

Diseño de un Sistema Integral de Abastecimiento y Purificación de Agua para la Piscina de Instrucción y Entrenamiento en la Escuela de Formación de Infantería de Marina.



DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE ABASTECIMIENTO Y PURIFICACIÓN DE AGUA PARA LA PISCINA DE INSTRUCCIÓN Y ENTRENAMIENTO EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE INFANTERÍA DE MARINA.

MAYERLI GARZÓN GUAMÁN

HENSER ALFONSO GARNICA LLINÁS

JHONATAN LARA PALOMINO

Universidad EAN

INGENIERÍA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Bogotá, Colombia

15/06/2025

Tabla de Contenidos

- Portada
- Resumen ejecutivo
- Introducción
- Objetivos
- Definición del problema
- Justificación
- Análisis de requerimientos
- Marco de referencia
- Análisis de restricciones
- Metodología
- Resultados (prototipo)
- Análisis de costos
- Conclusiones
- Bibliografía

Resumen Ejecutivo

La presente tesis de investigación tiene como propósito fundamental el diseño de un sistema integral de abastecimiento y purificación de agua para la piscina de instrucción y entrenamiento en la Escuela de Formación de Infantería de Marina. Dada la importancia del agua en el entrenamiento físico y técnico de los infantes de marina, se busca mejorar un suministro adecuado y seguro, que cumpla con los estándares de calidad requeridos para actividades acuáticas. Este estudio es relevante no solo por el impacto directo en la salud y el rendimiento de los Alumnos, sino también por su contribución a la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en el uso de recursos hídricos. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2020).

Asimismo, en cuanto al enfoque metodológico adoptado en esta investigación es mixto, combinando tanto métodos cualitativos como cuantitativos. Se inicia con una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre sistemas de abastecimiento y purificación de agua, seguida por un análisis situacional del estado actual del sistema hídrico en la Escuela. Posteriormente, se emplean técnicas cuantitativas para evaluar la calidad del agua existente mediante muestreos y análisis fisicoquímicos. Además, se realizan entrevistas semiestructuradas con expertos en gestión hídrica y personal encargado del mantenimiento de las instalaciones. (Carampoma, M. J. 2021).

Se utilizaron varios instrumentos para la recolección de datos. En primer lugar, se aplicaron cuestionarios a los usuarios de la piscina para conocer su percepción sobre la calidad del agua y su experiencia general.

En segundo lugar, se llevaron a cabo análisis de agua para determinar su composición y detectar posibles contaminantes. por último, se realizaron entrevistas a el personal técnico encargado del sistema actual para comprender las limitaciones y desafíos que enfrentan. La muestra seleccionada incluyó a los alumnos de la Escuela de Formación de Infantería de Marina que utilizan la piscina regularmente, así como al personal técnico encargado del mantenimiento. Este enfoque garantizó una representación adecuada y permitió captar diversas perspectivas sobre el uso y manejo del recurso hídrico en el contexto de entrenamiento militar.

Los resultados finales evidenciaron que el sistema actual presenta deficiencias significativas en el mantenimiento regular, lo que ha afectado la calidad del agua y la seguridad de los usuarios. Los análisis laboratoriales confirmaron niveles elevados de contaminantes, como subproductos de la desinfección (cloraminas y trihalometanos), que superan los límites sanitarios y pueden causar irritación y riesgos para la salud respiratoria y dérmica. En respuesta, se diseñó un sistema integral y funcional que mejora un suministro constante y seguro de agua potable, incorporando tecnologías innovadoras para el tratamiento y purificación, así como mecanismos sostenibles para minimizar el impacto ambiental. Este nuevo sistema mejora los procesos de filtración y dosificación, incorpora almacenamiento adecuado y automatización para mantener niveles óptimos de calidad, asegurando así un ambiente más seguro para los usuarios y una operación eficiente del recurso hídrico en el contexto militar.

Asimismo, se busca generar recomendaciones prácticas basadas en los datos recolectados que puedan ser implementadas no solo en esta Escuela, sino también servir

como modelo para otras instituciones militares que enfrenten desafíos similares relacionados con el suministro y purificación del agua.

Finalmente, esta investigación contribuirá al fortalecimiento del programa formativo en la Escuela de Formación de Infantería de Marina al asegurar que los alumnos cuenten con condiciones óptimas para su entrenamiento. A través del diseño propuesto, se espera no solo mejorar la calidad del servicio ofrecido a los alumnos que están en formación militar, sino también fomentar una cultura institucional orientada hacia la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. Se espera que este esfuerzo conjunto entre académicos y personal militar resulte en un impacto positivo tanto en la formación profesional de los a como en el manejo responsable del recurso hídrico dentro del ámbito militar.

Introducción

En el contexto de la Armada Nacional de Colombia, la formación y entrenamiento de sus infantes de marina es un proceso fundamental que requiere de recursos adecuados para mejorar la preparación física y mental de sus miembros. La piscina de instrucción y entrenamiento en la Escuela de Formación de Infantería de Marina no es solo un espacio recreativo; es un componente esencial en el desarrollo integral de los Infantes de Marina, donde se llevan a cabo actividades que mejoran la resistencia y habilidades acuáticas. Sin embargo, el acceso a agua potable y de calidad para el funcionamiento óptimo de esta instalación ha sido un desafío persistente, lo que plantea la necesidad de una propuesta integral para su abastecimiento y purificación.

Desde una perspectiva institucional, la Armada Nacional debe mejorar que sus instalaciones cumplan con los estándares más altos en cuanto a salud y seguridad. La falta de un sistema adecuado para el abastecimiento y purificación del agua puede poner en riesgo no solo la salud de los alumnos de ESFIM, sino también la efectividad del entrenamiento. En este sentido, es crucial identificar las necesidades específicas relacionadas con la calidad del agua, así como evaluar el número potencial de usuarios que hacen uso de la piscina. Con referencia a esto, se hace evidente que una recopilación exhaustiva y análisis de datos son pasos imprescindibles para fundamentar cualquier propuesta.

