o instalaciones de piscinas o en otras superficies húmedas, hasta el punto en que algunos de ellos pudiendo causar diferentes infecciones o enfermedades de índole respiratorio, a la piel o al sistema nervioso central; también, las piscinas al aire libre también pueden estar sujetas a microorganismos derivados directamente de mascotas y vida silvestre. Se indica en la Figura 3, las infecciones asociadas de origen fecal y no fecal.

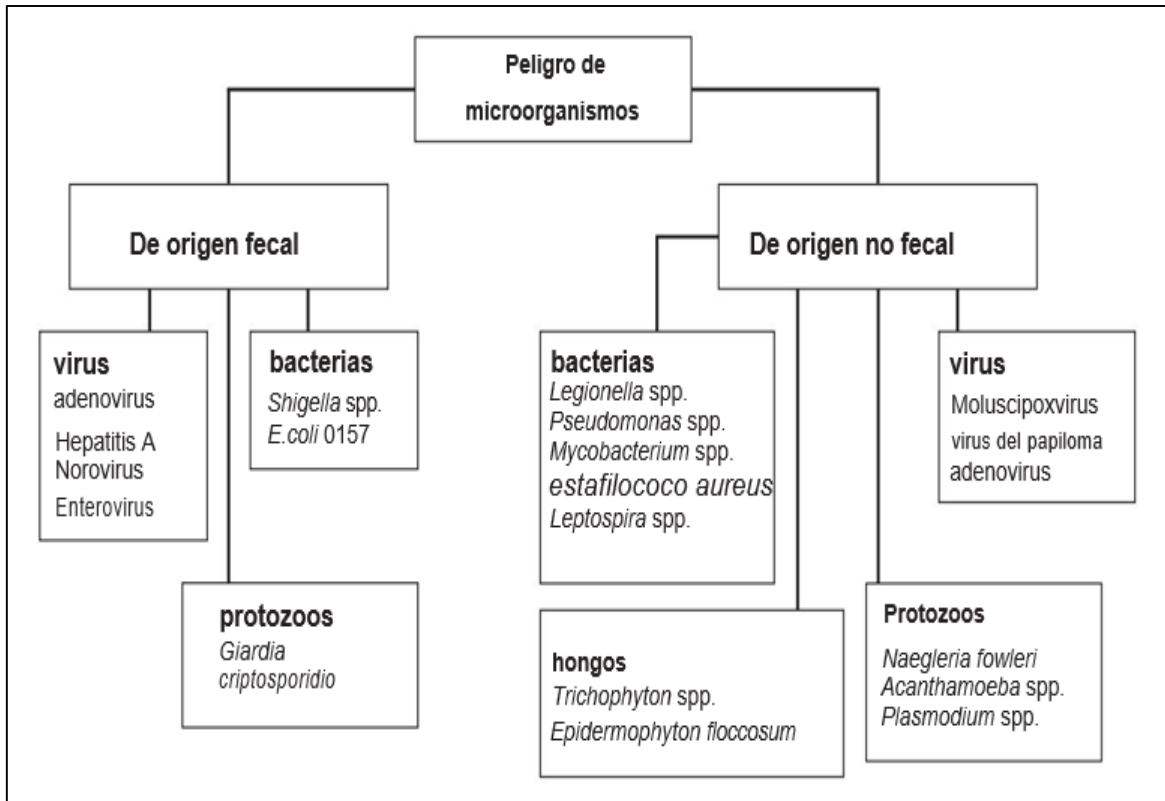


Figura 3. Peligros microbianos potenciales en piscinas y entornos similares.

Nota. OMS (2006).

La OMS (2006), indica que principalmente el seguimiento de los peligros microbianos potenciales a través de la utilización de microorganismos indicadores, que tienen la finalidad de mostrar la presencia o no de contaminación fecal en los suministros de agua. Se detalla a continuación algunos microorganismos de origen fecal:

a) Virus de origen fecal

Según la OMS (2006), el control de virus en el agua de piscinas y ambientes similares generalmente se logra mediante un tratamiento adecuado, incluida la aplicación de desinfectantes, siendo los episodios de contaminación grave de una piscina debido a la liberación accidental de heces o vómitos de una persona infectada, que no pueden controlarse de manera efectiva con niveles normales de desinfectante, siendo el único enfoque para mantener la protección de la salud pública en condiciones de una liberación

fecal o vómito accidental es evitar el uso de la piscina hasta que se inactiven los contaminantes, también la educación de padres o los encargados del cuidado de niños pequeños y otros usuarios del agua sobre el buen comportamiento higiénico en las piscinas es otro enfoque que puede resultar útil para mejorar la seguridad de la salud en piscinas y la reducción de emisiones fecales accidentales, recomendándose por ello que las personas con gastroenteritis no usen piscinas públicos o semipúblicos mientras estén enfermos o durante al menos una semana después de su enfermedad, para evitar transmitir la enfermedad a otros usuarios en la piscinas.

b) Bacterias de origen fecal

Para la OMS (2006), una de las principales intervenciones de gestión de riesgos es, en primer lugar, reducir la ocurrencia de fugas fecales accidentales, por ejemplo, educando a los usuarios de las piscinas, microorganismos como *E. coli* O157 y las especies de *Shigella* se controlan fácilmente con cloro y otros desinfectantes en condiciones ideales, aunque si se ha producido una liberación fecal accidental en una piscina, es probable que estos organismos no se eliminen instantáneamente y se deban tomar otras medidas para dar tiempo al efecto desinfectante, como la evacuación de la piscina.

2.2.1.8. Peligros químicos

La OMS (2006), describe las vías de exposición a los productos químicos de las piscinas, los productos químicos que normalmente se encuentran en el agua de las piscinas y sus posibles efectos sobre la salud.

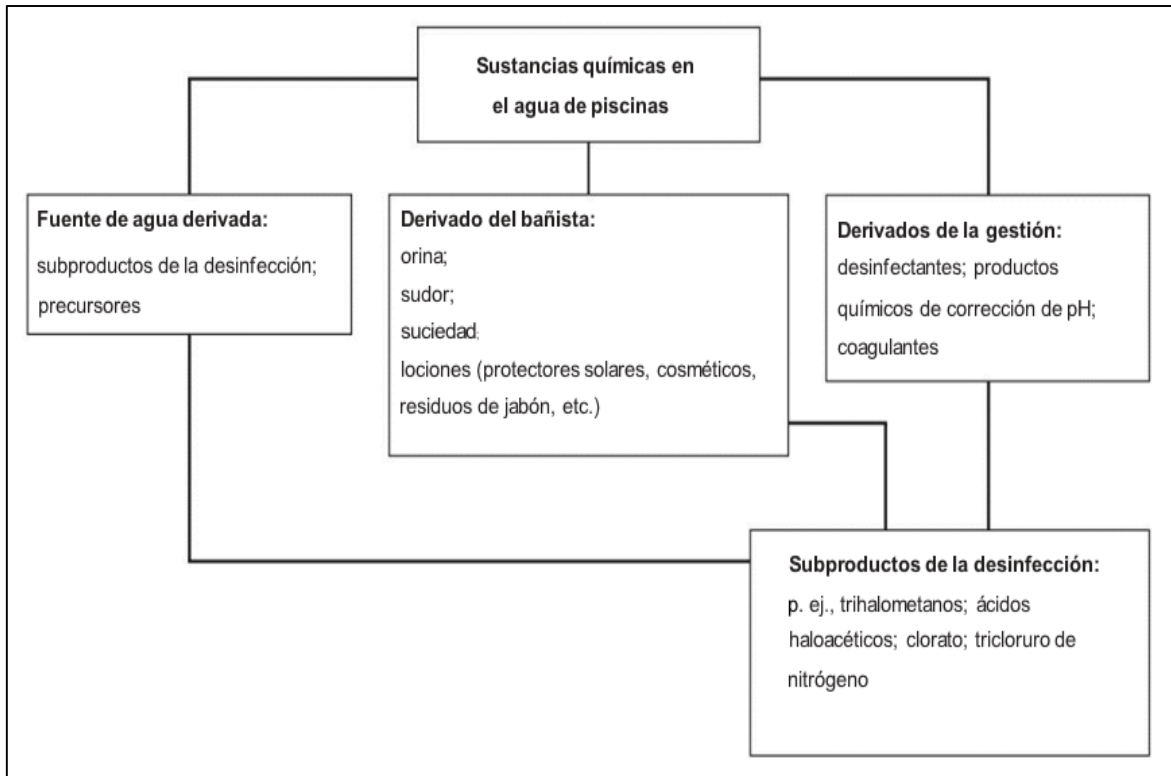


Figura 4. Posibles contaminantes del agua de la piscina en piscinas y entornos similares.

Nota. OMS (2006)

a) Exposición

La OMS (2006), indica que hay tres vías principales de exposición a los productos químicos en piscinas y entornos similares:

- Ingestión directa de agua.
- Inhalación de solutos volátiles o en aerosol.
- Contacto dérmico y absorción a través de la piel.

Ingestión

Según la OMS (2006), la cantidad que ingieran nadadores y los usuarios de la piscina dependerá de varios factores, como la experiencia, la edad, la habilidad y el tipo de actividad, donde la duración de la exposición variará significativamente en diferentes circunstancias,

aunque para los adultos, se esperaría que la exposición prolongada esté asociada con una mayor habilidad (por ejemplo, nadadores competitivos), y por lo tanto habría una tasa de ingestión más baja en un tiempo comparable que para usuarios menos expertos.

Inhalación

Para la OMS (2006), los nadadores y usuarios de piscinas inhalan el aire justo por arriba de la parte superficial del agua, y su volumen inhalado es una función de la intensidad del esfuerzo y el tiempo, también las personas que usan una piscina cubierta respiran aire en el área más amplia del edificio que alberga la piscina, aunque en el entorno de la piscina se van diluyendo en aquellas al aire libre, también la exposición por inhalación está asociada a las sustancias volátiles desprendidos de la superficie del agua, incluyendo la inhalación de aerosoles donde haya salpicaduras significativas.

Contacto dérmico

La OMS (2006), considera que la piel en las piscinas es la que se expone a los productos químicos del agua, incluyendo el impacto directo a los ojos y membranas mucosas, aunque también los productos químicos en el agua también pueden atravesar la piel del usuario de la piscina y ser absorbidos por el cuerpo, dependiendo su grado de absorción de una variedad de factores, incluido el período de contacto, la temperatura y concentración del químico.

b) Productos químicos derivados del agua de origen

La OMS (2006), indica que todas las fuentes de agua contienen productos químicos, algunos de los cuales pueden ser importantes con respecto a la seguridad de piscinas, tal es así que el suministro de agua potable municipal puede contener materiales orgánicos (como

ácido húmico, que es un precursor de subproductos de desinfección), subproductos de la desinfección de tratamientos o procesos de desinfección, cal y álcalis, fosfatos y, para sistemas cloraminados, monoclóraminas; también en algunas circunstancias, el radón también puede estar presente en el agua que se deriva del agua subterránea; bajo tales circunstancias, la ventilación adecuada en piscinas cubiertas será una consideración importante.

c) Productos químicos derivados de bañistas

Sobre los productos químicos que originan los bañistas, la OMS (2006) indica que los bañistas excretan de varias maneras compuestos de nitrógeno, produciéndose varios compuestos en la piel, como es el caso del sudor que el nitrógeno forma compuestos de amoníaco, urea, aminoácidos y creatinina, que varía de acuerdo a las circunstancias, pudiéndose también descargar cantidades significativas de compuestos de nitrógeno en el agua de la piscina a través de la orina.

d) Sustancias químicas derivadas de la gestión

La OMS (2006), para lograr la calidad que se requiere en el agua de la piscina, se agregan productos químicos como parte de la gestión de control del agua en la piscina, para ello se trata constantemente una porción de agua de la piscina, que generalmente incluye filtración (a menudo junto con coagulación), corrección del pH y desinfección.

2.2.1.9. Gestión de la calidad del agua y del aire

La OMS (2006), indica los principales desafíos de salud que se relacionan con la calidad del agua y el aire que deben abordarse son, en orden típico de prioridad de salud pública:

- Control de la claridad del agua para reducir el riesgo de lesiones al mínimo.
- Control de calidad del agua para prevenir la transmisión de enfermedades infecciosas.
- Control de los peligros potenciales de los subproductos de la desinfección.

Además, la OMS (2006), considera que todos estos desafíos se pueden enfrentar a través de una combinación de los siguientes factores:

- *Tratamiento*, que permita eliminar partículas, contaminantes y microorganismos. Se incluye unidades de filtración y desinfección para desactivar o eliminar microorganismos infecciosos.
- *Sistema hidráulico de la piscina*, para garantizar que se distribuya eficazmente el desinfectante en toda la piscina, con una buena mezcla y eliminación de agua contaminada.
- *Adición de agua dulce a intervalos frecuentes*, con objeto de diluir sustancias que no se pueden eliminar del agua con tratamiento.
- *Limpieza*, que permita eliminar biopelículas desde superficies, sedimentos del fondo y partículas adsorbidas a los materiales del filtro).
- *Ventilación de piscinas cubiertas*, que permita la evacuación de subproductos volátiles productos de la desinfección y el radón de presentarse.

Para la OMS (2006), el control de la claridad, el criterio de calidad del agua más importante, implica un tratamiento adecuado del agua, incluida la filtración; además indica que el control de patógenos generalmente se logra con la combinación de circulación del agua de la piscina a través del tratamiento (que normalmente requiere algún tipo de filtración y adicionalmente desinfección) y la dosificación de un

desinfectante residual químico que inactive los microorganismos que se introducen en la piscina, como es el caso que los que originan los bañistas; si bien, no todos los agentes infecciosos mueren con los desinfectantes residuales que se usan con más frecuencia, y como la circulación a través de los procesos de tratamiento físico es lenta, es necesario minimizar las liberaciones fecales y vómitos accidentales (y responder eficazmente a ellos cuando ocurran) y minimizar la introducción de organismos del cobertizo del bañista mediante la higiene previa al baño, la colonización superficial microbiana puede ser un problema y generalmente se controla mediante niveles adecuados de limpieza y desinfección, el control de los subproductos de desinfección requiere dilución, selección de fuentes de agua sin precursores de estos (puede incluir pretratamiento del agua si es necesario), duchas previas a la natación, tratamiento, modificación u optimización de la desinfección y educación de los bañistas.

a) Higiene antes de nadar

La OMS (2006), indica que en algunos países, es común ducharse antes de nadar, esta ayudará a eliminar los restos de sudor, aceite bronceador, cosméticos, orina, materia fecal y otros posibles contaminantes del agua, al ducharse antes de nadar, el agua de la piscina es más limpia, más fácil de desinfectar con cantidades más pequeñas de productos químicos y, por lo tanto, más agradable para nadar, ahorrándose dinero en productos químicos (compensado en cierta medida por el costo adicional de calentar el agua de la ducha, donde es necesario), las duchas deben desperdiciarse y deben manejarse para controlar el crecimiento de *Legionella*, se cuestiona el papel de los baños de pies y las duchas en el tratamiento del virus del papiloma y las infecciones de los pies, sin embargo, generalmente se acepta que debe haber alguna barrera entre la suciedad exterior y la piscina para minimizar la transferencia de suciedad, un spray para pies es probablemente la mejor

de las alternativas a los baños de pies, cuando se permite el uso de calzado al aire libre junto a la piscina (por ejemplo, algunas piscinas al aire libre), los sistemas de drenaje separados junto a la piscina pueden minimizar la transferencia de contaminantes al agua de la piscina, se deben proporcionar baños y ubicarlos donde puedan usarse convenientemente antes de entrar y después de salir de la piscina, se debe alentar a todos los usuarios a usar los baños previo al uso de la piscina para reducir la micción en la piscina y las emisiones fecales accidentales, si se permiten bebés y niños pequeños (que no saben ir al baño) en las instalaciones de la piscina, deben, siempre que sea posible, usar trajes de baño a prueba de fugas (que contengan orina o heces) e, idealmente, deben tener acceso solo a pequeños piscinas que se pueden vaciar por completo si se produce una liberación fecal accidental.

b) Coagulación

La OMS (2006), indica que los coagulantes (o floculantes) mejoran la eliminación de material disuelto, coloidal o suspendido sacándolo de la suspensión como sólidos (coagulación), posteriormente agrupando los sólidos (floculación), generando un flóculo, que se atrapa con mayor facilidad durante la filtración. La eficiencia en el uso de coagulante está en función del pH, que, por lo tanto, debe controlarse.

c) Desinfección

La OMS (2006), indica que la desinfección es parte del proceso de tratamiento mediante el cual los microorganismos patógenos se inactivan por medios químicos como la cloración o por medio físicos como la radiación UV, con la finalidad de que no represente un riesgo de infección. El agua de la piscina se recircula y desinfecta en el proceso de tratamiento, manteniendo un desinfectante residual (a base de cloro o bromo), que inactiva parcialmente los agentes que los bañistas agregan a la piscina; las instalaciones que son

difíciles o imposibles de desinfectar presentan un conjunto especial de problemas y generalmente requieren tasas muy altas de dilución para mantener la calidad del agua. Para que ocurra la desinfección con cualquier químico biocida, se debe satisfacer la demanda de oxidante para el agua a tratar y debe quedar suficiente químico para efectuar la desinfección.

Elección de un desinfectante

Para la elección de un desinfectante y sistema de aplicación según la OMS (2006), se consideran:

- Seguridad, la seguridad del operador es un factor importante a considerar.
- Compatibilidad con la fuente de agua, donde es necesario hacer coincidir el desinfectante con el pH de la fuente de agua o ajustar su pH.
- El tipo y tamaño de la piscina, como es el caso por ejemplo de que el desinfectante puede degradarse más fácilmente o perderse por evaporación en piscinas al aire libre.
- Capacidad de permanecer en el agua como residuo después de la aplicación.
- Carga de baño.
- Operación de la piscina, es decir, capacidad y habilidades para la supervisión y gestión.