Socialmente, el acceso al agua potable es un derecho humano fundamental. En Colombia, diversas regiones enfrentan problemas relacionados con la escasez y contaminación del agua, lo que agrava aún más las

condiciones para su uso en instalaciones militares. En habidas cuentas, de esta realidad, se vuelve imperativo evaluar las diferentes fuentes disponibles para el abastecimiento del agua, incluyendo recursos naturales como ríos o acuíferos cercanos, así como sistemas existentes que podrían ser optimizados. Utilizando criterios técnicos y normativos, se podrá seleccionar la opción más viable que no solo garantice el abastecimiento continuo, sino que también respete las regulaciones ambientales pertinentes.

Asimismo, diseñar un sistema integral de purificación de agua se convierte en una tarea esencial para asegurar que el recurso cumpla con los estándares sanitarios establecidos por las autoridades competentes. Este diseño debe incorporar tecnologías adecuadas que aseguren procesos efectivos de filtración, desinfección y tratamiento químico del agua. Las afirmaciones anteriores son respaldadas por estudios recientes que demuestran cómo tecnologías innovadoras han mejorado significativamente la calidad del agua en entornos similares.

Finalmente, es fundamental proponer un plan de implementación detallado que contemple un cronograma específico y un presupuesto estimado para llevar a cabo este sistema. Este plan no solo debe considerar las fases adecuadas para su instalación, sino también estrategias para su mantenimiento continuo, mejorando así la sostenibilidad del proyecto a largo plazo. En este sentido, se sugiere incluir métricas claras para evaluar la efectividad del sistema post-implementación.

La investigación presentada tiene un valor significativo dado el contexto actual en Colombia donde los desafíos relacionados con el

abastecimiento y purificación del agua son cada vez más evidentes. Con cifras oficiales que reflejan esta problemática, se reitera la importancia de abordar esta problemática, se reitera la importancia de abordar esta situación desde una perspectiva estratégica e integral. Al fortalecer nuestras capacidades institucionales mediante soluciones efectivas y sostenibles, contribuimos no solo al bienestar físico de nuestros infantes de marina sino también al cumplimiento del compromiso social hacia la comunidad en general.

En conclusión, esta propuesta busca no solo atender una necesidad inmediata dentro de la Escuela de Formación de Infantería de Marina sino también establecer un modelo replicable que pueda ser implementado en otras instituciones militares del país. Así pues, se espera que este trabajo no solo genere impactos positivos en términos operativos, sino que también inspire cambios significativos en las políticas relacionadas con el uso y gestión del agua en contextos similares.

Objetivos

Diseñar sistema integral de abastecimiento y purificación de agua subterránea que mejore la calidad y el suministro constante para la piscina de instrucción y entrenamiento en la Escuela de Formación de Infantería de Marina en Coveñas.

Objetivos Específicos

1. Identificar las necesidades específicas de abastecimiento y purificación de agua para la piscina, evaluando la cantidad de usuarios y los parámetros de calidad requeridos, mediante la recopilación y análisis de datos relevantes.
2. Evaluar las diferentes fuentes disponibles para el abastecimiento de agua, incluyendo recursos naturales y sistemas existentes, utilizando criterios técnicos y normativos que permitan seleccionar la opción más viable.
3. Realizar un modelo de un sistema integral de purificación del agua que incluya tecnologías adecuadas, tales como filtración, desinfección y tratamiento químico, asegurando que se cumplan con los estándares sanitarios establecidos por las autoridades competentes.
4. Proponer un plan de implementación que

contemple un cronograma detallado y un presupuesto estimado para la ejecución del sistema, considerando fases adecuadas para su instalación y mantenimiento continuo.

Definición del Problema

La escasez y calidad del agua son desafíos críticos que enfrenta la Escuela de Formación de Infantería de Marina, especialmente en lo que respecta a la piscina de instrucción y entrenamiento. Este espacio es fundamental para el desarrollo físico y táctico de los futuros suboficiales de infantería de Marina, ya que la natación y el entrenamiento acuático son componentes esenciales en la formación militar. Sin embargo, la falta de un sistema integral de abastecimiento y purificación de agua ha llevado a problemas significativos, como el deterioro de la calidad del agua, que puede comprometer la salud de los Alumnos y limitar su capacidad para entrenar adecuadamente. Por lo tanto, surge la necesidad imperiosa de diseñar un sistema que no solo garantice un abastecimiento constante de agua, sino que también asegure su purificación adecuada para cumplir con los estándares sanitarios requeridos.

La propuesta del diseño de un sistema integral tiene como objetivo específico mejorar la calidad del agua en la piscina mediante técnicas avanzadas de purificación. Esto incluye el uso de tecnologías como la filtración por membranas, desinfección UV y tratamiento químico controlado. Al implementar este sistema, se espera no solo optimizar el uso del recurso hídrico, sino también prolongar la vida útil de las instalaciones acuáticas. La importancia de esta propuesta para la Armada es evidente: un entorno seguro y saludable es fundamental para el desarrollo físico y mental de los alumnos de la ESFIM, lo cual se traduce en una fuerza naval más preparada y eficiente.

El contexto actual muestra que las instituciones militares enfrentan desafíos relacionados con el cambio climático y el aumento de la demanda

hídrica. La Escuela de Formación de Infantería de Marina no es ajena a estas problemáticas; por lo tanto, desarrollar un sistema eficiente se convierte en una prioridad estratégica. La escasez creciente del agua potable en muchas regiones del país hace que sea crucial encontrar soluciones sostenibles que permitan mantener las operaciones sin comprometer los recursos naturales. Además, el cambio climático trae consigo variaciones en las precipitaciones que afectan directamente las fuentes tradicionales de abastecimiento.

Un ejemplo concreto que ilustra esta problemática es el aumento en las enfermedades transmitidas por el agua debido a su mala calidad. En años recientes, se han reportado casos donde Alumnos sufrieron infecciones cutáneas y gastrointestinales tras entrenar en condiciones no óptimas. Estas situaciones no solo ponen en riesgo la salud física de los Alumnos, sino que también generan costos adicionales para su atención médica y afectan su rendimiento durante el entrenamiento. Así pues, las causas subyacentes una infraestructura inadecuada y métodos obsoletos deben ser abordadas con urgencia para evitar consecuencias graves.

La propuesta busca establecer un enfoque holístico hacia el manejo del agua en la piscina, considerando tanto su abastecimiento como su purificación bajo un mismo sistema. Esta integración permitirá al personal militar tener acceso a un recurso vital sin interrupciones, además de facilitar el monitoreo constante de los parámetros físicos y químicos del agua. Un diseño bien fundamentado podría incluir sistemas inteligentes capaces de alertar sobre cambios en la calidad del agua o niveles bajos en el suministro, mejorando así una respuesta rápida ante cualquier eventualidad.

La necesidad de implementar esta propuesta es clara:

sin un sistema adecuado, se corre el riesgo no solo de comprometer la formación efectiva de los Alumnos, sino también de generar un impacto negativo en la imagen institucional ante posibles brotes epidémicos relacionados con prácticas inadecuadas. La salud y seguridad deben ser prioridades indiscutibles dentro del ámbito militar. Por lo tanto, llevar a cabo este diseño no solo representa una inversión en infraestructura; es una inversión directa en el futuro operativo y estratégico de la Armada.

En resumidas cuentas, el desarrollo e implementación del diseño propuesto para un sistema integral de abastecimiento y purificación del agua es vital para asegurar condiciones óptimas para el entrenamiento acuático en la Escuela de Formación de Infantería de Marina. A medida que enfrentamos desafíos climáticos y recursos limitados, es imperativo adoptar soluciones innovadoras que garanticen no solo la salud y seguridad de los Alumnos sino también contribuyan al fortalecimiento general del cuerpo militar. Esta propuesta no debe ser vista como una opción más entre muchas; debe ser considerada como una necesidad urgente para mantener estándares excepcionales dentro del entrenamiento militar moderno.

Pregunta de Investigación

¿Cómo se puede diseñar un sistema integral de abastecimiento y purificación de agua que mejore la calidad y sostenibilidad del recurso hídrico en la piscina de instrucción y entrenamiento de la Escuela de Formación de Infantería de Marina?

Antecedentes y Oportunidad

La escasez de agua se ha convertido en un problema crítico que afecta a muchas regiones del mundo, y el municipio de Coveñas, en Colombia, es un claro ejemplo de esta problemática. Según el autor López (2021), “la creciente población de Coveñas ha exacerbado la demanda de agua potable, lo que se ha vuelto insostenible debido a la falta de infraestructura adecuada para la gestión de los recursos hídricos”. Además, el cambio climático ha intensificado las sequías y variaciones en las precipitaciones, lo que agrava aún más la situación. López destaca que la Escuela de Formación de Infantería de Marina, ubicada en este municipio, enfrenta serias dificultades no solo en el abastecimiento de agua, sino también en la calidad del recurso disponible, que se ve comprometida por la contaminación y el uso ineficiente. La combinación del crecimiento poblacional, el impacto del cambio climático y la infraestructura deficiente han creado un escenario preocupante que requiere atención urgente para mejorar el acceso al agua potable y mejorar las condiciones de vida de los habitantes.

Por otra parte, Según el Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Básico (CONPES 3810), se establece la necesidad urgente de optimizar los sistemas de abastecimiento en zonas rurales como Coveñas, donde las fuentes de agua son limitadas y frecuentemente contaminadas. “a. La promoción y aplicación de soluciones tecnológicas apropiadas (acueductos veredales y soluciones individuales) para mejorar el acceso al agua potable y el manejo de aguas residuales. La participación de las comunidades en la definición de las soluciones de vivienda y la ejecución de los proyectos.

(DPN, 2014). La asistencia técnica y la promoción de las capacidades organizativas de las comunidades para mejorar el mantenimiento, la operación y la sostenibilidad de las soluciones de acceso al agua y manejo de aguas residuales, Promover prácticas adecuadas para el uso del agua potable.

Asimismo, como lo describe López (2021), “La historia del abastecimiento de agua en Coveñas revela una dependencia excesiva de fuentes superficiales que han sido insuficientes para satisfacer la demanda creciente”. De acuerdo con un inventario realizado en el municipio, se identificaron más de 500 puntos de explotación de agua, pero muchos de estos presentan problemas de calidad y sostenibilidad. Esto resalta la oportunidad para investigar e implementar un sistema integral que no solo aborde la escasez, sino que también mejore la calidad del agua disponible. (LOPEZ, 2021, Pag.301).

Justificación

La realización del proyecto de diseño de un sistema integral de abastecimiento y purificación de agua subterránea para la piscina de instrucción y entrenamiento en la Escuela de Formación de Infantería de Marina en Coveñas es fundamental por diversas razones que abarcan aspectos de conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas, valor teórico y utilidad metodológica. Este proyecto responde a la necesidad urgente de mejorar un suministro constante y seguro de agua potable, superando las deficiencias del sistema actual y asegurando la continuidad operativa de la piscina, esencial para el entrenamiento militar (Carhuapoma, 2021).

Al mejorar la calidad del agua y el acceso al recurso hídrico, se protege la salud de los alumnos y se promueve el bienestar de la comunidad educativa, contribuyendo a una mejor calidad de vida y fomentando una cultura de cuidado ambiental (Figuroa Hernández, 2021).

El diseño incorpora tecnologías avanzadas de filtración y desinfección, así como sistemas automatizados de almacenamiento y distribución, optimizando la gestión del recurso y minimizando riesgos sanitarios y operativos, además de alinearse con las políticas nacionales de abastecimiento y saneamiento, contribuyendo al cumplimiento normativo y sostenibilidad (CONPES, 2019).