Sobre los desinfectantes a usar en la piscina, la OMS (2006), indica que idealmente, el desinfectante utilizado debe cumplir con los siguientes criterios:

- Producir una eficaz y rápida Inactivación de microorganismos patógenos.
- Continua capacidad de oxidación que ayude en el control de la totalidad de los contaminantes al ser utilizado la piscina;

- Margen amplio de la concentración del biocida efectiva y las concentraciones que producen efectos adversos a la salud del hombre.
- Medición rápida y fácil de concentraciones del desinfectante en la piscina (métodos y equipos simples).
- Posibilidad de medición automática de la concentración de desinfectante, que posibilite dosificación automática de desinfectante, incluyendo su registro de los valores medidos.

Desinfectantes a base de cloro

La OMS (2006), la cloración es el método más utilizado para desinfectar el agua de una piscina, generalmente como cloro gaseoso, una sal de hipoclorito (sodio, calcio, litio) o isocianuratos clorados; el cloro gaseoso se puede usar de manera segura y efectiva, tiene el potencial de causar impactos graves en la salud, y se debe tener cuidado para garantizar que no surjan problemas de salud, su adición cuando se agrega al agua cloro en estado gaseoso o como hipoclorito, para formar ácido hipocloroso (HOCl), disociándose en sus constituyentes H⁺ y OCl⁻ (ión hipoclorito), como sigue:



Figura 5. Disociación acuosa del ácido hipocloroso.

Nota. OMS (2006).

La OMS (2006), indica que la disociación está en función del pH y en menor grado de la temperatura, la disociación es baja a niveles inferiores a 6 de pH. A niveles de pH de 6,5 a 8,5, se produce un cambio de ácido hipocloroso no disociado a una disociación casi completa; como desinfectante el ácido hipocloroso es mucho más fuerte que el ion

hipoclorito; a un pH de 8,0, el 21 % del cloro libre existe en forma de ácido hipocloroso (que actúa como un desinfectante oxidante fuerte y rápido), mientras que a un pH de 8,5, solo el 12 % de ese cloro existe como ácido hipocloroso; por esta razón, el valor de pH debe mantenerse relativamente bajo y dentro de límites definidos (7,2–7,8); Juntos, el ácido hipocloroso y el OCl^- se conocen como cloro libre; la prueba habitual de cloro detecta tanto el cloro libre como el total; para determinar la efectividad de la desinfección, también se debe conocer el valor del pH.

Desinfectantes a base de bromo

La OMS (2006), el bromo elemental es un líquido pesado, de color marrón rojizo oscuro, volátil, con vapores tóxicos e irritantes para los ojos y las vías respiratorias, y no se considera adecuado para la desinfección de piscinas.; el bromo se combina con algunas impurezas del agua para formar bromo combinado, incluidas las bromaminas; sin embargo, el bromo combinado actúa como desinfectante y produce olores menos fuertes y desagradables que las cloraminas correspondientes; el bromo no oxida los compuestos de amoníaco y nitrógeno; debido a esto, el bromo no puede usarse para dosis de choque; cuando se utilizan desinfectantes de bromo, a menudo es necesaria una dosificación de choque con cloro para oxidar los compuestos de amoníaco y nitrógeno que finalmente se acumulan en el agua; el ácido hipobromoso reacciona con la luz solar y no se puede proteger de los efectos de la luz ultravioleta con ácido cianúrico u otros productos químicos, por lo que es más práctico usar desinfectantes de bromo para piscinas cubiertas.

Ozono

La OMS (2006), el ozono se genera en el sitio y es potencialmente peligroso, particularmente para los operadores de la sala de máquina; la ozonización va seguida de

la desozonización y la adición de un desinfectante residual (es decir, desinfectantes a base de cloro o bromo); toda el agua en circulación es tratada con cantidades suficientes de ozono (entre 0,8 y 1,5 g/m³, dependiendo de la temperatura del agua) para satisfacer la demanda oxidante del agua y conseguir un residual de ozono disuelto durante varios minutos; en estas condiciones, el ozono oxida muchas impurezas (por ejemplo precursores de trihalometano) y microorganismos (desinfección), lo que reduce los requisitos posteriores de desinfectante residual en el agua de la piscina; una demanda más baja de desinfectante permite que el operador de la piscina logre el residual deseado con una dosis de cloro (o bromo) aplicada más baja; como el ozono puede ser inhalado por los usuarios y el personal al cuidado de la piscina, el exceso de ozono debe destruirse (formando oxígeno y dióxido de carbono) mediante desozonización (usando carbón activado granular, carbón activado antracita tratada térmicamente o destrucción térmica), y se debe instalar un detector de fugas de ozono en la sala de máquinas; como los desinfectantes residuales también serían eliminados por el proceso de desozonización, por lo tanto, se agregan después de esto; puede ocurrir la colonización microbiana de los medios de desozonización (especialmente carbón activado granular); esto se puede evitar asegurándose de que haya desinfectante residual en el flujo de agua entrante de la piscina, manteniendo la profundidad correcta del lecho del filtro y una velocidad de filtración adecuada. El ozono no es adecuado para su uso como desinfectante residual, ya que se vaporiza fácilmente, es tóxico y es más pesado que el aire, lo que provoca molestias y efectos adversos a la salud (Locher, 1996, como se citó en OMS 2006).

Radiación ultravioleta (UV)

La OMS (2006), indica que, de igual manera que el ozono, la radiación UV purifica el agua en circulación, y no deja desinfectante residual en el agua, inactivando microorganismos y descomponiendo contaminantes, como las cloraminas, reduciendo

la demanda de oxidante del agua purificada; la desinfección UV se puede lograr mediante irradiación UV a longitudes de onda entre 200 y 300 nm; al igual que con el ozono, también es necesario utilizar un desinfectante a base de cloro o bromo para proporcionar un desinfectante residual en la piscina. Los siguientes criterios son importantes para seleccionar un sistema UV apropiado:

- Tipo de microorganismos a destruir.
- Caudal de agua a trata.
- Tipo de lámparas (baja o media presión.
- Dosis de UV.
- Temperatura de agua.
- Tasa de desinfección.

Alguicidas

La OMS (2006), considera que los alguicidas se utilizan para controlar el crecimiento de algas, especialmente en piscinas al aire libre, el crecimiento de algas solo es posible si los nutrientes fosfato, nitrógeno y potasio están presentes en el agua de la piscina; el fosfato se puede eliminar del agua de la piscina mediante una buena coagulación y filtración durante el tratamiento del agua; el crecimiento de algas se controla mejor asegurando una coagulación/filtración eficaz y un buen diseño hidráulico; se pueden usar compuestos de amonio cuaternario y polioximino y sales de cobre, pero no se debe agregar ninguno a base de mercurio (un metal pesado tóxico acumulativo) a las piscinas; todos deben usarse estrictamente de acuerdo con las instrucciones de los proveedores y deben estar destinados al uso en piscinas.

Subproductos de desinfección

La OMS (2006), sobre la producción de subproductos de la desinfección, indica que puede controlarse en gran medida minimizando la introducción de precursores a través de la selección de la fuente de agua, buenas prácticas de higiene de los bañistas (por ejemplo ducharse antes de nadar), maximizando su eliminación mediante tratamiento del agua de la piscina bien administrado y reemplazo del agua mediante la adición de suministros nuevos (es decir, dilución de productos químicos que no se pueden eliminar); sin embargo, no se puede evitar que algunos subproductos volátiles de la desinfección, como el cloroformo y el tricloruro de nitrógeno (una cloramina), se originen en el agua de la piscina (según el sistema de desinfección utilizado) y escapen al aire; si bien los niveles de producción deben minimizarse, este peligro también puede controlarse en cierta medida mediante una buena ventilación.

Dosificación de desinfectante

Para la OMS (2006), el método de introducción de desinfectantes en el agua de la piscina influye en su eficacia, la dosificación del desinfectante puede ocurrir antes o después de la filtración. Cada desinfectante tiene sus propios requisitos de dosificación específicos, indicándose aquellas que se aplican a todos:

- Es preferible el uso de un dosificador automático, donde los sensores electrónicos controlan continuamente el pH y los niveles de desinfectante residual y se ajustan la dosificación en consecuencia para mantenerlos en los niveles correctos, siendo importantes una verificación periódica del sistema y una buena gestión.
- Rara vez es justificado una dosificación manual (es decir, poner productos químicos directamente en la piscina), la dosificación manual debe estar

respaldados por una buena gestión de operación y monitoreo, siendo importante en la dosificación manual que esté vacía de bañistas hasta que el químico se haya dispersado.

- Las bombas dosificadoras deben diseñarse para apagarse automáticamente ante una falla del sistema de circulación para que no se siga dispersando los químicos, al producirse altas concentraciones locales del producto químico dosificado, al reanudarse el sistema de circulación, la alta concentración avanzará hacia la piscina, de ser el caso de hipoclorito como el ácido que se han dosificado, la mezcla resultante que contiene cloro gaseoso puede ser peligrosa para los usuarios de la piscina.
- Los desinfectantes residuales deben ser dosificados generalmente al final de todo el proceso de tratamiento.
- Los tratamientos de coagulación, filtración y ozonización o ultravioleta sirven para clarificar el agua, reducir la carga orgánica (incluidos los precursores para la formación de subproductos de desinfección) y reducir en gran medida el contenido microbiano, de manera que la desinfección posterior al tratamiento pueda ser más eficaz y se minimiza la cantidad de desinfectante necesaria.
- Es importante que los desinfectantes y los productos químicos para ajustar el pH se mezclen en el punto de dosificación bien con el agua.
- Los sistemas de circulación y dosificación, deben operarse las 24 horas del día.

Dosificación de choque

Según la OMS (2006), el uso de una dosis de choque de cloro como medida preventiva o para corregir problemas específicos puede ser parte de una estrategia de

manejo adecuado de la piscina, esta se usa para controlar una variedad de patógenos y microorganismos molestos y para destruir contaminantes orgánicos y compuestos de cloramina; la destrucción de las cloraminas requiere niveles de cloro libre de al menos 10 veces el nivel de cloro combinado; de manera preventiva, la dosificación de choque de rutina (que se practica en algunos países) generalmente implica elevar los niveles de cloro libre a por lo menos 10 mg/l durante entre 1 y 4 horas; la dosificación de choque de intervención para un problema de calidad del agua (como una liberación fecal accidental) puede implicar aumentar el cloro libre residual a 20 mg/l durante un período de 8 h mientras la piscina está vacía; es una mala práctica tratar de compensar las insuficiencias en el tratamiento mediante dosis de choque, porque puede enmascarar deficiencias de diseño u operación pudiendo producir otros problemas; si no se agrega suficiente cloro, el problema del cloro combinado (cloraminas) puede exacerbarse y la irritación conjuntival y los olores desagradables en el área de la piscina pueden aumentar a niveles altos; si se agrega demasiado cloro, puede llevar mucho tiempo bajar a niveles seguros antes de que se pueda reanudar el baño; los niveles de cloro deben volver a niveles aceptables (es decir, < 5 mg/l..

d) Filtración

Según la OMS (2006), la función principal de la filtración es eliminar la turbidez para lograr la claridad adecuada del agua, la claridad del agua es un factor clave que garantiza la seguridad de los nadadores, la mala visibilidad bajo el agua es un factor que contribuye a las lesiones y puede dificultar seriamente el reconocimiento de nadadores en apuros o de un cuerpo tendido en el fondo de la piscina; la desinfección también se verá comprometida por las partículas, las partículas pueden acoger a los microorganismos protegiéndolos de los desinfectantes; alternativamente los desinfectantes oxidan el material

orgánico y también reaccionan con algunos componentes de las partículas orgánicas formando complejos de menor eficacia; se considera a la filtración un paso crítico para la eliminación de ooquistes de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia*, siendo eficaz también contra los microbios, como las amebas, que albergan a las llamadas bacterias oportunistas de las especies *Legionella* y *Mycobacterium*.

e) Dilución

La OMS (2006), considera que la coagulación, la filtración y la desinfección no eliminarán todos los contaminantes, por lo que el diseño de una piscina debe permitir la dilución del agua con agua dulce, limitando la acumulación de contaminantes provenientes de los bañistas como por ejemplo sudor y la orina, también de subproductos de la desinfección y de varios otros productos químicos disueltos; las tasas de dilución deben tener en cuenta el reemplazo del agua utilizada en el retrolavado, la evaporación y las salpicaduras del filtro, como norma general, la aportación de agua dulce a las piscinas desinfectadas no debe ser inferior a 30 litros por bañista.

f) Circulación e hidráulica

La OMS (2006), indica que con la circulación y al sistema hidráulico se garantiza que toda la piscina reciba el servicio adecuado de agua filtrada y desinfectada, haciendo que el agua tratada llegue a todas las partes de la piscina y por otro lado el agua contaminada se elimine, especialmente desde las áreas más utilizadas y más contaminadas por los usuarios; se recomienda que el 75 a 80 % se tome de la superficie y el resto se tome del fondo de la piscina; los retornos inferiores permiten la eliminación de arena y una mejor circulación dentro de la piscina; sin una buena circulación e hidráulica, es posible que incluso el tratamiento del agua no proporcione la calidad

adecuada del agua de la piscina; la tasa de circulación se define como el flujo de agua hacia y desde la piscina a través de todas las tuberías y el sistema de tratamiento, La tasa de circulación adecuada depende, en su mayoría de la carga de baño; hay, sin embargo, algunos tipos de piscinas donde la tasa de circulación no puede derivarse de manera realista de la carga de baño: piscinas de buceo y otras aguas de más de 2 m de profundidad, por ejemplo, donde la carga de baño en relación con el volumen de agua puede ser muy baja.; la tasa de circulación está relacionada con el período de rotación, al tiempo que tarda un volumen total de agua de la piscina en pasar por los tratamientos y volver hacia la piscina; sin embargo, los períodos de rotación también deben adaptarse al tipo particular de grupo, esto está relacionado con la probable carga de contaminación según el tipo de actividad realizada y el volumen de agua dentro de la piscina; cuando las piscinas tengan pisos móviles, la rotación debe calcularse en función de la profundidad más baja que se pueda lograr.

g) Carga de baño

La OMS (2006), establece que la carga de baño es una medida del número de usuarios en la piscina; para una nueva, la carga de baño debe estimarse en la etapa de diseño, hay muchos factores que determinan la carga máxima de baño de una piscina; éstos incluyen:

- Área de agua: en términos de espacio para que los bañistas se muevan y seguridad física.
- Profundidad del agua: cuanto más profunda es el agua, más se puede nadar y más área requiere el bañista.
- Comodidad.
- Tipo de piscina y actividad de baño.

Según la OMS (2006), los operadores de piscinas deben ser conscientes de la carga máxima de baño y deben asegurarse de que no se supere durante el funcionamiento de la piscina, detallados en la Tabla 2.

Tabla 2

Carga máximo de baño

Profundidad	Carga máxima de baño
< 1,0 m	1 bañista por 2,2 m ²
1,0 a 1,5 m	1 bañista por 2,72 m ²
> 1,5 m	1 bañista por 4,0 m ²

Nota. (BSI, 2003, como se citó en OMS, 2006).

2.2.1.10. Monitoreo

La OMS (2006) considera que los parámetros fáciles y económicos de medir de manera confiable y de relevancia operativa inmediata para la salud (como la turbidez, el desinfectante residual y el pH) deben monitorearse con mayor frecuencia y en los diferentes tipos de piscinas; en la práctica, la necesidad de monitorear otros parámetros (físicos, químicos y microbianos) está determinado por la capacidad de gestión, la intensidad del uso y la práctica local; sin embargo, el monitoreo microbiano generalmente es necesario en piscinas tanto públicas y semipúblicas; disponiéndose de procedimientos preestablecidos (claros, escritos) establecidos por los gerentes para actuar sobre los resultados del monitoreo, incluida la forma de actuar sobre cualquier resultado inesperado; los operadores deben saber qué hacer ellos mismos o cómo asegurarse de que otra persona tome las medidas adecuadas; la gerencia debe revisar los datos y probar los sistemas regularmente y asegurarse de que los operadores de la piscina hayan tomado las medidas correctivas adecuadas.

a) Turbidez

Para la OMS (2006), la prueba de turbidez es simple, la superación de un estándar de turbidez sugiere que la calidad del agua presenta un deterioro significativo y en consecuencia representa un peligro significativo para la salud de los bañistas, su exceso amerita una investigación inmediata y debería conducir a su cierre, a menos que la turbidez pueda ajustarse rápidamente a los estándares.

b) Nivel de desinfectante residual

La OMS (2006), considera que los estándares nacionales o de otro tipo para los niveles mínimos y máximos de desinfectante residual varían ampliamente, el factor principal es que el nivel de desinfectante residual siempre debe ser consistente con una calidad microbiana satisfactoria; si no se mantiene el desinfectante residual deseado, se debe realizar una investigación y pruebas de seguimiento inmediatas; si los residuos no se pueden restablecer y mantener rápidamente, entonces se amerita una investigación completa de la causa y la prevención de la repetición, y se debe hacer consulta a las autoridades de salud pública con objeto de determinar si la instalación debe permanecer abierta.

Desinfectantes a base de cloro

Sobre el uso de cloro, la OMS (2006) considera para una piscina pública o semipública convencional con buena hidráulica y filtración, que opere dentro de su capacidad de baño y rotación de diseño y proporcione un monitoreo frecuente (o en línea) de cloro y pH; la experiencia ha demostrado que se debe lograr una desinfección de rutina adecuada con una concentración de cloro libre de 1 mg/l en toda la piscina; concentraciones de cloro libre muy por encima de 1,2 mg/l no deberían ser necesarios en ninguna parte de la piscina, a menos que la piscina no esté bien diseñada o no esté bien operada; si, por ejemplo,

la circulación es demasiado lenta, la distribución es deficiente o las cargas de baño son demasiado pesadas; cuando este sea el caso, es más apropiado a largo plazo tratar el problema subyacente, en lugar de aumentar los niveles de desinfección; la experiencia sugiere que el nivel de cloro combinado en el agua de la piscina (cloraminas) no debe superar a la mitad de la concentración de cloro libre (pero el cloro combinado debe ser lo más bajo posible e idealmente inferior a 0,2 mg/l); si los niveles son altos, es probable que haya demasiado amoníaco en el agua, lo que indica que las cargas de baño o la contaminación de los bañistas pueden ser demasiado altas, que la dilución es demasiado baja o que el tratamiento no es óptimo; las concentraciones más bajas de cloro libre (0,5 mg/l o menos) serán adecuadas cuando se utilice cloro junto con ozono o desinfección UV.

c) pH

La OMS (2006) indica que el pH del agua de la piscina debe ser controlada para garantizar una desinfección y coagulación eficientes, evitar daños en el tejido de la piscina y garantizar la comodidad del usuario, el pH debe mantenerse entre 7,2 y 7,8 para desinfectantes a base de cloro y entre 7,2 y 8,0 para procesos a base de bromo y otros procesos sin cloro; la frecuencia de medición dependerá del tipo de piscina, se sugiere que para piscinas públicas, el valor de pH debe medirse continuamente y ajustarse automáticamente; para otras piscinas semipúblicas se sugiere que el monitoreo se realice varias veces al día, durante las horas de funcionamiento; para piscinas domésticas, se recomienda medir antes del uso de la piscina; las acciones a tomar si no se mantiene el pH dentro del rango objetivo son similares a las de los residuos de desinfectante.

d) Potencial de oxidación-reducción (ORP)

La OMS (2006), indica que el potencial de oxidación-reducción (también conocido como ORP o redox) también se puede utilizar en el control operativo de la eficacia de la desinfección; en general en piscinas y ambientes similares, se debe tener niveles superiores a 720 mV (medidos con un medidor de plata/electrodo de cloruro de plata) o 680 mV (con el uso de un electrodo de calomelanos) sugieren que el agua se encuentra en buenas condiciones microbianas, aunque se sugiere que se determinen los valores apropiados caso por caso.

e) Calidad microbiana

La OMS (2006) considera la existencia de un riesgo limitado de contaminación microbiana en una piscina bien gestionada manteniéndose un nivel de desinfectante residual adecuada, un valor de pH mantenido en un nivel apropiado, filtros bien operados y un control frecuente de parámetros no microbianos; sin embargo, las muestras de agua de piscinas públicas y semipúblicas deben monitorearse a intervalos apropiados para determinar los parámetros microbianos; estas pruebas no garantizan la seguridad microbiana pero sirven para proporcionar información con la que juzgar la eficacia de las medidas adoptadas.

Organismos “indicadores”

La OMS (2006), indica que el monitoreo de los peligros microbianos potenciales generalmente se realiza utilizando microorganismos “indicadores”, en lugar de peligros microbianos específicos, donde los organismos indicadores de aplicación a piscinas deben cumplir ciertos criterios:

- El indicador debe estar ausente en ambientes no contaminados y presente cuando en la fuente se dé la presencia de microorganismos génicos de interés (por ejemplo materia fecal).
- El indicador no debe multiplicarse en el ambiente.
- El indicador debe estar presente en mayor número que los microorganismos patógenos.
- El indicador debe responder a las condiciones ambientales naturales y a los procesos de tratamiento del agua de manera similar a los patógenos en cuestión.
- El indicador debe ser fácil de aislar, identificar y enumerar.
- Las pruebas de indicadores deberían ser económicas, lo que permitiría tomar numerosas muestras (si corresponde).

Para la OMS (2006), cuando se excedan las pautas operativas, se deberán verificar la turbidez, los niveles residuales de desinfectante, el pH y luego volver a tomar muestras, de excederse las pautas críticas, el grupo debe cerrarse mientras se llevan a cabo la investigación y la remediación; los microorganismos utilizados en la evaluación de la calidad microbiana de piscinas y entornos similares incluyen:

- Recuento heterotrófico en placa (HPC).
- *Coliformes termotolerantes*.
- *E. coli*.
- *Pseudomonas aeruginosa*.
- *Legionella spp*, y
- *Staphylococcus aureus*.

2.2.1.11. Diseño y construcción de piscinas

La OMS (2006), El tipo, el diseño y el uso de una piscina pueden presentar ciertos peligros (p. ej., las piscinas pueden tener cambios repentinos de profundidad, lo que puede dar lugar a que personas que no saben nadar se encuentren repentinamente fuera de su profundidad). Cuando las temperaturas del agua son altas y el agua se agita rápidamente, puede resultar difícil mantener un pH, una calidad microbiana y unas concentraciones de desinfectante satisfactorios.

Además, la OMS (2006) considera que las personas responsables de la puesta en marcha de piscinas y entornos similares, junto con los diseñadores y contratistas, deben conocer los requisitos para garantizar un uso seguro y agradable de las instalaciones, muchas decisiones que se toman en la etapa de diseño y construcción repercutirán en la facilidad con la que se puede garantizar un funcionamiento seguro una vez que la piscina esté en uso. La Tabla 3 resume ejemplos de buenas prácticas en diseño, especificación o construcción de piscinas y entornos similares en relación con los principales problemas de salud discutidos anteriormente; las autoridades locales y nacionales pueden establecer requisitos específicos de cumplimiento en el diseño y construcción de piscinas e instalaciones acuáticas recreativas similares, alternativamente, estas autoridades o las asociaciones profesionales o comerciales pueden establecer pautas menos formales, las personas competentes y experimentadas pueden ser miembros de asociaciones profesionales o pueden estar sujetas a esquemas de licencias para ejercer, pudiendo haber un proceso de aprobación para el diseño y durante la construcción, por ejemplo, a través de reglamentos de construcción.

Tabla 3

Buenas prácticas en diseño y construcción

Objetivo	Acciones típicas/requisitos de buenas prácticas
Prevención de lesiones por atrapamiento	<p>Especifique un mínimo de dos drenajes de succión por sistema de bomba, con drenajes suficientemente separadas para evitar atrapamientos.</p> <p>Salidas y rejillas de drenaje instaladas correctamente para evitar el atrapamiento por succión.</p> <p>Cierre de la bomba permanentemente accesible para socorristas o público (si no hay socorrista permanente).</p>
Prevención de accidentes de buceo	<p>Indicación clara de la profundidad de manera localmente comprensible en frecuentes intervalos.</p>
Habilitar adecuado salvavidas	<p>Todas las zonas de la piscina deben ser visibles desde los puestos de socorrismo.</p> <p>Luz artificial adecuada.</p> <p>El deslumbramiento no impide la visibilidad bajo el agua.</p> <p>El fondo liso de la piscina ayuda a reconocer los cuerpos.</p>
Prevención de resbalón/tropezón/caída accidentes	<p>Superficies envolventes antideslizantes.</p> <p>Área que bordea la piscina libre de peligros de tropiezos (por ejemplo, tuberías y equipos).</p> <p>Los accesorios temporales no crean ningún peligro cuando se quitan (por ejemplo, tacos de salida).</p> <p>El borde de la piscina está inclinado para drenar de manera efectiva.</p> <p>Borde de la piscina en color contrastante (a menos que la pendiente sea suave desde superficie).</p> <p>Escalones, peldaños, etc. marcados con color de contraste.</p> <p>La piscina y el entorno están libres de bordes afilados o salientes.</p>
Minimice la inmersión involuntaria y permita la auto recuperación	<p>Evite el acceso no autorizado, vallas de aislamiento (que encierran solo la piscina) se recomienda al menos 1,2 m de altura con puerta de cierre automático y pestillo automático para piscinas donde los niños puedan tener acceso sin supervisión.</p>

(especialmente para no nadadores)	Evite los cambios bruscos de profundidad, especialmente en aguas poco profundas (p. ej., <1,5 m de profundidad)
	Cambios de profundidad identificados por el uso de materiales de colores contrastados.
	Paredes laterales y de fondo verticales por un mínimo de 1 m.
	Escalones/escaleras para facilitar el acceso dentro y fuera de la piscina.
Minimizar y controlar la contaminación microbiana fecal y no fecal	Proporcionar fácil acceso a baños y duchas.
	Diseñe duchas antes de nadar para que los bañistas tengan que ducharse antes de entrar al área de piscina.
	Colocación estratégica de pediluvios.
	Provisión de capacidad de tratamiento adecuada.
	En la puesta en marcha o después de un cambio de equipo o modificación de tuberías, drenajes, etc., confirman el patrón de circulación y la ausencia de "puntos muertos" (p. ej. por pruebas de colorante).
	Para piscinas públicas y semipúblicas (cuando sea posible), incluya pequeños, separadores de piscinas para niños para facilitar el drenaje en respuesta a heces accidentales
Minimizar la exposición a productos químicos volátiles	Asegure el flujo de aire a lo largo de la superficie del agua (ventilación forzada o natural) e intercambio de aire fresco adecuado
Minimizar la formación de subproductos de la desinfección por control de precursor aporte	Diseñe un sistema de tratamiento de piscinas para reducir la formación de DBP (p. ej., pretratamiento del agua si es necesario, sistemas de desinfección que utilicen menos cloro, p. ej. UV u ozono más cloro).
	Proporcionar baños y duchas de fácil acceso.

Nota. (OMS, 2006).

2.2.2. Consideraciones para el diseño del sistema de tratamiento de aguas

Se indica las consideraciones a tomar en cuenta en la construcción y operación de piscinas en el Perú, de acuerdo al D.S. N° 007-2003-SA (Presidencia de la Republica, 2003).

2.2.2.1. Criterios de diseño

a) Criterio de dimensionamiento

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 18, que se debe considerar de acuerdo al número máximo de usuarios, los criterios de la Tabla 4.

Tabla 4

Número máximo de usuario en piscinas en la norma peruana

Tipo de piscina	Personas por m ² de lámina de agua
Al aire libre	3 personas por cada 2 m ²
Cubiertas	1 persona por cada m ²

Nota. (Presidencia de la Republica, 2003).

b) Drenaje de fondo

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 19 establece que los drenajes deben ser instalados en la parte de mayor profundidad de la piscina, cubiertos con rejilla de un adecuado espesor y tamaño, con un diámetro que considere su volumen y el tiempo de vaciado.

c) Capacidad de los drenes

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 20 que la superficie de la boca de los drenes deberá ser cuatro veces mayor que la de la tubería, con objeto de reducir las velocidades de succión.

d) Conexión de desagüe

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 21 establece la prohibición de que el desagüe de la piscina se conecte al municipal con objeto de evitar la contaminación de la piscina.

e) Criterio para ubicar los drenes

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 22 para piscinas de anchos mayores a 5 metros, la distancia entre centros de los drenes no debe superar los 5 metros, y la distancia del centro del dren a la pared no menor a 2,5 metros.

f) Sistema de limpieza

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 23 para las piscinas cuyas láminas de agua superen los 200 m² deben poseer sistemas de limpieza superficial, de usarse canaletas para la limpieza serán instaladas en el perímetro con pendiente a los sumideros para evacuarlos hacia los drenes, y para láminas de agua inferiores los 200 m² podría usarse desnatadores distribuidos adecuadamente por el diseño y en el sentido orientado al viento de una unidad por cada 25 m² como mínimo.

g) Sistema de drenaje exterior

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 24 la instalación en el perímetro de la piscina de canaletas que evacuen las aguas superficiales cuando salen los usuarios, instalando cada 2 metros sumideros hacia las canaletas, con cobertura de material anticorrosivo y antideslizante, pudiendo esta agua recircularse o enviarse al desagüe.

h) Abastecimiento de agua

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 25 que las piscinas deben poseer un sistema de abastecimiento de agua de buena calidad o de la red de agua potable.

i) Tanque de compensación

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 26 el uso de un tanque de compensación para el abastecimiento de agua limpia, con objeto de garantizar un funcionamiento adecuado de la piscina y que también no se retorne al sistema de suministro.

j) Línea de retorno

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 27 que estas posibilitan el retorno del agua tratada asegurando su mezcla en la piscina, con separaciones de hasta 5 metros que evite el estancamiento del agua, instalándose a 0,30 metros del nivel del agua habitualmente, y de usar agua temperada se instalaran también en el fondo.

k) Boquillas de aspiración

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 28 la instalación de boquillas de aspiración para las piscinas con láminas de agua que superen los 200 m², con objeto de facilitar que el agua se evacue al sistema de circulación.

l) Escaleras y barandales

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 29 que se instalen escaleras antideslizantes, anticorrosivas, con barandales, con pasos con suficiente área y ancho de hasta 0,60 metros, ubicadas en el perímetros con distancias hasta 37,50 metros entre ellas.

2.2.2.2. Sistema de recirculación del agua

a) Clasificación

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 40 que las piscinas se clasifican de acuerdo a la Tabla 5.

Tabla 5

Recirculaciones mínimas diarias en piscinas en la norma peruana

Piscina	Recirculaciones mínimas diarias
Pública	4
Privada	3
Patera	4

Nota. (Presidencia de la Republica, 2003).

b) Recirculación de agua

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 41 que toda piscina en su diseño debe considerar el método de recirculación del agua que garantice su calidad y uso racional, garantizando que se recircule las veces consideradas de recirculación de diseño, y que debe contenes los elementos de la Figura 6.

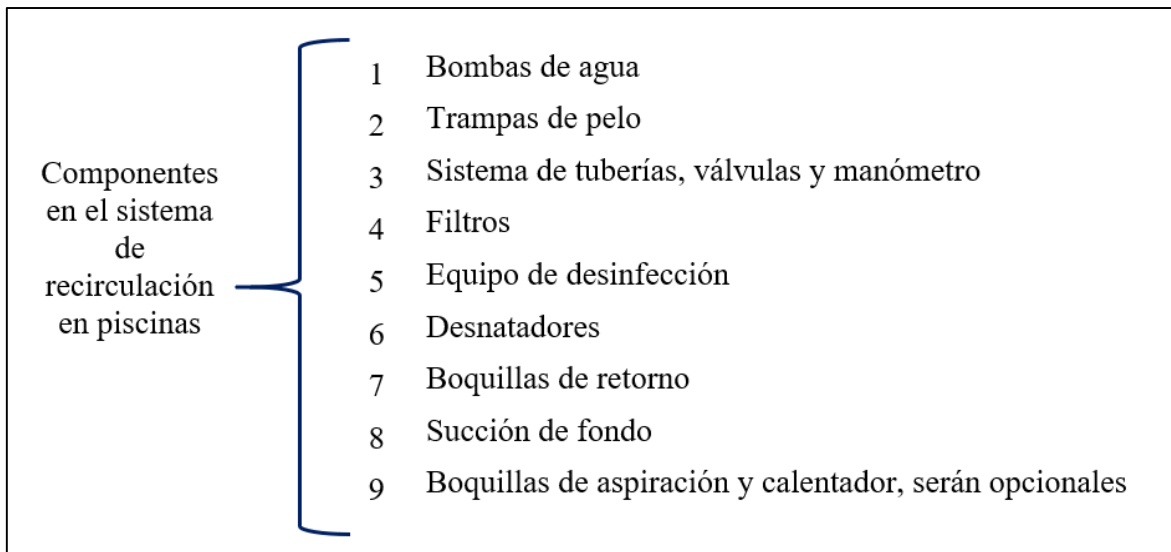


Figura 6. Componentes en el sistema de recirculación en piscinas en la norma peruana.

Nota. (Presidencia de la Republica, 2003).

c) Bombas

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 43 que las bombas deben ser preferentemente de tipo centrífugo, con una potencia que permita recircular las veces necesarias por los filtros a presión consideradas en el diseño, con instalación de una válvula check en su succión al sistema de recirculación.

d) Trampa de pelos

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 44 que el sistema de recirculación debe contemplar la retención de residuos sólidos con una trampa para pelos, hilos y otros, de fácil limpieza y revisión.

e) Sistemas de tuberías y válvulas

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art 45 un diseño de tuberías que minimice las pérdidas energéticas por accesorios para que reduzcan sus consumo, de fácil desmontaje para su limpieza y reparación, con bridas a intervalos regulares, deben estar provistas de un pozo de drenaje en la parte más baja para evacuación de sólidos sedimentables, instalado con vacuómetros y manómetros, con instalación de medidor de caudal al ingreso al local y otra a la salida de los filtros, e instalación de grifos para el muestreo a la entrada y salida del estanque, muestreo después que el agua es tratada y antes de ingresar al estanque.

f) Filtración

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art. 46 que la altura del lecho filtrando debe ser 0,90 metros como mínimo, con capas de diferentes graduaciones de arena silicosa, grava u otro componente filtrante, para el caso de arena las medidas deben ser de 0,4 a 0,5 mm con un coeficiente de uniformidad inferior a 0,75, lavada y sin arcilla, sin materia orgánica e insoluble, proveyendo de 0,45 metros como mínimo de cámara de expansión hasta el rebose para su limpieza, con instalación a la entrada y salida de manómetros para detectar la caída de presión, con tuberías de lavado provistos de un vidrio para el seguimiento del lavado, de estar ubicado encima de la piscina se debe proveer de válvula de control automática para la purga de aire, se recomienda las velocidades de filtración de la Tabla 6.

Tabla 6

Velocidades de filtración recomendadas en la norma peruana

N°	Material filtrante	Velocidades de filtración m ³ /m ² /h
1	Arena de Alto rendimiento	37,8
2	Cuarzo Chancado	25,2
3	Tierra de Diatomeas	5,04
4	Cartuchos	0,945
5	Otros	Debe evitar arrastre o rotura del medio filtrante, o que se evite un tiempo de filtración prolongado y se use la totalidad del material filtrante.

Nota. (Presidencia de la Republica, 2003).

2.2.2.3. Desinfección

a) Sistema de desinfección

En el Art. 47 del D.S. N° 007-2003-SA indica que toda piscina debe disponer de un control automáticos de desinfección de protección de la calidad del agua.

b) Uso del cloro

En el Art. 48 del D.S. N° 007-2003-SA establece las concentraciones de cloro.