Desde un valor teórico, el proyecto aporta al conocimiento aplicado en la gestión sostenible de recursos hídricos en contextos militares y zonas con escasez de agua, integrando principios hidrogeológicos y tecnologías innovadoras para el tratamiento de aguas subterráneas (Carhuapoma, 2021; Figueroa Hernández, 2021).

Metodológicamente, la combinación de análisis laboratoriales, encuestas a usuarios y entrevistas con personal técnico permitió una evaluación integral del sistema actual y fundamentó el diseño del nuevo prototipo, asegurando que las soluciones sean pertinentes, efectivas y adaptadas al contexto específico de Coveñas (Figueroa Hernández, 2021).

En conjunto, este proyecto mejora la infraestructura hídrica de la Escuela y fortalece el compromiso institucional con la salud pública, el desarrollo sostenible y la innovación tecnológica (Carhuapoma, 2021).

Análisis de Requerimientos

Para el diseño del sistema integral destinado a la piscina de instrucción y entrenamiento en la Escuela de Formación de Infantería de Marina, se han identificado y clasificado los requerimientos funcionales y técnicos que busca un funcionamiento eficiente, estructurado y alineado con cada uno de los objetivos específicos, para poder desarrollar este proyecto.

1. Requerimientos Funcionales:

-Suministro constante y seguro de agua potable

Para mejorar un suministro constante y seguro de agua potable en la piscina, es necesario calcular la demanda diaria considerando la renovación mínima del 5% del volumen total, lo que asegura la calidad y cantidad de agua requerida para el uso diario (Carhuapoma, 2021).

En el diseño del prototipo, esto se incorpora mediante la integración de un sistema de almacenamiento, como depósitos de compensación con capacidad suficiente para cubrir la renovación diaria y posibles emergencias (Carhuapoma, 2021).

Además, se incluyen sensores de nivel y bombas automáticas que permiten mantener el caudal adecuado y evitar interrupciones en el suministro. Todo el sistema se conecta al circuito de filtración y tratamiento, asegurando que el agua almacenada siempre cumpla con los estándares de calidad (Carhuapoma, 2021).

Así, el diseño mejora tanto la continuidad del servicio como la seguridad sanitaria del agua utilizada en la piscina para implementar los procesos indicados se necesita un sistema de filtración física multicapa con arena, grava y resinas que remueva sólidos suspendidos y partículas, lo cual se incorpora en el prototipo instalando un filtro dimensionado según el caudal de la piscina (Emaux, s.f. 2023). Además, se requiere un sistema de desinfección

ultravioleta (UV) que elimine microorganismos patógenos sin generar subproductos químicos nocivos, integrado en la línea de recirculación para asegurar la exposición adecuada al UV (PoolComet, 2024). Finalmente, se aplica un tratamiento químico controlado mediante dosificación automática de cloro o hipoclorito para mantener niveles adecuados de desinfección residual, incorporado en el diseño con un sistema automatizado que regula la concentración química según parámetros de calidad del agua (Pentair, 2021). Estos elementos combinados mejoran un tratamiento integral que optimiza la calidad del agua y minimiza riesgos sanitarios (Piscinería, s.f.2023).

2 Facilidad de operación y mantenimiento

Para mejorar la facilidad de operación y mantenimiento, se necesita un sistema automatizado con sensores de pH y cloro que regulen automáticamente la dosificación de químicos mediante un controlador programable. Esto se incorpora instalando sensores en la recirculación del agua conectados a un sistema que ajusta los niveles sin intervención manual (Acomeq Ingeniería, 2021). Además, se incluye una interfaz sencilla para monitoreo en tiempo real y alertas de mantenimiento, facilitando la supervisión y reposición de insumos (Universidad de los Andes, 2020). También se automatizan funciones complementarias como limpieza y climatización para reducir la carga operativa (Lara Piscinas, 2023). Así, el prototipo asegura un manejo eficiente, seguro y fácil de operar (Romero García, 2021).

3 Sistema de válvulas selectoras (6 vías) para facilitar procesos de filtración, lavado y recirculación.

- 4 Diseño modular que permita acceso rápido a componentes críticos para inspección y reparación.
- 5 Implementar dispositivos de seguridad en drenajes y tuberías para evitar accidentes.

2. Requerimientos Técnicos

Para el diseño del sistema integral de abastecimiento y purificación de agua para una piscina de entrenamiento con dimensiones de 25 metros de largo, 10 metros de ancho y 1.3 metros de profundidad, es fundamental definir y justificar detalladamente cada requerimiento técnico, con la finalidad de que el sistema cumpla con la demanda y mantenga la calidad del agua según estándares reconocidos.

1. Dimensionamiento del volumen y caudal requerido

El volumen total de la piscina se calcula como:

$$V=25\text{m}\times 10\text{m}\times 1.30\text{m}=325\text{m}^3$$

Esto equivale a 325,000 litros de agua.

Para mejorar una renovación mínima del 5% diario:

El caudal mínimo necesario para esta renovación en 24 horas es:

$$Q= 16,250\text{L} / 24 \text{ h} = 677\text{L}/\text{h} = 11.3\text{L}/\text{min}$$

Con este caudal se busca que al menos el 5% del agua se renueve diariamente, manteniendo la

calidad y evitando acumulación de contaminantes. Para piscinas de entrenamiento, se recomienda incluso una renovación más rápida (por ejemplo, renovar todo el volumen en 68 horas), lo que implicaría caudales mayores y un sistema más robusto.

Se seleccionan bombas centrífugas con potencia de 5 caballos de fuerza para manejar caudales superiores a 15 L/min, considerando las pérdidas por fricción en tuberías y accesorios; esta potencia es adecuada para recircular el volumen total en tiempos inferiores a 8 horas, lo que mejora la calidad del agua, ya que las bombas centrífugas ofrecen un flujo constante y son eficientes para sistemas de piscinas medianas. Además, integrar prefiltros protege la bomba de sólidos que puedan dañar el equipo. En cuanto al sistema de filtración multicapa, se propone un filtro con capas de arena sílice (0.45-0.55 mm), grava y resinas intercambiadoras, donde la arena y la grava retienen partículas suspendidas y sólidos en suspensión, reduciendo la turbidez, mientras que las resinas intercambiadoras eliminan otros contaminantes.