Tabla 7

Concentraciones de cloro en piscinas en la norma peruana

N°	Compuesto	Concentración mg/l
1	Libre*	0,4 a 1,2
2	Combinado*	<= 0,6 por encima del cloro residual libre
3	Cloro total	<= 1,8

Nota. * Cloro libre, recuperado de (Presidencia de la Republica, 2003).

c) Uso de otros desinfectantes

El Art. 49 del D.S. N° 007-2003-SA indica el máximo permisible para desinfectantes.

Tabla 8

Concentraciones de otros desinfectantes en piscinas en la norma peruana

N°	Compuesto	Concentración
1	Bromo	1 a 3 mg/l (expresado como Br ₂)
2	Cobre	<= 1 mg/l (expresado como Cu)
3	Plata	<= 50 ug/l
4	Ácido isocianúrico	<= 75 mg/l (expresado en H ₃ C ₃ N ₃ O ₃)
5	Ozono residual	0,0 mg/l (expresado como O ₃)

Nota. (Presidencia de la Republica, 2003).

2.2.2.4. Calidad sanitaria del agua

a) Calidad físico química

En el Art. 52 del D.S. N° 007-2003-SA se indica los parámetros físicos y químicos.

Tabla 9

Calidad físico química del agua en piscinas en la norma peruana

N°	Parámetro	Límite de control
1	pH	6,5 a 8,5
2	Turbidez	< 5 UNT
3	Características Organolépticas	Color y olor ligeros, característicos del tratamiento utilizado o de su origen natural
4	Nitritos	<= 3 mg/L
5	Nitratos	<= 50 mg/L

Nota. (Presidencia de la Republica, 2003).

b) Calidad microbiológica

En el Art. 53 del D.S. N° 007-2003-SA indica los parámetros microbiológicos.

Tabla 10

Calidad microbiológica en agua de piscinas

N°	Parámetro	Límite de control
1	Coliformes fecales	Ausencia por 100
2	Estreptococos fecales; Staphylococcus aureus; Escherichia coli; Pseudomonas aeruginosa; Salmonella spp	militros
3	Parásitos y protozoos	Ausencia
4	Algas; larvas u organismos vivos	

Nota. Adaptado de la normativa peruana (Presidencia de la Republica, 2003).

c) Transparencia

La Presidencia de la Republica (2003), establece en su Art 54 sobre la transparencia del agua en la piscina, que debe distinguirse fácilmente un disco negro de diámetro 0,15 metros en la zona más profunda de la piscina.

2.2.2.5. Índice de calidad sanitaria de piscinas

De acuerdo al MINSA (2011) para medir la calidad sanitaria de piscinas, se aplica el Índice de Calidad Sanitaria de Piscinas (ICSPS), el cual considera cuatro criterios detallados en la Tabla 11, la que totalizan el 100 %.

Tabla 11

Cálculo del ICSPS

Criterio	Detalle	Valor ICSPS	
1. Calidad Microbiológica	Cloro residual	0,15	0,35
	Coliformes termotolerantes	0,15	
	Turbiedad	0,05	
2. Calidad de Equipamiento e Instalaciones	servicios higiénicos y ducha	0,075	0,36
	Lavapiés	0,075	
	Sistema de recirculación	0,21	
3. Calidad de Limpieza	Limpieza del local	0,075	0,15
	Limpieza del estanque	0,075	
4. Ordenamiento Documentario	Libro de registro	0,02	0,14
	Aprobación sanitaria	0,12	
Total ICSPS		1,00	1,00

Nota. Adaptado de la normativa peruana MINSA (2011, p. 11)

a) Control de calidad microbiológica en piscinas

De todos los cuatro criterios, de acuerdo al MINSA (2011) el control microbiológico del agua en piscinas, se realiza mediante la medición de tres parámetros: 1) Cloro residual, 2) Coliformes termotolerantes y 3) Turbiedad. En la Tabla 12 se indica el puntaje de su calidad en función del contenido de estos parámetros.

Tabla 12

Evaluación de calidad microbiológica

Parámetro	Valores	Puntaje	Equivalencia
Cloro residual	De 0,4 a 1,2 mg/l	0,15	Bueno
	Menor a 0,4 mg/l	0,00	Malo
Coliformes termotolerantes	Ausencia	0,15	Bueno
	Presencia	0,00	Malo
Turbiedad	Menor a 5,0 UNT	0,05	Bueno
	Mayor o igual a 5,0 UNT	0,00	Malo

Nota. Adaptado de la normativa peruana MINSA (2011, p. 12)

b) Control de calidad equipamiento e instalaciones

De acuerdo al MINSA (2011), considera tres variables, indicando su puntaje y su equivalencia en la evaluación de equipamientos e instalaciones, como indica en la Tabla 13.

Tabla 13

Evaluación de calidad de equipamiento e instalaciones

Variable	Rango de valor	Puntaje	Equivalencia
SSH y ducha	Limpios y funcionando	0,075	Presencia
	Sucios o malogrados o inexistentes	0,00	Ausencia
Lavapiés	Disponibles, limpios, funcionando y con solución desinfectante.	0,075	Presencia
	Ausentes o sucios, o malogrados o sin solución desinfectante.	0,00	Ausencia
Sistemas de recirculación	Instalado y operando	0,21	Bueno
	Instalado e inoperativo	0,10	Regular
	Ausencia	0,00	Malo

Nota. Adaptado de la normativa peruana MINSA (2011, p. 12)

c) Control de calidad de limpieza

También, el MINSA (2011), considera la calidad de limpieza, de acuerdo a Tabla 14.

Tabla 14

Evaluación de calidad de limpieza

Variable	Rango de valor	Puntaje	Equivalencia
Limpieza del local	Poseen recipientes para residuos y el local se encuentra limpio	0,075	Bueno
	Poseen recipientes para residuos y hay residuos sólidos dispersos	0,038	Regular
	Ausencia de recipientes y el local está sucio	0,00	Malo
Limpieza del estanque	Limpio y ausencia de sólidos flotantes	0,075	Bueno
	Limpio y presencia de sólidos flotantes dispersos	0,038	Regular
	Sucio y presencia de sólidos flotantes abundantes.	0,00	Malo

Nota. Adaptado de la normativa peruana MINSA (2011, p. 13)

d) Control de ordenamiento documentario

Asimismo, el MINSA (2011), considera dos variables, indicando su puntaje y su equivalencia en la evaluación documentaria, de acuerdo a la Tabla 15.

Tabla 15

Evaluación del ordenamiento documentario

Variable	Rango de valor	Puntaje	Equivalencia
Libro de registro	Presente y a día	0,02	Bueno
	Ausencia o no está al día	0,00	Malo
Aprobación sanitaria	Cuenta con autorización sanitaria disponible y vigente	0,12	Bueno
	No cuenta autorización sanitaria o no está vigente	0,00	Malo

Nota. Adaptado de la normativa peruana MINSA (2011, p. 13)

2.2.2.6. Calificación sanitaria de piscinas

De acuerdo al ICSPS obtenido tras la evaluación de los cuatro criterios anteriormente indicados, se cataloga el nivel de calificación sanitaria de las piscinas. Para que sean saludables deben superar el 0,80 de ICSPS, de acuerdo a la Tabla 16.

Tabla 16

Calificación sanitaria según los valores de ICSPS

Nº	Valor de ICSPS	Calificación sanitaria
01	0,00 a 0,39	No saludable
02	0,40 a 0,79	Regularmente Saludable
03	0,80 a 1,00	Saludable

Nota. Adaptado de la normativa peruana MINSA (2011, p. 14)

2.2.3. Base legal

- Directrices para entornos acuáticos recreativos seguros de la OMS (Piscinas y ambientes similares).
- Decreto Supremo N° 007-2003-SA (Reglamento Sanitario de Piscinas).
- Directiva Sanitaria para la Determinación del índice de calificación Sanitarias de las Piscinas Públicas y Privadas de Uso Colectivo N° 033-MINSA/DIGESA.

2.3 Bases filosóficas

En estos tiempos de agotamiento acelerado de los recursos en nuestro planeta, se tiene la necesidad de utilizar adecuadamente los recursos que se dispone. En ese sentido, el Ministerio del Ambiente (2009) aborda las bondades de la ecoeficiencia, a tal punto de considerarla como una filosofía que posibilita simultáneamente beneficios donde se implemente y reducción de los residuos que se generan, conllevando a la competitividad en las organizaciones.

2.4 Definición de términos básicos

Piscina

MINSA (2011) define:

Es el estanque artificial o parcialmente artificial destinado al baño recreativo o deportivo, donde el uso que se hace del agua supone un contacto primario y colectivo con ésta, así como con los equipamientos e instalaciones necesarios que garantizan su funcionamiento adecuado. (p. 10)

Sistema de recirculación

MINSA (2011) define:

Sistema de abastecimiento de agua de la piscina que debe permitir la recirculación del agua las veces establecidas en el Reglamento Sanitario de Piscinas y debe constar de: bombas de agua; trampas de pelo; sistema de tuberías, válvulas y manómetro; filtros; equipo de desinfección; desnatadores; boquillas de retorno; succión de fondo, opcionalmente boquillas de aspiración y calentador. (p. 10)

Cloro residual

Dirección General de Salud Ambiental (2011), “Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento” (p. 10).

Turbiedad

Sierra (2011) Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz (p. 55).

Tratamiento físico

El tratamiento físico del agua se centra en la eliminación de elementos producidos por la contaminación física del agua, es decir, los elementos presentes en el vaso de piscina que se pueden tocar y coger. En piscinas cubiertas estos elementos pueden consistir en partículas de materia orgánica dejadas por los usuarios, pelos y algas. Sin embargo, en

piscinas descubiertas puede tratarse de partículas traídas por el viento, vegetales, hojas, insectos, etc. Medina y Jiménez (2011, como se citó por Fernández y Gallardo, 2015).

Boquillas

González (2012) “son los orificios de salida del agua depurada, permiten la recirculación del agua. Conviene que estén bien orientadas para evitar el agua estancada” (p 15)

Sumidero

González (2012) “es el orificio del fondo de la piscina, que sirve para succionar el agua y recircularla también sirve para vaciar la piscina” (p. 15).

Filtro

González (2012) “es el encargado de retener las partículas en suspensión con el fin de clarificar el agua, según el sistema de filtración estos pueden ser de arena o sílex, diatomeas o de cartucho” (p. 15).

Volumen de agua de la piscina

González (2012) Es el volumen total de agua almacenada en nuestra piscina, sean litros o galones (p. 16).

2.5 Hipótesis de investigación

2.5.1. Hipótesis general

- El diseño de un sistema de tratamiento de aguas permitirá asegurar la calidad sanitaria de una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.

2.5.2. Hipótesis específicas

- Las bases de diseño de un sistema de tratamiento de aguas comprende la normativa, sus dimensiones y la calidad de agua de suministro para la piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.
- El diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas deberá mantener bajo control los parámetros físico químicos, microbiológicos y la transparencia del agua en una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.

2.6 Operacionalización de las variables

Previo al diseño del sistema de tratamiento de la piscina semiolímpica, se consideraron previamente las bases para su diseño. Por lo tanto, si consideramos que operacionalizar variables es disgregar de ser necesarios en dimensiones y subdimensiones con sus respectivos indicadores (Córdova, 2017). Se tiene la variable de caracterización (bases del diseño) y la variable de interés (diseño de un sistema de tratamiento de aguas), mostrados en la Tabla 17.

Tabla 17

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Escala	
Variable de caracterización	Todas aquellas situaciones que se toman en cuenta para el diseño de una instalación bajo criterios establecidos (Sociedad Nuclear Española, s.f.).	Se ha considerado en bases de diseño, la normativa nacional (D.S. N° 007-2003-SA y la Directiva Sanitaria N° 033-MINSA/DIGESA), el dimensionamiento exigido y la calidad de agua de suministro.	<ul style="list-style-type: none"> • Normativa • Disposiciones • Largo • Ancho • Alto 	<ul style="list-style-type: none"> • Nominal • Razón 	
1. Bases del diseño			<ul style="list-style-type: none"> • Calidad del agua de suministro • Condición de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Nominal 	
Variable de interés	Comprende la disposición del estanque y de instalaciones auxiliares de acuerdo a la norma sanitaria y específicas La Presidencia de la Republica (2003).	Para el diseño se consideró las funciones que debe tener un sistema de tratamiento de aguas para una piscina semiolímpica, para funciones de lavado, desagüe, filtración, recirculación. Asimismo, una evaluación preliminar del Índice de Calidad Sanitaria del diseño propuesto.	<ul style="list-style-type: none"> • Función de lavado • Función de desagüe • Función filtración • Función recirculación • Análisis del Índice de Calidad Sanitaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución de tuberías • Equipos • Distribución de tuberías • Equipos • Distribución de tuberías • Equipos • Distribución de tuberías • Equipos • Valor mínimo ICSPS 	<ul style="list-style-type: none"> • Nominal • Nominal • Nominal • Nominal • Nominal
2. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas					

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

Estudio aplicado, que pretende plantear un diseño en el tratamiento de las aguas que utilizan las piscinas, que permita controlar la carga microbiológica, entre ellas virus que serán más recurrentes al pasar de los años.

Estudio observacional, considerando que los datos técnicos requeridos para el diseño de un sistema que permita un tratamiento de aguas para una piscina semi olímpica, fueron recolectados de la normativa actual nacional y las recomendaciones de la OMS.

Estudio prospectivo, debido a que el análisis de las bases de diseño y el propio diseño fue ejecutado por el investigador, considerando los criterios de calidad de un agua que garantice que los usuarios de la piscina semi olímpica no corran el riesgo de contraer infecciones o enfermedades.

Estudio transversal considerando que el acopio de los datos fue realizado por única vez, y seguido a ello el diseño de un sistema de tratamiento que garantice la seguridad de las aguas para los bañistas en una piscina semi olímpica.

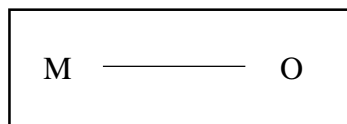
Estudio descriptivo, por el hecho que como estudio univariado, no se manipuló ninguna variable, limitándose a recolectar los datos y plasmar la configuración del diseño de las diferentes funciones que debe contar el sistema de tratamiento de aguas para una piscina semi olímpica.

3.1.2. Nivel de investigación

Un estudio de nivel descriptivo estudia a personas individuales, comunidades, procesos, objetos u otro fenómeno, detallando sus características particularidades y propiedades (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). En ese sentido, el estudio es de un nivel descriptivo.

3.1.3. Diseño

Córdova (2017) considera que un diseño de investigación hace posible que se respondan las interrogantes que motiva la investigación. Por ello, en base a esta afirmación y el nivel descriptivo de la investigación, se tiene un diseño no experimental descriptivo transversal, pudiéndose representar:



M : Muestra.

O : Observación de la variable.

3.1.4. Enfoque

La naturaleza de los datos recabados y su procesamiento condiciona el enfoque a utilizar. Al respecto, Córdova (2017) considera a las investigaciones cuantitativas buscan medir y cuantificar las variables, y por otro lado las investigaciones cualitativas más presentan una perspectiva interpretativa. En ese sentido, el enfoque es mixto, una parte cuantitativa en los cálculos de diseño y cualitativa en la descripción del sistema de tratamiento de agua.

3.2 Población y muestra

3.2.1. Población

Como la unidad de estudio es una piscina semi olímpica, la población está constituida por las *piscinas de natación semi olímpica*.

3.2.2. Muestra

Para el estudio, considerándose como la muestra una *piscina de natación semi olímpica en la playa Chorrillos de Huacho*.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Para el estudio, se utilizó la técnica documental, en el sentido que se recabó información relacionada al dimensionamiento de la piscina semi olímpica, las directrices para entornos acuáticos recreativos seguros (piscinas y ambientes similares) de la OMS, las disposiciones legales nacionales Reglamento Sanitario de Piscinas (D.S. N° 007-2003-SA) y la Directiva Sanitaria N° 033 - MINS/DIGESA.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Los datos recogidos de las directivas internacionales y normas nacionales, se utilizó como base para el diseño de un sistema de tratamiento de aguas, que aseguren la calidad fisicoquímica y microbiológica en una piscina semi olímpica, riesgos a la salud de los bañistas que pueden estar expuestas al hacer uso de ellas si no se tratan adecuadamente.

Por ello, se consideró para el diseño del sistema, las funciones de lavado, desagüe, filtración y recirculación de las aguas, y un análisis previo del Índice de Calidad Sanitaria lo cual garantizaría su calidad y la seguridad sanitaria de los bañistas.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1. Bases de diseño

4.1.1.1. Normativa

Se ha considerado los lineamientos y disposiciones a tener en cuenta en el diseño de piscinas emitidas en el D.S. N° 007-2003-SA y la Directiva Sanitaria N° 033 - MINSA/DIGESA - V.01.

4.1.1.2. Dimensiones del estanque de la piscina

La capacidad del estanque se mide en m^3 , su cálculo es producto de la longitud por el ancho y la profundidad, que al presentar inclinación la profundidad es la altura media. Su importancia radica en que permitirá dosificar adecuadamente los productos y el ajuste del tiempo que requiere su depuración. Considerándose las siguientes medidas:

- Largo : 25,00 m
- Ancho : 12,50 m
- Profundidad : 1,40 – 1,50 m
- Perímetro : 75,00 m
- Volumen aprox. : 453,12 m^3

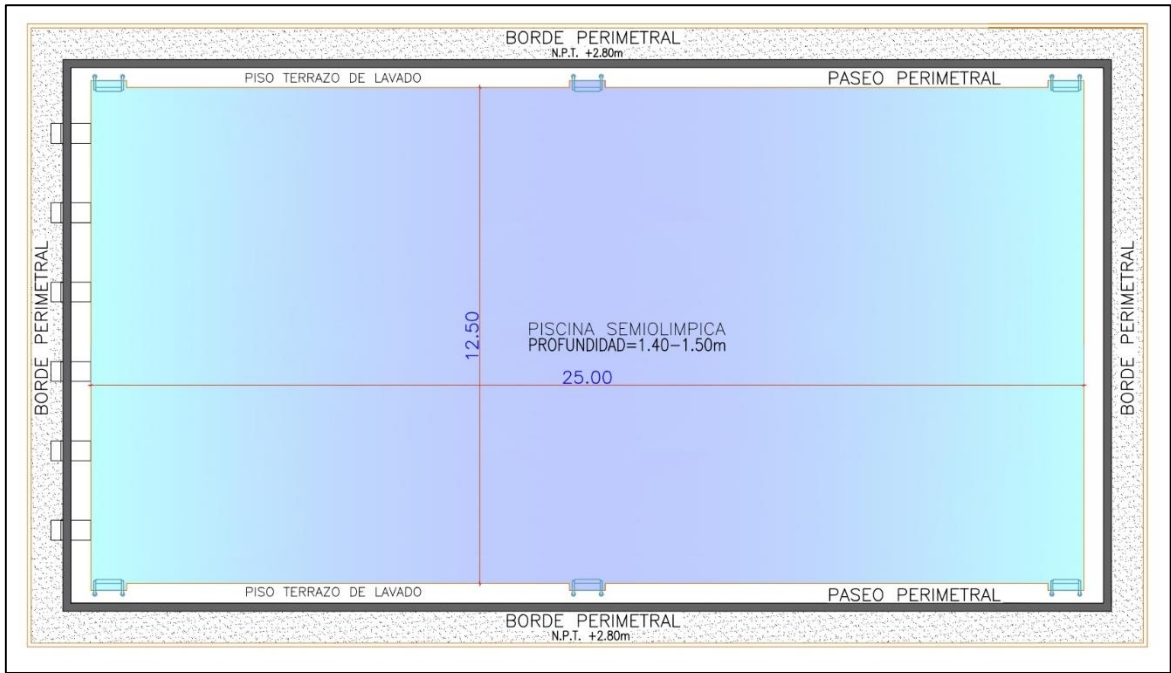


Figura 7. Dimensiones de la piscina de natación semi olímpica.

Nota. Elaboración propia.

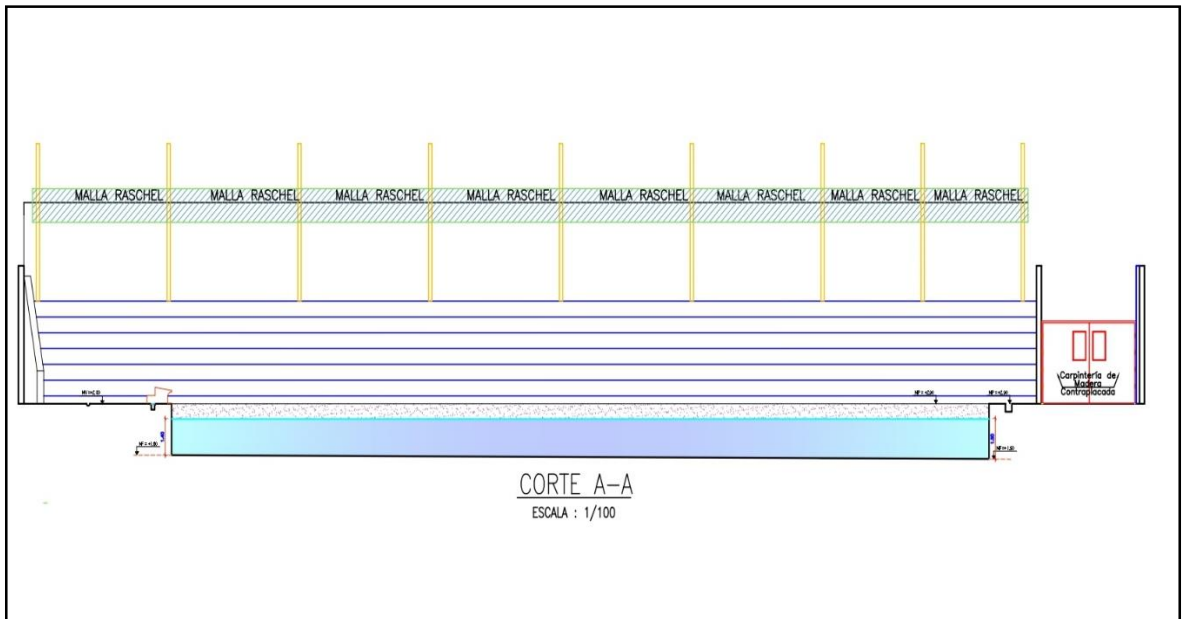


Figura 8. Plano de piscina corte A-A.

Nota. Elaboración propia.

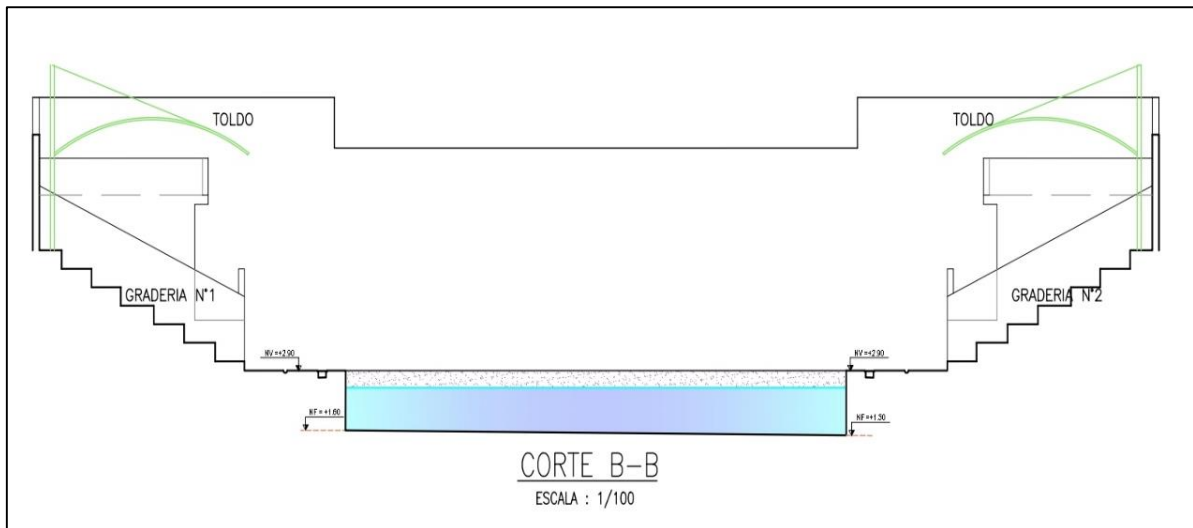


Figura 9. Plano de piscina corte B-B.

Nota. Elaboración propia.

Las Figuras del 7 al 9, representa la forma y dimensiones de la piscina semi olímpica diseñada, realizado de acuerdo a lo exigido en construcciones y operaciones de piscinas en el Perú.

4.1.1.3. Calidad del agua de suministro

Desde años atrás, la calidad del agua de las filtraciones de la playa Chorrillos de Huacho, se consideran de buena calidad, tal es así que hay piscinas municipales que se encuentran operativas principalmente en temporadas de verano.

4.1.2. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas

El aforo para la piscina semi olímpica, como se diseñó al aire libre, con un espejo de agua $312,5 \text{ m}^2$ ($25 \text{ m} \times 12,5 \text{ m}$) y con las recomendaciones de 3 personas por m^2 , resulta 469 bañistas.

Para el cuidado de la salud de los bañistas que ingresan a las piscinas, aparte de prever que los que ingresen se duchen antes y de esta manera no sobrecargar el sistema de tratamiento,

la piscina deberá contar con un sistema de recirculación de agua que permita mantener el agua limpia y desinfectada para el uso de los bañistas, para ello incorporan tratamientos en base a diversos equipos y sistemas de reutilización de agua, en cumplimiento de las exigencias que indica sobre las condiciones operacionales y diseños del D.S. N° 007-2003-SA.

Como se presenta en las Figuras 10 al 15, el diseño garantiza que se mantengan los parámetros de calidad sanitaria recomendados: Calidad físico química (pH 6,5 a 8,5, Turbidez menor a 5 UNT, olor y color ligeros característicos del tratamiento utilizado o de su origen natural, nitritos ≤ 3 mg/l y nitratos ≤ 50 mg/L) y Calidad microbiológica de ausencia por 100 mililitros (*Coliformes fecales*, *Streptococos fecales*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella spp*) y ausencia (parásitos y protozoos, algas; larvas u organismos vivos) y la transparencia que permite visibilizar un disco negro de 0,15 metros de diámetro en la zona más profunda de la piscina.

Estas figuras muestran la configuración del diseño de tubería para las diferentes actividades de operación en la piscina:

a) Líneas de recirculación

- Línea de sumidero de fondo
- Línea de aspirado
- Línea de retorno
- Línea de desnatadores

b) Línea de abastecimiento de agua

- Línea de ingreso
- Línea de galería filtrante.

c) Línea de desagüe

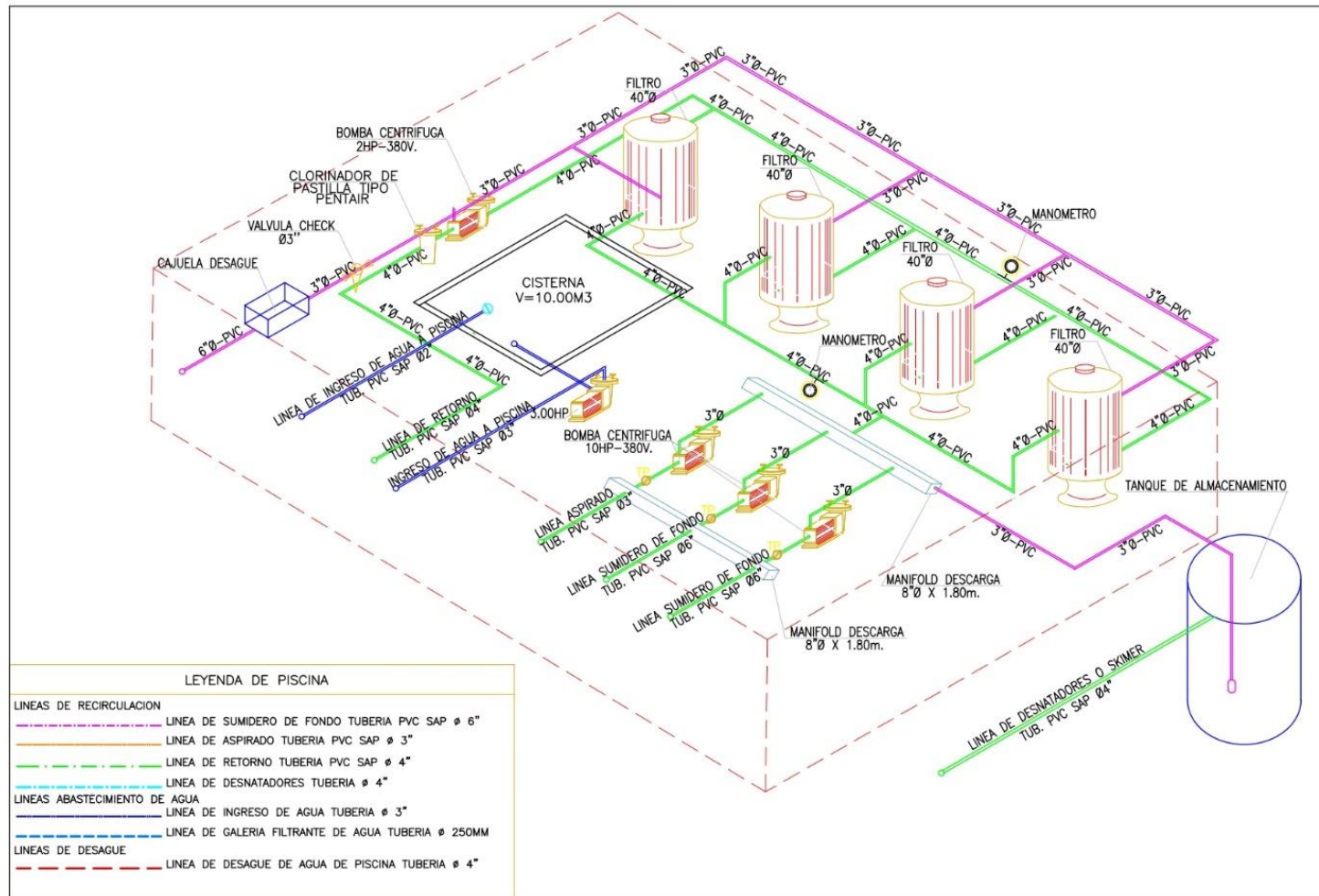


Figura 10. Plano isométrico de la caseta de máquinas.

Nota. Elaboración propia.

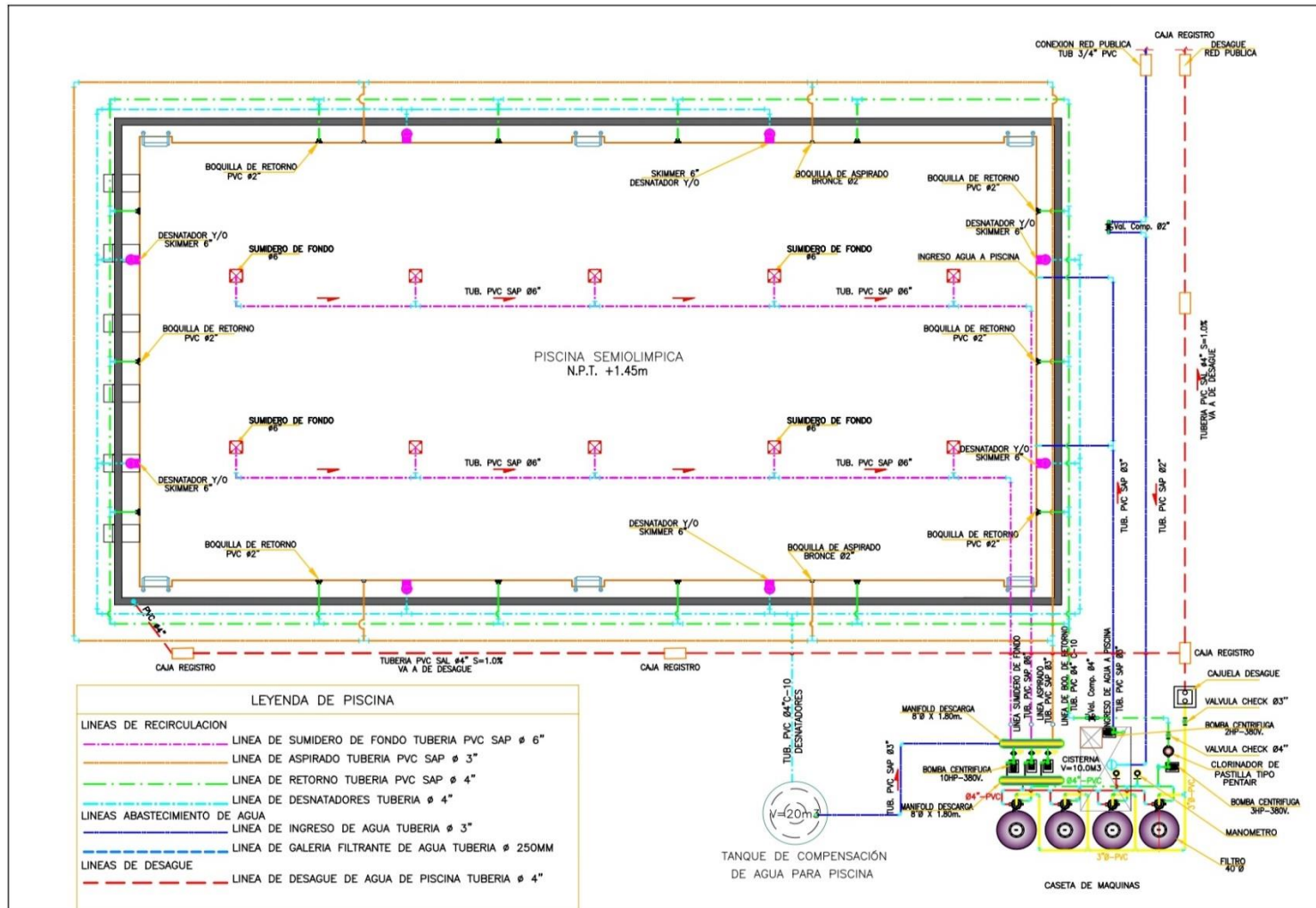


Figura 11. Distribución de tuberías de la piscina de natación semi olímpica.

Nota. Elaboración propia.