Un sistema de filtración multicapa se compone de un filtro con capas de arena sílice (de 0.45-0.55 mm), grava y resinas intercambiadoras. En este sistema, la arena sílice actúa como la primera barrera, reteniendo partículas y sólidos suspendidos gracias a su estructura porosa y granular, lo que reduce eficazmente la turbidez del agua. La grava, colocada generalmente en la parte inferior, no solo sirve como soporte para los medios filtrantes superiores, sino que también ayuda a atrapar partículas más grandes y sedimentos, asegurando un flujo constante y eficiente a través del filtro. Por último, las resinas intercambiadoras, ubicadas en una de las capas finales, eliminan contaminantes específicos mediante un proceso de intercambio iónico, lo que permite retener iones no deseados, como sales o sílice, y mejorar aún más la calidad del agua tratada. Las resinas intercambiadoras eliminan contaminantes químicos y mejoran la calidad del agua.

Este sistema es eficiente, económico y ampliamente utilizado en piscinas de entrenamiento.

Desinfección ultravioleta (UV)

El sistema de filtración multicapa es eficiente, económico y ampliamente utilizado en piscinas de entrenamiento, ya que mejora una calidad óptima del agua mediante la retención de partículas suspendidas y sólidos en suspensión, reduciendo la turbidez y mejorando la experiencia de los usuarios. Este tipo de sistema, compuesto por capas de arena sílice, grava y resinas intercambiadoras, funciona en conjunto con bombas y prefiltros para asegurar un flujo constante y proteger el equipo, además de prolongar la vida útil del agua y minimizar el uso de productos químicos. Su eficiencia contribuye a mantener el agua limpia, clara y saludable, lo que es fundamental para prevenir enfermedades y reducir irritaciones cutáneas en los bañistas.

En cuanto a la desinfección ultravioleta (UV), esta es una tecnología complementaria que se utiliza para eliminar microorganismos patógenos en el agua sin añadir químicos, proporcionando un método seguro y efectivo para mantener la higiene y calidad del agua en piscinas. La desinfección UV actúa destruyendo el ADN de bacterias, virus y otros patógenos, impidiendo su reproducción y asegurando un ambiente más saludable para los usuarios. Esta técnica suele integrarse junto con sistemas de filtración para maximizar la pureza y seguridad del agua

Tratamiento químico controlado

Sistema automático de dosificación de cloro o hipoclorito para mantener niveles de cloro libre entre 1.0 y 1.5 ppm y pH entre 7.2 y 7.6.

Mantener un residual de cloro asegura la desinfección continua del agua durante el almacenamiento y uso.

Controlar el pH es vital para la eficacia del cloro y la comodidad de los usuarios.

La dosificación automática optimiza el uso de químicos y evita sobredosificación.

Tuberías y accesorios

Las tuberías y accesorios son componentes fundamentales en el sistema de filtración y recirculación de una piscina, ya que mejoran el flujo adecuado del agua y la conexión eficiente entre los diferentes equipos. Generalmente, se utilizan tuberías de PVC hidráulico cédula 40, con diámetros de 1” a 2” que deben estar correctamente instaladas para evitar fugas y pérdidas por fricción, asegurando un funcionamiento óptimo

Válvulas selectoras de 6 vías

Incorporar válvulas para controlar procesos de filtración, lavado, recirculación y enjuague que Facilitan la operación y mantenimiento del sistema sin interrupciones prolongadas además Permiten optimizar el uso del agua y prolongar la vida útil de los filtros.

Monitoreo y control automatizado

Instalación de sensores de pH, cloro libre, turbidez y ORP conectados a un sistema

SCADA con alarmas que Permite mantener parámetros dentro de rangos óptimos en tiempo real, Facilitando la detección temprana de desviaciones y la toma de decisiones rápidas para corregirlas y mejorando la seguridad y calidad del agua para los usuarios.

Cada componente técnico seleccionado responde a la necesidad de mantener un suministro constante y de agua para la piscina, considerando las dimensiones específicas (25 m x 10 m x 1.3 m) y el uso intensivo que se le da en entrenamiento militar. El dimensionamiento del caudal, la elección de bombas, sistemas de filtración y desinfección, así como el control automatizado, mejoran la calidad del agua, la eficiencia operativa y la sostenibilidad del sistema a largo plazo, cumpliendo con normativas y estándares internacionales para piscinas de entrenamiento.

Ficha técnica detallada del sistema

Para mejorar el funcionamiento y una gestión sencilla del sistema integral de abastecimiento y purificación de agua para la piscina, es fundamental incorporar elementos que faciliten su operación y mantenimiento. Esto incluye automatización de procesos críticos, monitoreo en tiempo real y mecanismos que reduzcan la intervención manual, mejorando así la continuidad del servicio y la calidad del agua.

3. Sistema de Desinfección UV

La desinfección microbiológica efectiva sin generación de subproductos químicos mejora significativamente la calidad y seguridad del agua en piscinas, mejorando un ambiente saludable para los usuarios. Para ello, se utiliza un sistema de dosificación química automática que administra cloro o hipoclorito de sodio mediante un control preciso. Este sistema automático incorpora sensores de

pH y cloro libre que permiten una dosificación proporcional y ajustable, manteniendo el cloro libre en un rango óptimo de 1.0 a 1.5 ppm y el pH entre 7.2 y 7.6. Esta regulación asegura una desinfección residual estable y controla la acidez del agua para optimizar la eficacia del cloro, evitando irritaciones y corrosión en los equipos

Tuberías y Accesorios

Las tuberías y accesorios para sistemas de piscinas se fabrican en PVC cédula 40, material resistente a la corrosión química, lo que mejora la durabilidad y seguridad ante el contacto constante con productos químicos como el cloro. Los diámetros recomendados varían según la función dentro del sistema: la línea principal debe tener un diámetro de 4 pulgadas (100 mm) para manejar caudales mayores, mientras que las líneas secundarias y conexiones suelen utilizar tuberías de 2 a 3 pulgadas (50-75 mm) para un flujo adecuado y eficiente. Las uniones se realizan mediante cementado con solventes, lo que asegura la estanqueidad y evita fugas, facilitando además la instalación y el mantenimiento. Esta elección de materiales y métodos responde a la necesidad de un sistema duradero, químicamente resistente y fácil de mantener.