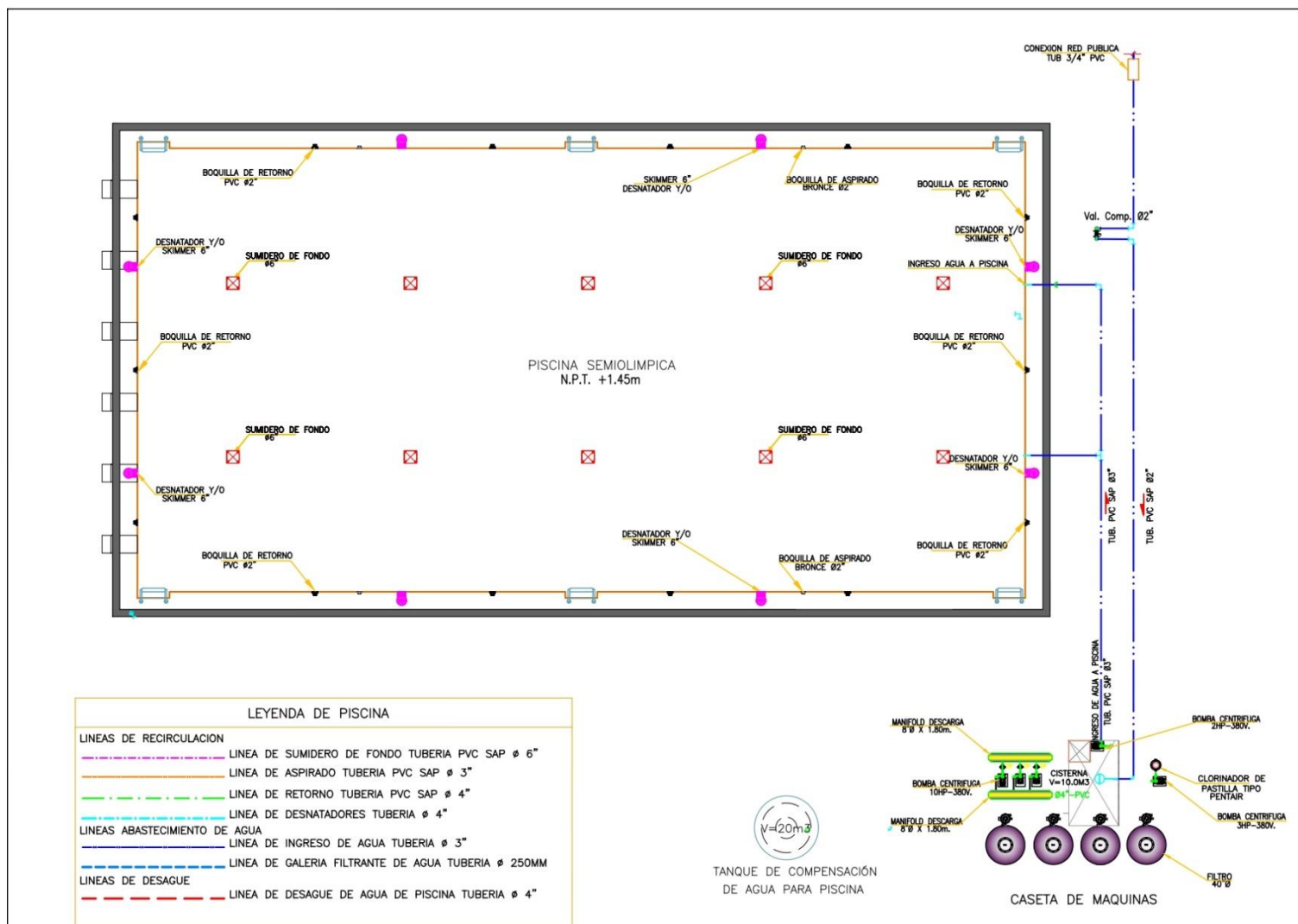


Figura 12. Plano de ingreso de agua a la piscina semi olímpica.

Nota. Elaboración propia.

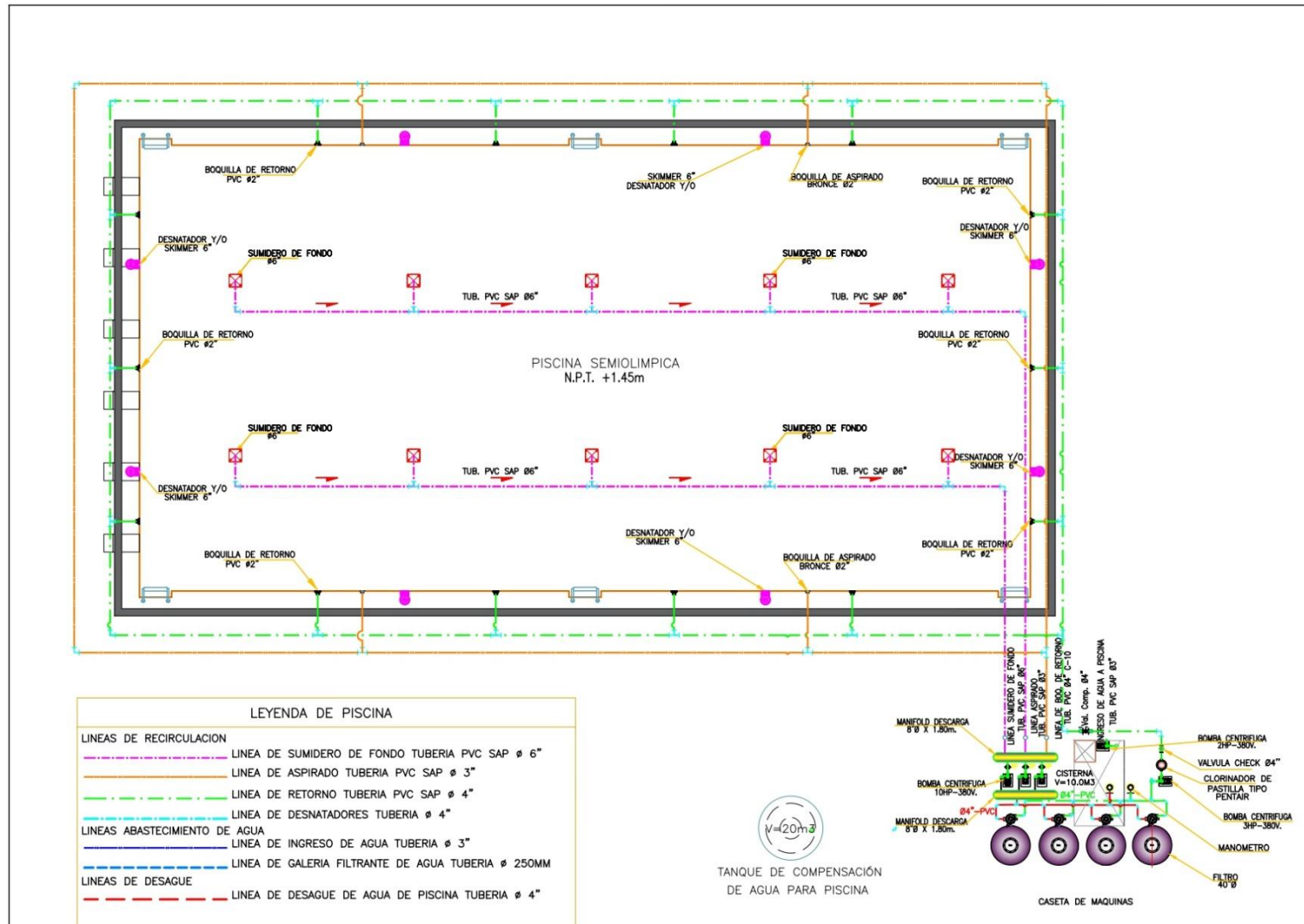


Figura 13. Plano de filtración de la piscina semi olímpica.

Nota. Elaboración propia.

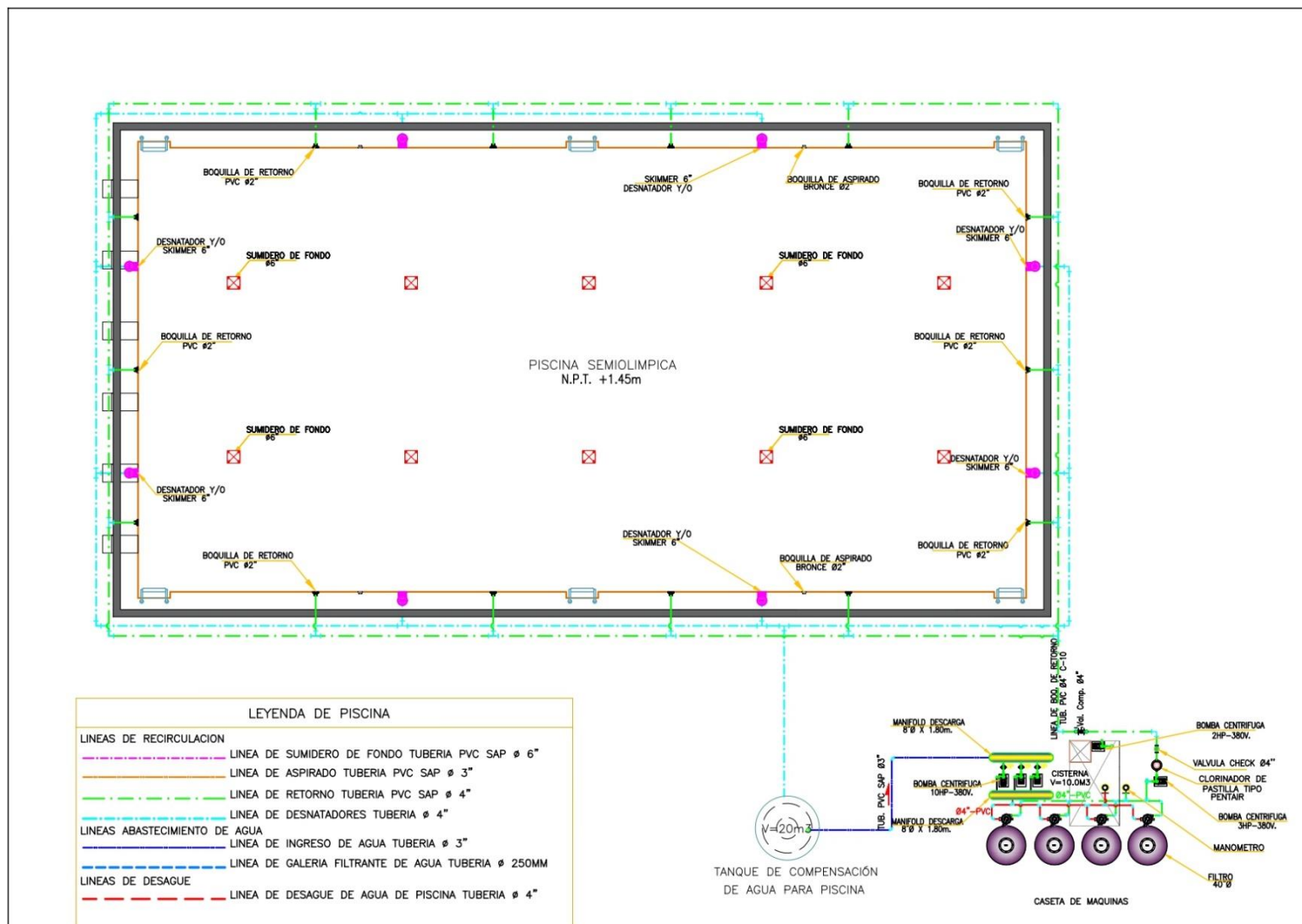


Figura 14. Plano de desnatadores de la piscina semi olímpica.

Nota. Elaboración propia.

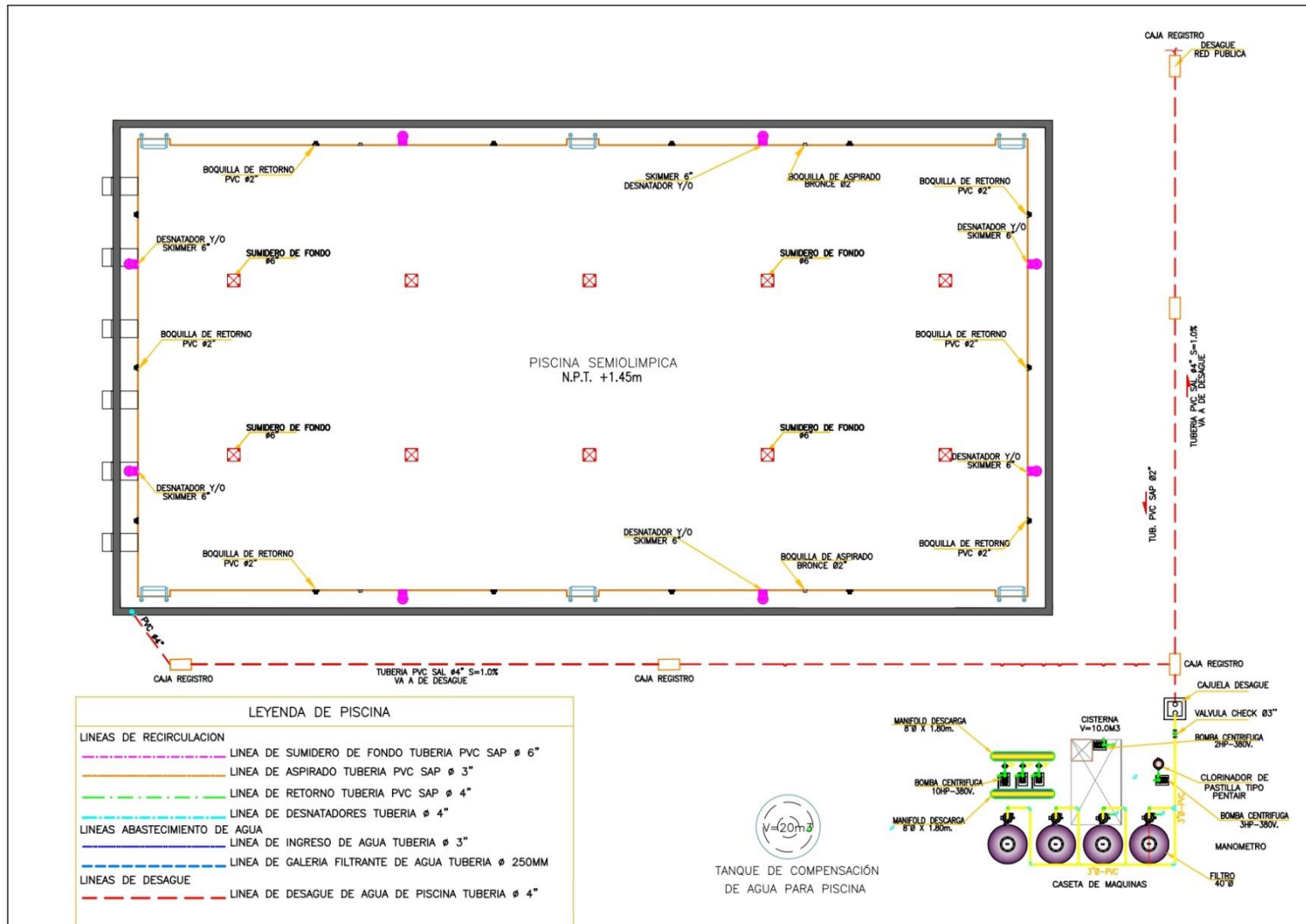


Figura 15. Plano de desagüe de la piscina semi olímpica.

Nota. Elaboración propia.

4.1.2.1. Función de lavado

Después de un tiempo el filtro de arena se va saturando de materiales sólidos en suspensión, bajando la eficiencia de filtrado ocasionando un mayor consumo energético, el cual puede evidenciarse por la alta caída de presión observada entre las medidas de presión a la entrada y salida del filtro. Por esta razón, estos sólidos deben removerse, mediante la introducción de agua en contracorriente al flujo normal de operación, posibilitando a que las partículas que se encuentran compactadas en el filtro se suspendan en la cámara de expansión y salgan por la parte superior hacia el exterior del sistema. En ocasiones, después de las recomendaciones por el tiempo de servicio, se hace necesario cambiar la arena del filtro o adicionar arena que pudieran haberse perdido de manera gradual en los retro lavados anteriores. Para el cambio de arena es necesario destapar el filtro y liberar el agua del filtro, sustituir la arena, observar la altura recomendada por el fabricante y tapas cuidadosamente.

4.1.2.2. Función desagüe

Con esta operación se evacúa el agua afuera del sistema, directamente sin pasar por el filtro de arena si el agua está demasiado sucia, el cual lo saturaría, con la probabilidad de que reingrese nuevamente los sólidos al sistema: De mucha utilidad para la limpieza de fondo, suciedad excesiva o cuando queramos evacuar la piscina en su totalidad.

4.1.2.3. Función filtración

Es una etapa de importancia para el control de residuos sólidos, donde se envía el agua de la piscina al filtro con objeto de retener la mayor cantidad de residuos que ingresan a la piscina por el ambiente o por los bañistas, como tierra, polvo, arena, cabello, fibras de ropa, restos de comida y otros. Posterior a ello se le envía hacia la piscina a una zona apuesta a la de succión con objeto de que no haya zonas muertas sin filtrar.

4.1.2.4. Función recirculación

En la operación de recirculación de agua en la piscina, el ingreso y salida es constante sin pasar por el filtro de arena, siendo utilizado para uniformizar y controlar la dosificación de aditivos como el cloro residual para dar cobertura a toda la piscina. Según las recomendaciones de los fabricantes, la cantidad de cloro a usar en el clorinador: 01 pastilla de 200 gramos por cada 20 m³ cada 7 días, como indicador, se tiene que la primera pastilla debe de estar disuelta por la mitad en el clorinador (se debe de cerrar las válvulas). Esto puede variar, según el uso de la piscina.

El tiempo de recirculación comprende el tiempo que el sistema debe estar encendido, para ello se tiene en cuenta la capacidad de la bomba y del estanque. Para este caso es de 6 horas al día, las mismas que están comprendidas 1,5 horas en cuatro turnos, cada 24 horas, estos turnos deberán ser establecidos según el uso de la piscina. El sistema de las líneas de agua comprende la utilización de equipos como:

a) Filtro de arena

Se realiza haciendo pasar el agua a través del lecho de arena, para retener partículas sólidas del ambiente (polvo y residuos), agregados por los bañistas (cabellos, arena, tierra) y lo generado en las piscinas (algas, turbidez, materia orgánica en general). Su operación es importante porque garantiza la efectividad de los desinfectantes, permitiendo que alcancen y se dé la destrucción de los microorganismos

En el mercado, generalmente se dispone para este tipo de servicios, un filtro de arena con las siguientes características:

- Diámetro 40 pulgadas.

- Compuesto de arena tamizada.
- Caudal 650 L/min (39 m³/h).
- Área de filtración 0,8 m².



Figura 16. Filtro de arena.

Nota. Elaboración propia.

b) Electrobombas

En el mercado, generalmente se encuentran electrobombas para piscina de polipropileno reforzado, incluyendo una trampa, con las siguientes características:

- Tensión: 380 V trifásica
- Caudal máximo: 1 833 L/min (109,98 m³/h)



Figura 17. Electrobombas para piscina de polipropileno reforzado.

Nota. Elaboración propia.

c) Válvulas de control

Accesorios que permiten el paso o no del agua entre las unidades y/o componentes de una piscina de natación semi olímpica.



Figura 18. Válvulas de control.

Nota. Elaboración propia.

d) Tuberías de recirculación

Tuberías que conducen el agua entre los diferentes equipos del sistema, entre componentes de una piscina de natación semi olímpica.



Figura 19. Tuberías de recirculación entre los diferentes equipos del sistema.

Nota. Elaboración propia.

e) Bomba sumergible

Electrobomba sumergible instalada para eliminación de agua excedente en el sistema. De una piscina de natación semi olímpica.



Figura 20. Bomba sumergible.

Nota. Elaboración propia.

f) Tablero de control para bombas sumergibles

Comprende el tablero automático, para la eliminación de agua excedente en una piscina de natación semi olímpica.



Figura 21. Tablero de control para bombas sumergibles.

Nota. Elaboración propia.

g) Bomba de aspirado

Cuenta con una unidad de retención de elementos gruesos, para evitar que pelos, hilos, etc. Puedan pasar a los filtros, esta consiste en una cámara individual prefabricada ubicada en el cuarto de máquinas. En el mercado, generalmente se encuentran Bomba de aspirado de 220 V con trampa de pelos.



Figura 22. Bomba de aspirado con trampa de pelos.

Nota. Elaboración propia.

h) Clorinador y bomba de inyección de cloro

En el mercado, se encuentran comúnmente, sistemas mixtos como el Clorinador Pentair HC 3330, bomba de aspirado de 220 V, con trampa de pelos, bomba autocebante de 1 HP.



Figura 23. Clorinador y bomba de inyección de cloro.

Nota. Elaboración propia.

i) Cloro en pastillas

Utilizado para desinfectar la piscina, compuesto químico que comúnmente son de 200 gramos, utilizándose las siguientes dosis:

- Normal : 1 pastilla por 20 m³.
- Choque : 3 pastillas por 20 m³.



Figura 24. Pastillas de cloro y aplicación.

Nota. Elaboración propia.

j) Tablero de control de sistema de recirculación

Tablero de control manual de electrobombas de piscina, antes el encendido, se debe verificar la apertura de válvulas.



Figura 25. Tablero de control manual de electrobombas de piscina.

Nota. Elaboración propia.

k) Cuarto de máquinas para recirculación

La operación eficiente de una piscina, comienza desde el ambiente donde está el equipamiento el cual debe de estar limpio y organizado, donde no se permita el acceso a personas o usuarios no autorizados, el cual debe contar con buena iluminación para las calibraciones y dosificaciones, con los puntos de muestreo de agua sin tratar y tratada ubicados en lugares apropiados para el análisis del control operativos de la calidad del agua físico química y microbiológica.

l) Cuartos de almacenamiento de químicos

El ambiente para almacenar los productos químicos, deber ser ubicados en lugares que se evite la propagación de incendios, explosiones y daños a la salud del personal a cargo o de los usuarios. Su manipulación es importante, toda vez que algunos productos reaccionan

violentamente con el agua, separando los compuestos ácidos de los alcalinos y también los compuestos de cloro inorgánico de los orgánicos, debiendo almacenarse en tarimas sobre el suelo y para su manipulación el uso obligatorio de guantes para los productos que son potencialmente peligrosos.

4.1.2.5. Análisis del índice de calidad sanitaria de la piscina diseñada

Considerando que el Ministerio de Salud ha dispuesto a disposición de un índice de calidad sanitaria en piscinas, se presenta la calificación del diseño recomendado:

Tabla 18

ICSPS preliminar del diseño

Calidad	Detalle	Valor ICSPS
1. Microbiológica	Cloro residual de 0,4 a 1,2 mg/L	0,15
	Ausencia de Coliformes termotolerantes	0,15
	Turbiedad menor a 5,0 UNT	0,05*
2. Equipamiento e Instalaciones	Servicios higiénicos y ducha: limpios y funcionando	0,075
	Lavapiés: disponibles, limpios, funcionando y con solución desinfectante.	0,075*
	Sistema de recirculación: instalado y operando	0,21
3. Limpieza	Limpieza del local: Poseen recipientes para residuos y el local se encuentra limpio	0,075
	Limpieza del estanque: Limpio y ausencia de sólidos flotantes	0,075*
4. Ordenamiento Documentario	Poseen libro de registro y está al día.	0,02
	Autorización sanitaria disponible y vigente	0,12
Total ICSPS		1,00

Nota. * de no cumplir estos, aún la piscina presentaría una calificación sanitaria saludable

Si consideramos que una piscina presenta una calificación sanitaria saludable, si el ICSPS de 0,8 a 1,0. De la Tabla 18, si consideramos el extremo de no cumplir lo resaltados

con “*””, ellos totalizan 0,2, lo que evidenciaría que se estaría con una calificación sanitaria saludable. Aunque es recomendable prever que se cumpla todos los ICSPS a fin de cuidar la salud e integridad física de los bañistas y más aún en situaciones de pandemia como el COVID-19 u otras afecciones que puedan presentarse.

4.2 Contrastación de hipótesis

4.2.1. Contraste de hipótesis general

Siendo la hipótesis de investigación: “El diseño de un sistema de tratamiento de aguas permitirá asegurar la calidad sanitaria de una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho”, y considerando que el estudio es descriptivo, diseño realizado en base a la normativa y el análisis de índice de calidad sanitaria del diseño muestra una “*calificación sanitaria saludable*”, se concluye que el diseño permitirá asegurar la calidad sanitaria de una piscina de natación semi olímpica.

4.2.2. Contraste hipótesis 1

Como estudio de nivel descriptivo, como en el contraste anterior, se logró evidenciar la utilidad de la normativa, las dimensiones y la calidad de agua de suministro en el diseño de una piscina de natación semi olímpica.

4.2.3. Contraste hipótesis 2

También, al tratarse de un estudio de nivel descriptivo, se pudo evidenciar que las configuraciones de las tuberías y la selección de equipos para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas, lograrán mantener bajo control los parámetros físico químicos, microbiológicos y la transparencia del agua en una piscina de natación semi olímpica.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

Respecto a la realización del diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho, se evidenció que con el diseño se asegurará la calidad sanitaria del agua en la piscina. Conclusión similar obtuvo Rodríguez (2016) de que para el diseño fue necesario realizar cálculos y simulaciones considerando el sistema mecánico del circuito de recirculación; contrarios a lo que reportó Condori (2018) de que todas las piscinas evaluadas en Juliaca fueron consideradas como no saludables con riesgo a la salud de bañistas.

Sobre las bases que se requieren para el diseño un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho, se consideró la normativa peruana, las dimensiones de una piscina semi olímpica y la calidad de agua. Resultados que se contrastan respecto a Ramírez y Uriarte (2019) en que un sistema de tratamiento se puede comportar eficientemente controlando todos los parámetros que exige la normas; asimismo, con lo reportado por Fernández (2012) de que el tratamiento de aguas para piscinas es muy complejo y que hay elementos que pueden escaparse del control a cargo del personal; también con lo reportado por Bautista (2016) que al tratar con cloro un agua para su uso en piscinas, logró eliminar todos los microorganismos presentes manteniendo un cloro residual.

En lo que respecta al diseño de las configuraciones de las tuberías y equipamientos para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho, se evidencia que con el diseño se mantendrá bajo control los parámetros físico químicos, microbiológicos y transparencia del agua, garantizando su inocuidad a los usuarios. Similar afirmaciones indicó González (2012) en que toda piscina debe proveerse de accesorios para la recirculación del agua de succión y retorno, recomendando la utilización de materiales de alta calidad tras estar sometido en la piscina a cargas químicas y orgánicas: pertinente con lo reportado por Revilla (2017) de que con el uso de energía solar se genera un ahorro energético que garantiza el bienestar de sus usuarios, lo que evidenciaría que con el uso de la tecnología favorecería el tratamiento.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Con el diseño, se asegurará la calidad sanitaria del agua en la piscina semi olímpica en la Playa de Chorrillos de Huacho, para que los usuarios no corran el riesgo de contraer alguna infección o enfermedad.
- Para el diseño de la piscina semi olímpica, se consideró la normativa peruana, las dimensiones de una piscina semi olímpica y la calidad de agua que es apropiada para esta actividad recreativa.
- El diseño del sistema de tratamiento de aguas, pone a disposición una configuración de tuberías y equipos para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación que mantendrá bajo control los parámetros físico químicos, microbiológicos y la transparencia del agua en una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorrillos de Huacho.

6.2 Recomendaciones

- Se sugiere que aparte de los controles microbiológicos de los parámetros considerados como indicadores de contaminación en la normativa peruana, se considere la realización de pruebas de COVID-19 en muestras de agua de la piscina, considerando que en otros países se ha detectado este virus en las redes de desagüe, y que han evidenciado alguna relación del grado de contagios de los habitantes en las localidades que originaron el efluente. Muy importante, en vista que

regularmente los bañistas ingieren agua y asimismo segregan fluidos corporales a la piscina.

- Se deberá exigir a todos los usuarios que ingresen a la zona de la piscina limpien y desinfecten sus calzados, toda vez que estos podrían contaminar el agua de la piscina por contaminación cruzada.
- También se deberá exigir a todos los que ingresan a la piscina se bañen apropiadamente y se enjuaguen con abundante agua, con objeto de no recargas los sistemas de tratamiento físico y microbiológico del sistema de tratamiento.

CAPITULO VII

REFERENCIAS

7.1 Fuentes documentales

- Bautista, J. L. (2016). *Evaluación y tratamiento del agua proveniente del canal de regadío del distrito de Cerro Colorado, para su uso en piscinas*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú. Recuperado de <http://190.119.145.154/handle/UNSA/3271>
- Condori, M. E. (2018). *Calidad sanitaria de las piscinas de la ciudad de Juliaca*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. Recuperado de <https://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/9292>
- Fernández, Á. (2012). *Los tratamientos químicos del agua en piscinas cubiertas como elemento clave en la gestión de la instalación y la salud de nadadores y trabajadores*. (Tesis doctoral), Universidad de Castilla-La Mancha. España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=146289>
- González, H. J. M. (2012). *Manual técnico de diseño y construcción de piscinas*. (Tesis de pregrado), Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3311.pdf
- Ramírez, F., & Uriarte, J. L. (2019). *Propuesta de un sistema de tratamiento para mejorar la calidad del agua residual de las piscinas municipales del distrito de Baños del Inca - 2018*. (Tesis de pregrado), Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo,

Cajamarca, Perú. Recuperado de

<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/953>

Revilla, P. R. (2017). *Proyecto de modernización de los servicios básico de una piscina básico de una piscina de gestión municipal*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3005>

Rodríguez, D. (2016). *Diseño de una piscina de entrenamiento y/o recuperación unipersonal con corriente de agua forzada*. (Tesis de pregrado), Universidad Politécnica de Cataluña. España. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/103073>

Villagra, J. (2016). *Estudio Técnico y Económico para la instalación de una piscina Semi-olímpica temperada público de uso deportivo en la comuna de nacimiento, Región del Bio-Bio, Chile*. (Tesis de pregrado). Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile. Recuperado de <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/3346>

7.2 Fuentes bibliográficas

Córdova, I. (2017). *El proyecto de investigación cuantitativa* (1ª ed. 4ª reimpr.). Lima, Perú: San Marcos.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill Education.

Ministerio de Salud. (2011). *Directiva Sanitaria para la Determinación del índice de Calificación Sanitaria de las Piscinas Públicas y Privadas de Uso colectivo*:

Directiva Sanitaria N° 033 - MINSA/DIGESA - V.01 (1ª ed.). Lima, Perú: J.B. GRAFIC E.I.R.L.

Sierra, C. A. (2011). *Calidad de agua: Evaluación y diagnóstico (1ª ed.).* (L. D. López, Ed.) Medellín, Colombia: Ediciones de la U.

7.3 Fuentes hemerográficas

Dirección General de Salud Ambiental. (2011). D.S. N° 031-2010-SA. *Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano.* (1ª. ed.). Lima, Perú: J.B. GRAFIC E.I.R.L.

Presidencia de la Republica. (2003). Decreto Supremo N° 007-2003-SA. *del 31 de marzo 2003 por el cual se aprueba el Reglamento Sanitario de Piscinas.* Lima. Perú: Presidencia de la República del Perú.

7.4 Fuentes electrónicas

Andina. (2019). *MINSA intensifica vigilancia contra amebas en piscinas de Lima y Callao.* Recuperado de <https://www.andina.pe/agencia/noticia-minsa-intensifica-vigilancia-contramebas-piscinas-lima-y-callao-745989.aspx>

Google Maps. (2022). *[Mapa de ubicación Playa Chorrillos de Huacho]*. Recuperado de <https://www.google.com/maps/place/Playa+Chorrillos/@-11.1109942,-77.6150507,1063m/data=!3m1!1e3!4m3!1m7!3m6!1s0x9106def803727b61:0x84d3ac5193b77b75!2sPlaya+Hornillos!3b1!8m2!3d-11.14064!4d-77.6081446!3m4!1s0x9106df0c07046c03:0x2a3fe8e211f6df3c!8m2!3d-11.1>

Ministerio del Ambiente. (2009). *Guía de Ecoeficiencia para Empresas.* Lima, Perú. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_de_ecoeficiencia_para_empresas.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2: Swimming pools and similar environments* [Directrices para entornos acuáticos recreativos seguros. Tomo 2: Piscinas y ambientes similares]. Ginebra, Suiza. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43336>

Organización Mundial de la Salud. (2021a). *Guidelines on recreational water quality. Volume 1: Coastal and Fresh Waters* [Directrices sobre la calidad del agua recreativa. Volumen 1: aguas costeras y dulces]. Ginebra, Suiza. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789240031302>

Organización Mundial de la Salud. (2021b). *La OMS publica las Directrices sobre la calidad del agua para usos recreativos, coincidiendo con la llegada del verano y el calor*. Ginebra, Suiza. Recuperado de <https://www.who.int/es/news/item/13-07-2021-who-launches-guidelines-for-recreational-water-quality-as-summer-heats-up>

Sociedad Nuclear Española. (s.f.). *Diccionario nuclear: Base de diseño*. Recuperado de <https://www.sne.es/es/recursos/diccionario-de-terminos-nucleares/base-de-diseno#:~:text=Conjunto%20de%20situaciones%20que%20se,los%20I%C3%ADmites%20de%20seguridad%20autorizados.>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA PISCINAS DE NATACIÓN SEMI OLÍMPICA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Operacionalización de variables			Métodos y técnicas
				Dimensión	Indicadores	Escala	
<u>General</u>	<u>General</u>	<u>General</u>	Variable de caracterización	• Normativa	• Disposiciones	• Nominal	<u>Tipo de investigación</u> Prospectivo Transversal Observacional Descriptivo Aplicada
• ¿Qué permitirá el diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho?	• Realizar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	• El diseño de un sistema de tratamiento de aguas permitirá asegurar la calidad sanitaria de una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.		• Dimensiones del estanque	• Largo • Ancho • Alto	• Razón	
<u>Específicos</u>	<u>Específicos</u>	<u>Específicos</u>	1. Bases del diseño	• Calidad del agua del suministro	• Condición de calidad	• Nominal	<u>Diseño de investigación</u> No experimental descriptivo transversal
• ¿Qué debe considerarse previamente al diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho?	• Identificar las bases de diseño de un sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	• Las bases de diseño de un sistema de tratamiento de aguas comprende la normativa, sus dimensiones y la calidad de agua de suministro para la piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	Variable de interés	• Función de lavado	• Distribución de tuberías • Equipos	• Nominal	<u>Población y muestra</u> • <u>Población</u> Piscina de natación semi olímpica <u>Muestra</u> Piscina de natación semi olímpica en la playa Chorillos de Huacho.
• ¿Qué debe controlarse el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento en las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho?	• Realizar el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	• El diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas deberá mantener bajo control los parámetros físico químicos, microbiológicos y la transparencia del agua en una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.		2. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas	• Función de desagüe	• Distribución de tuberías • Equipos	
• ¿Qué debe controlarse el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento en las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho?	• Realizar el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	• El diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas deberá mantener bajo control los parámetros físico químicos, microbiológicos y la transparencia del agua en una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	2. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas	• Función de filtración	• Distribución de tuberías • Equipos	• Nominal	
• ¿Qué debe controlarse el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento en las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho?	• Realizar el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	• El diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas deberá mantener bajo control los parámetros físico químicos, microbiológicos y la transparencia del agua en una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	2. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas	• Función de recirculación	• Distribución de tuberías • Equipos	• Nominal	
• ¿Qué debe controlarse el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento en las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho?	• Realizar el diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas para una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	• El diseño de las configuraciones de las tuberías y su equipamiento para las líneas de lavado, desagüe, filtración y recirculación del sistema de tratamiento de aguas deberá mantener bajo control los parámetros físico químicos, microbiológicos y la transparencia del agua en una piscina de natación semi olímpica en la playa de Chorillos de Huacho.	2. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas	• Análisis del índice de calidad sanitaria	• Valor mínimo ICSPS	• Nominal	

Nota. Elaboración propia.