Válvulas Selectoras de 6 Vías

Los componentes del sistema incluyen válvulas con cuerpo en ABS, juntas de EPDM y partes metálicas en acero inoxidable, con un diámetro nominal de 2 pulgadas (50 mm). Estas válvulas cumplen funciones esenciales como filtración, lavado, enjuague, recirculación, vaciado y cerrado, facilitando la operación y mantenimiento del sistema al permitir alternar procesos sin interrupciones prolongadas, lo que optimiza la gestión del agua en piscinas o sistemas similares.

El sistema de monitoreo y control SCADA incorpora sensores integrados para medir parámetros críticos: pH (rango 0-14, precisión ± 0.01), cloro libre (0-5 ppm, precisión ± 0.05 ppm), turbidez (0-10

NTU, precisión ± 0.1 NTU) y ORP (0-1000 mV, precisión ± 5 mV). Estos sensores están conectados a un controlador PLC con interfaz HMI, que permite la visualización en tiempo real, ajustes, alarmas configurables y control automático de la dosificación química y bombas. Además, el sistema ofrece comunicación con posibilidad de integración IoT para monitoreo remoto.

Justificación Detallada de Componentes

Bombas centrífugas de 5 HP

Las bombas centrífugas de 5 HP son fundamentales para garantizar una recirculación rápida y eficiente del agua, permitiendo renovar el volumen total en menos de ocho horas. Esta potencia es adecuada para superar las pérdidas por fricción generadas en tuberías y accesorios, lo que asegura un caudal constante capaz de satisfacer la demanda diaria y preservar la calidad del agua. Además, estos equipos destacan por su robustez, bajo mantenimiento y alta eficiencia energética, factores que contribuyen significativamente a la sostenibilidad operativa del sistema (AutoSolar Perú, 2025; Berklin, s.f.; Hidrocentro Lima, 2024).

Sistema de filtración multicapa

El filtro multicapa compuesto por arena sílice, grava y resinas intercambiadoras (Lewatit Na+ y SBG1P) remueve sólidos suspendidos, turbidez y contaminantes químicos. La combinación de estos materiales mejora significativamente la calidad del agua, siendo un sistema eficiente, de bajo costo operativo y fácil mantenimiento, ampliamente usado en piscinas deportivas (Quimipool, s.f.; Hidrotecnica, s.f.).

Desinfección ultravioleta (UV)

La desinfección con lámparas UV inactiva microorganismos patógenos sin generar subproductos químicos nocivos, lo que reduce irritaciones en piel y ojos y mejora la calidad del agua. Es especialmente importante en piscinas de entrenamiento militar para proteger la salud de los usuarios y complementar el tratamiento químico residual (Pentair, s.f.).

Tratamiento químico controlado

La dosificación automática de cloro o hipoclorito mantiene un residual desinfectante estable (1.0-1.5 ppm), necesario para la calidad microbiológica del agua. El control del pH (7.2-7.6) optimiza la eficacia del cloro y evita corrosión o irritación. La automatización reduce costos y riesgos por sobredosificación (Pentair, s.f.; Hidrotecnica, s.f.).

Tuberías PVC cédula 40

Las tuberías de PVC cédula 40 son resistentes a la corrosión química causada por el cloro y otros productos, mejorando durabilidad y seguridad en la conducción del agua. Su diámetro (2-4 pulgadas) está dimensionado para manejar caudales sin pérdidas de presión significativas, facilitando instalación y mantenimiento (Hidrocentro Lima, 2024).

Válvulas selectoras de 6 vías

Estas válvulas permiten gestionar múltiples funciones del sistema de filtración (filtración, lavado, enjuague, recirculación, vaciado y cerrado) con un solo componente,

simplificando operación y mantenimiento. Su diseño robusto asegura larga vida útil y continuidad operativa sin interrupciones prolongadas (Quimipool, s.f.).

Sensores de pH, cloro libre, turbidez y ORP integrados a sistema SCADA

La instalación de sensores conectados a un sistema SCADA permite monitoreo y control en tiempo real de parámetros críticos, mejorando que el agua se mantenga en rangos óptimos.

Las alarmas automáticas permiten respuestas rápidas, reduciendo riesgos para usuarios y protegiendo la infraestructura (Pentair, s.f.).

1.500.000

1.000.000

21.900.000

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (COP)
1	Filtro multicapa compacto para piscina (material resistente, estándar)	1	7.500.000
2	Bomba centrífuga 3-5 HP (alta eficiencia y durabilidad)	1	3.000.000
3	Sistema de dosificación de cloro y pH (manual o semiautomático)	1	1.750.000
4	Tubería y accesorios PVC cédula 40 (diámetros de 2" a 3")	1 lote	1.750.000

La secuencia "Entrada → Pretratamiento (filtros multicapa) → Electrobomba → Ósmosis inversa → Lámparas UV → Tanque final" hace referencia al proceso típico de tratamiento y purificación de agua mediante ósmosis inversa.

En este esquema:

El agua de entrada primero pasa por un pretratamiento, donde los filtros multicapa eliminan partículas grandes, sedimentos y algunos contaminantes para proteger las etapas posteriores.

Luego, la electrobomba impulsa el agua a la presión necesaria para que atraviese la membrana semipermeable del sistema de ósmosis inversa, que elimina hasta el 99% de sales disueltas, microorganismos y otras impurezas.