Anexo 2. Ficha para inspecciones técnicas de piscinas

Inspector :	Fecha :	
Entidad Administradora :		
Representante de la Entidad Administradora :		
Atendido por :	DNI:	
Características Generales de la Piscina: (PUP / PPUC / Patera / Recreacional / Deportiva / Climatizada / Area / Máx. N° de Usuarios por día / Otros:.....)		
BASE LEGAL		
- Ley N° 26842 "Ley General de Salud"		
- Ley N° 27657 "Ley del Ministerio de Salud"		
- D.S. N° 007-2003-SA "Reglamento Sanitario de Piscinas"		
1.- Aspectos generales		
1.1 La piscina tiene autorización sanitaria de funcionamiento?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.2 Cuenta con personal operativo técnicamente capacitado?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.3 Cuenta con libro de registro con anotaciones de:	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Fecha / Hora / T° agua / T° ambiente / Cl residual libre		
pH / grado de transparencia / Observaciones		
1.4 Cuenta con botiquín de primeros auxilios?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.5 Cuenta con enfermería (para > 450 usuarios)?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.6 Cuenta con libro de registro de accidentes?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.7 Cuenta con personal salvavidas?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.8 Cuenta con torres de salvataje?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.9 Cuenta con salvavidas, boyas en lugar visible y fácil acceso?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.10 Cuenta con normas para el usuario sobre el uso de piscinas?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.11 Cuenta con programa de desinsectación y desratización?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.12 La patera tiene acceso directo a otros estanques?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.13 Piscina con zona de descanso y sombreado (1/4 parte)?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
1.14 Elementos estructurales que establezcan condiciones inseguras?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.- Facilidades Sanitarias y vestuario		
2.1 N° de duchas suficiente?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.2 SSHH con acceso independiente y N° suficiente?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.3 SSHH varones con urinarios?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.4 SSHH con lavatorios?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.5 SSHH con papel higiénico, toallas / secador y jabón líquido?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.6 Vestuario mujeres cabinas individuales y N° suficiente?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.7 Vestuario anexo a SS.HH?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.8 Cabinas A> 1m2, piso no resbaladizo y ventilado?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.9 Vestuario con ventilación adecuada?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.10 Vestuario con fuente de agua tipo bebedero / limitadores de flujo?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.11 Los materiales aseguran una correcta limpieza y desinf. periódica?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.12 Piso antideslizante con sistema eficaz y adecuado drenaje de agua?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
2.13 Armarios con material de acero inoxidable / guardarropa común?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

3.- Agua Potable, Alcantarillado y zona de seguridad		
3.1 Abastecimiento de agua de la red pública?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.2 Tiene tanque de compensación?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.3 Tiene canaleta exterior?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.4 Las rejillas son de material anticorrosivo y antideslizante?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.5 Paseo perimetral con piso antideslizante y libre de obstáculos?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.6 Paseo perimetral con pendiente hacia canaleta exterior?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.7 Conexión de desagües directa con la Red Pública?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.8 Piscina de uso público con lavapies (L>3m)?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
3.9 Sistema de lavapies con desinfectante (C= 0.01 %)?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.- Del estanque		
4.1 Cuenta con canaletas de Limpieza (si A > 200 m2)?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.2 Cuenta con desnatadores (si A < 200 m2)?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.3 Cuenta con Boquillas de Retorno con d < 5 m / h = 0.30 m?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.4 Cuenta con boquilla de aspiración?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.5 Cuenta con escaleras cada 37.5 m?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.6 Escaleras de mat. Antideslizante, anticorrosivo y barandales?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.7 Pasos de escalera amplio y L> 0.6 m?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.8 Existe material o recubrimiento susceptible a crecimiento bacteriano?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
4.9 Cuenta con boquilla de aspiración?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
5.- Iluminación y Ventilación		
5.1 Piscina iluminada con luz natural / artificial adecuada?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
5.2 Espejo del agua iluminado adecuadamente?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
5.3 Piscina cerrada con ventilación natural adecuada?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
6.- Residuos sólidos		
6.1 Presencia visible de insectos y / o roedores?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
6.2 Cuenta con certificado de fumigación (C / 6 meses)?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
6.3 Lugar de almacenamiento central de RRSS adecuado?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.- Casa de máquinas		
7.1 Cuenta con sistema de recirculación de agua?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.2 Cuenta con equipo automático de desinfección?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.3 Cuenta con pozo de drenaje y válvula de purga?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.4 Cuenta con manómetros?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.5 Cuenta con medidor de caudal a la salida de los filtros?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.6 Cuenta con grifos para el muestreo de agua?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.7 Cuenta con manómetro a la entrada y salida del filtro?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
7.8 Cuenta con visor de vidrio para el seguimiento de lavado de filtros?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

Anexo 3. Requerimiento de pastillas de cloro

Volumen de piscina semi olímpica (V)

L: Largo : 25,00 m

A: Ancho : 12,50 m

H: Fondo : 1,40 m

$$V = L \cdot A \cdot H$$

$$V = 437,50 \text{ m}^3$$

$$\text{Dosificación de pastillas} = 1 \text{ pastilla} / 20 \text{ m}^3$$

$$\text{Requerimiento de pastillas de cloro} = 437,50 \text{ m}^3 (1 \text{ pastilla} / 20 \text{ m}^3)$$

$$\text{Requerimiento de pastillas de cloro} = 221 \text{ pastillas}$$

Anexo 4. Diseño del sistema de recirculación

PISCINA SEMI OLÍMPICA

DIMENSIONES:

LARGO	25 m
ANCHO	12,5 m
ALTURA	1,45 m
BORDE LIBRE	0,17 m
NIVEL DEL AGUA	1,28 m

DESCRIPCIÓN	CANT.	UND
VOLUMEN DE AGUA	400	m3
CICLO DE CIRCULACIÓN (*)	6	horas
Nº DE CIRCULACIÓN	4	veces
CAUDAL TOTAL DE RECIRCULACIÓN	66,67	m3/h
NUMERO DE BOMBAS	3	unidades
CAUDAL POR BOMBA	22,22	m3/h
CAUDAL POR BOMBA	6,17	litros/s
		370,2 litros/min

1. ACCESORIOS PARA PISCINA: ADULTOS

SUMIDERO DE FONDO:

Velocidad máxima de aspiración = 1,5 m/s

Distancia mínima entre sumideros > 2 m

BOQUILLAS DE RETORNO:

Diámetro de boquillas = Ø 2"

Velocidad de paso máxima = 4.0 m/s

Caudal de paso = 7 m³/h

DESNATADORES:

De rebose

2. EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO:

FILTRO DE ARENA

Numero de Filtros = $838.5/3*6*32=$

3 Und

Diámetro = 48"

Caudal Máximo = 188 GPM (42.85 m³/h)

Válvula recolectora = 6 Posiciones de salida

BOMBA DE SUCCIÓN

Modelo : CP 680 Pedrollo

Material : Hierro dúctil

Potencia = 5.5 Hp

Sistema = Trifásico 220 V

Caudal máximo = 500 l/min (27 m³/h)

Nota:

Ciclo de circulación para piscinas públicas de acuerdo al Reglamento Sanitario para piscinas aprobado mediante Decreto Supremo 007-2003-SA

Anexo 5. Equipo de bombeo para la línea de impulsión

DIÁMETRO ECONÓMICO

Caudal de bombeo (l/s)	38,82
Línea de impulsión (km)	0,04
Coefficiente de rugosidad Hazen y Williams (C)	150
Nivel mínimo succión (m)	-3,00
Nivel máximo impulsión (m)	0,00
Horas funcionamiento bomba	6
DIÁMETRO CALCULADO	181,1
Cisterna a Evacuar (m ³)	838,5

POTENCIA DE LA BOMBA

DESCRIPCIÓN	Diámetro nominal (mm)				
	75	100	150	200	250
	3"	4"	6"	8"	10"
Velocidad (m/s)	8,79	4,94	2,20	1,24	0,79
Perdidas fricción	29,62	7,30	1,01	0,25	0,08
Perdidas locales	39,39	12,46	2,46	0,78	0,32
Altura dinámica total	72,01	22,76	6,47	4,03	3,40
Potencia Bomba	55,91	17,67	5,03	3,13	2,64

RESUMEN

Caudal de bombeo (l/s)	38,82
Altura dinámica (m)	6,47
Potencia (HP)	17,67

NOTA

Los diámetros corresponden a tuberías de PVC SAP C-10

Anexo 6. Mantenimiento del estanque

Mantenimiento integral

Las piscinas deben evacuarse totalmente cuando dejen de concurrir los bañistas o al menos una vez al año, debiéndose realizar un mantenimiento integral de las instalaciones

Mantenimiento regular

Se realizará la limpieza del fondo para evitar impurezas, algas y otros agentes adheridas a la pared de piscina, pudiéndose utilizar equipos como lo mostrado en la Figura 26, que cepilla y aspira las paredes y el fondo.



Figura 26. Limpia fondos eléctricos.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 7. Medición de cloro y PH

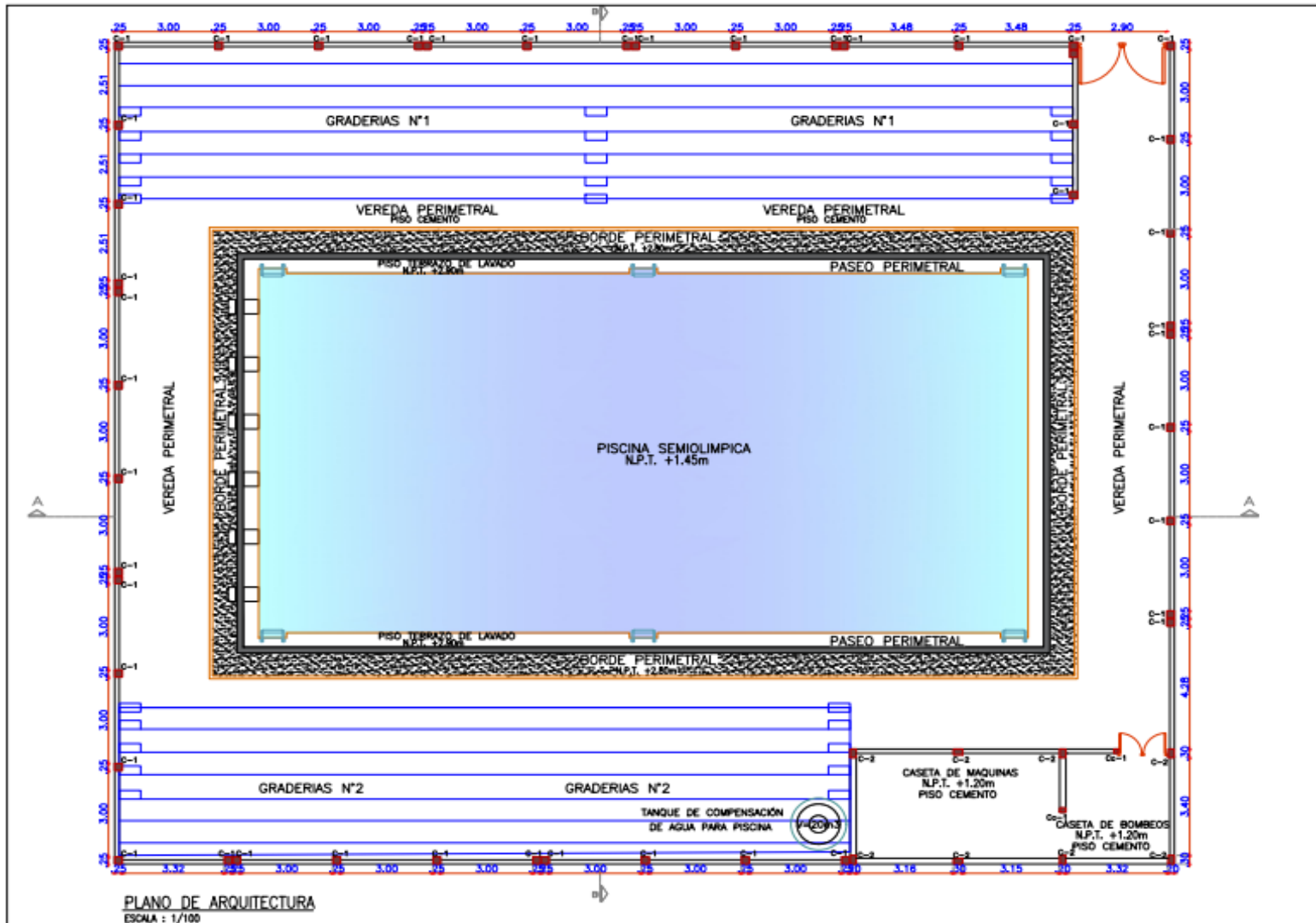
Sed deberá medir la concentración de cloro y pH antes del ingreso de los bañistas, debiéndose asegurar que la dosificación de cloro sea sólo antes o posterior al uso de la piscina, que evitaría riesgos a la salud de los usuarios. Su medición es muy sencilla, como lo indicado en la Figura 27.

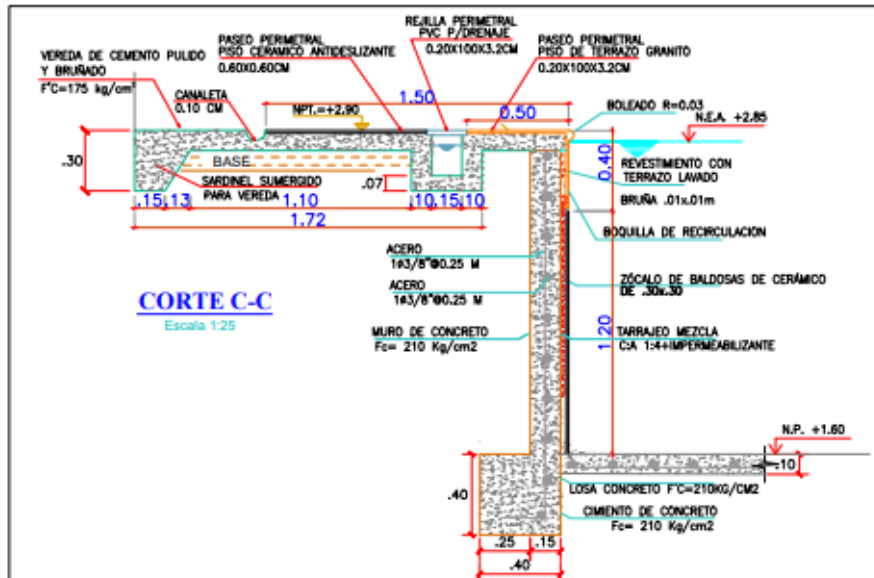
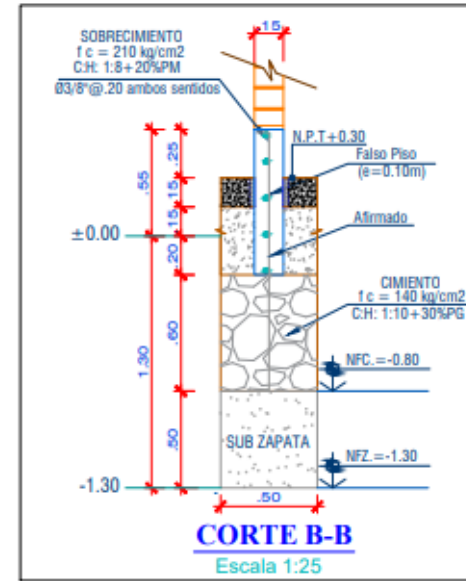
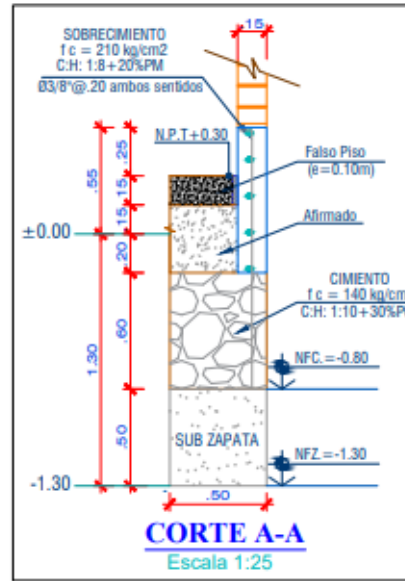
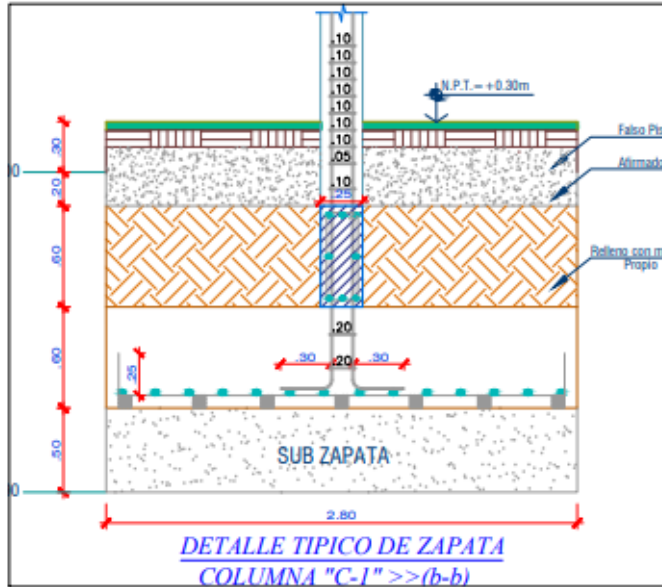


Figura 27. Tiras reactivas de medición de cloro.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 8. Arquitectura plano de piscina semi olímpica





VIGA CIMENTACIÓN	
TIPO	VC-01 (.30x.40)
DIMENSIÓN	
ESTRIBOS	4 Ø 5/8" 3Ø 1/2" @ .05, 12Ø 10, Rto @ 25, s.e

CUADRO DE COLUMNAS Y COLUMNETAS			
TIPO	C1	C2	CC2
DIMENSIÓN			
ESTRIBOS	4 Ø 5/8" 3Ø 1/2" @ .05, 5Ø 10, Rto @ 20	4 Ø 1 1/2" + 2 Ø 3/8" 3Ø 1/2" @ .05, 5Ø 10, Rto @ 20	4 Ø 1 1/2" 3Ø 1/2" @ .05, 5Ø 10, Rto @ 20

CUADRO DE COLUMNAS	
TIPO	C-10
DIMENSIÓN	
ESTRIBOS	4 Ø 1 1/2" 3Ø 1/2" @ .05, 4Ø 10, 2Ø 15, Rto @ 25

CUADRO DE VIGAS	
VC-2 (.20x.30)	
DIMENSIÓN	
ESTRIBOS	4 Ø 1 1/2" 3Ø 8mm, 1Ø .05, Rto @ 20, c/ ext.