Posteriormente, el agua pasa por lámparas UV que desinfectan eliminando microorganismos patógenos restantes sin usar químicos.

Finalmente, el agua tratada se almacena en un tanque final para su distribución o uso.

Este flujo garantiza un tratamiento integral que mejora la calidad del agua, asegurando pureza, seguridad y cumplimiento sanitario (Polco, 2024; Carbotecnia, 2024; Ferrovial, 2021).

Cuando el agua se extrae del subsuelo a una profundidad aproximada de 100 metros, como en el caso de la piscina de instrucción y entrenamiento, es fundamental considerar aspectos técnicos y operativos específicos para mejorar un abastecimiento seguro, eficiente y sostenible. A continuación, se describe detalladamente el proceso de tratamiento teniendo en cuenta esta condición:

La captación de agua subterránea a 100 metros de profundidad se realiza mediante un pozo perforado que permite acceder a acuíferos confinados o semiconfinados, los cuales generalmente presentan mejor calidad microbiológica y menor contaminación superficial. Para garantizar la protección del recurso, es indispensable que el pozo cuente con un sello sanitario, como una barrera impermeable de cemento o bentonita, que impida la entrada de contaminantes externos a la columna de agua. Además, el diseño del pozo debe cumplir con normas técnicas, como la NTC-3948, para asegurar la estabilidad estructural, evitar colapsos y facilitar el mantenimiento. Por otro lado, el régimen de bombeo debe ser controlado para prevenir la sobreexplotación del acuífero, promoviendo así la sostenibilidad del recurso hídrico.

Aunque el agua subterránea suele presentar baja turbidez y materia en suspensión, puede contener sedimentos finos, hierro, manganeso y compuestos orgánicos que requieren un pretratamiento adecuado. En este sentido, los filtros multicapa compuestos por arena, grava y resinas son esenciales para retener partículas sólidas y reducir contaminantes químicos, protegiendo los equipos sensibles y prolongando la vida útil de la membrana de ósmosis inversa. Esta etapa es fundamental para evitar obstrucciones y asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

Para impulsar el agua hacia el sistema de ósmosis inversa, se utiliza una electrobomba centrífuga que suministra la presión necesaria para superar la presión osmótica natural del agua a esa profundidad, la cual puede ser elevada debido a la columna de agua y las características del acuífero. La bomba debe estar dimensionada para manejar caudales adecuados y resistir condiciones de operación continua, garantizando un flujo estable y eficiente.

La ósmosis inversa constituye la etapa principal de purificación, en la que el agua es forzada a pasar a través de membranas semipermeables que eliminan sales disueltas, metales pesados, microorganismos y compuestos orgánicos presentes incluso en aguas subterráneas profundas. Este proceso es especialmente útil para corregir problemas de dureza, salinidad o contaminación química, asegurando la obtención de agua potable de alta calidad. Es importante mencionar que el concentrado residual generado debe ser manejado adecuadamente para evitar impactos ambientales.

Posteriormente, el agua tratada pasa por un sistema de desinfección ultravioleta (UV), que inactiva cualquier microorganismo residual, mejorando la seguridad microbiológica sin generar subproductos químicos. La desinfección UV es una tecnología recomendada para sistemas con altos requerimientos sanitarios, garantizando la protección del personal y la calidad del agua.

Finalmente, el agua purificada se almacena en un tanque diseñado para evitar contaminación secundaria, construido con materiales compatibles y equipado con sistemas de monitoreo. Este tanque permite un suministro constante y estable para la piscina, facilitando la distribución y manteniendo la calidad del agua hasta el punto de uso.

En resumen, este proceso integral que combina captación controlada, pretratamiento, bombeo adecuado, ósmosis inversa, desinfección UV y almacenamiento final, asegura un suministro de agua potable eficiente y sostenible, acorde con las mejores prácticas y normativas técnicas vigentes (Grupo Acura, 2024; Pure Aqua, 2025; Arveng Training & Engineering, s.f.).

Marco de referencia

El diseño y operación de sistemas de abastecimiento y purificación de agua para piscinas, especialmente en entornos militares como la Escuela de Formación de Infantería de Marina, requiere fundamentarse en normativas, tecnologías y prácticas reconocidas internacionalmente para mejorar la seguridad sanitaria, la eficiencia operativa y la sostenibilidad del recurso.

1. Normativas y estándares de calidad del agua para piscinas

En España, la regulación del agua en piscinas es muy estricta, con normativas específicas por comunidades autónomas y ordenanzas municipales que establecen límites para parámetros microbiológicos y químicos, como pH, cloro libre y cloraminas, para evitar riesgos sanitarios.

©Universidad Ean SNIES 2812 | Vigilada Mineducación | Personería Jurídica Res. n.º. 2898 del Minjusticia - 16/05/69

El Nogal: Cl 79 n.º 11 - 45 | NIT: 860.026.058-1

Centro de contacto: 60 1 593 6464 | Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica

universidadean.edu.co

La normativa industrial alemana DIN 19643 es una referencia internacional que establece criterios rigurosos para la calidad

microbiológica (ausencia de

Pseudomonas aeruginosa, *Escherichia coli*, *Legionella*) y química (pH entre 6.5 y 7.6, cloro libre entre 0.3 y 0.6 ppm, cloro combinado menor a 0.2 ppm, trihalometanos por debajo de 0.02 ppm).

En Colombia, las políticas institucionales militares incluyen protocolos estrictos para el tratamiento y mantenimiento de agua en piscinas, considerando el riesgo sanitario de estas instalaciones.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y

la normativa UNE EN ISO/IEC 17025 recomiendan controles periódicos y métodos

validados para mejorar la calidad bacteriológica y química del agua potable y de piscinas.

2. Tecnologías de tratamiento del agua

Filtración multicapa: Es la tecnología estándar para eliminar sólidos suspendidos y contaminantes coloidales en piscinas. Combina arena, grava y resinas para optimizar la retención de partículas y contaminantes químicos, facilitando la posterior desinfección.

Desinfección química: El cloro y sus derivados (hipoclorito sódico, hipoclorito cálcico, cloro generado in situ) son los desinfectantes más utilizados para mantener un residual efectivo que prevenga la proliferación microbiana. La dosificación controlada y automática es clave para evitar irritaciones y la formación de subproductos nocivos.

Floculación: La adición de floculantes (sulfato de aluminio, sulfato férmico) mejora la eliminación de coloides y materia orgánica, facilitando la filtración y mejorando la claridad del agua.

Ozonificación: El ozono es un oxidante potente utilizado desde los años 60 para complementar la desinfección, reducir cloraminas y mejorar la calidad del agua sin generar residuos químicos persistentes. Su uso está formado por la DIN 19643 y se ha estandarizado en sistemas modernos de tratamiento de piscinas.

Radiación ultravioleta (UV): La radiación UV es empleada para la descomposición de cloraminas y la inactivación de microorganismos resistentes, complementando la acción del cloro y reduciendo riesgos sanitarios.

Sistemas automáticos de control: La automatización mediante sensores de pH, cloro, turbidez y ORP, integrados a sistemas SCADA, permite mantener parámetros dentro de rangos óptimos, mejorar la eficiencia del tratamiento y mejorar la seguridad sanitaria.

Mantenimiento y operación

El mantenimiento preventivo y correctivo es fundamental para asegurar la disponibilidad operativa y la calidad del agua. Las políticas militares establecen lineamientos claros

para la gestión de infraestructura y equipos,
incluyendo capacitación del personal y registros documentados.

El tratamiento de choque con cloro y la floculación periódica son prácticas recomendadas para controlar proliferaciones algales y contaminaciones puntuales, manteniendo la transparencia y seguridad del agua.

El control continuo de parámetros y la realización de análisis microbiológicos en laboratorios acreditados aseguran la detección temprana de riesgos y el cumplimiento normativo.

Impacto en la salud y seguridad

La correcta gestión del agua en piscinas previene enfermedades transmitidas por el agua, como infecciones cutáneas y gastrointestinales, y evita problemas derivados de subproductos químicos como los trihalometanos, que son cancerígenos potenciales.

La reducción de cloraminas mediante ozonificación y radiación UV mejora la experiencia del usuario, evitando irritaciones en ojos y mucosas, aspectos críticos en ambientes de entrenamiento militar.

Contexto militar y estratégico

En instalaciones militares, la calidad del agua es un componente estratégico que impacta directamente en la salud, rendimiento y preparación del personal. Por ello, la implementación de sistemas integrales de tratamiento y monitoreo, alineados con normativas nacionales e internacionales, es una prioridad.

La sostenibilidad en el uso del recurso hídrico, considerando fuentes subterráneas y tecnologías avanzadas, contribuye a la resiliencia operativa frente a desafíos ambientales y climáticos.

Análisis de Restricciones

Restricciones Legales y Regulatorias

Para el aprovechamiento de aguas subterráneas es obligatorio obtener una concesión administrativa cuando el volumen extraído supera ciertos límites, salvo para usos domésticos en propiedad privada o con posesión legítima. Esta concesión otorga el derecho al uso privativo del agua pública y está regulada por la Ley de Aguas y el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, estableciendo condiciones como plazos, límites de caudal y obligaciones de control (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO], 2022). Además, se requiere licencia ambiental para la construcción y operación de infraestructuras que impacten recursos hídricos, y la supervisión técnica de las autoridades ambientales

es obligatoria para asegurar el cumplimiento normativo y la protección del acuífero (Confederación Hidrográfica del Júcar, s.f.).

Restricciones Técnicas y Operativas

La capacidad y régimen de explotación del acuífero constituyen limitantes fundamentales para la sostenibilidad del proyecto, ya que la sobreexplotación puede provocar agotamiento o degradación del recurso. Asimismo, la calidad del agua subterránea puede exigir sistemas de tratamiento más complejos, incrementando costos y requerimientos técnicos. Las técnicas de perforación deben minimizar impactos ambientales y maximizar la eficiencia en la captación, respetando normativas técnicas vigentes (MITECO, 2022).

Restricciones Ambientales

La extracción de agua subterránea puede afectar el equilibrio ambiental local, por lo que es imprescindible implementar medidas de conservación y protección del acuífero para evitar su agotamiento o contaminación. La gestión sostenible del recurso es un requisito legal y ambiental para garantizar la disponibilidad a largo plazo (MITECO, 2022).

Restricciones Económicas

Los costos iniciales incluyen perforación, adquisición de equipos y sistemas de tratamiento, mientras que los costos operativos abarcan mantenimiento y consumo energético. Por ello, es necesario realizar un análisis costo-beneficio

detallado para asegurar la viabilidad económica del proyecto y su sostenibilidad en el tiempo (Gesmontes, s.f.).

Restricciones Sociales y Políticas

La aceptación comunitaria es clave para la implementación exitosa del proyecto, especialmente cuando el recurso hídrico es compartido. Además, las políticas públicas sobre uso y gestión de aguas subterráneas pueden influir en la disponibilidad y condiciones de explotación, por lo que se debe considerar el marco institucional vigente (Gesmontes, s.f.; MITECO, 2022).

METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología para el desarrollo del proyecto de diseño de un sistema integral de abastecimiento y purificación de agua para la piscina de instrucción y entrenamiento en la Escuela de Formación de Infantería de Marina se estructurará en fases secuenciales, integrando los objetivos generales y específicos, la pregunta problema, y aprovechando los recursos técnicos y humanos de la Armada Nacional de Colombia. El proyecto contempla un plazo estimado de 9 a 12 meses, con asignación de mano de obra especializada y recursos materiales adecuados para cada etapa.

Fase 1: Diagnóstico y análisis de necesidades (Duración: 1 mes)

Se iniciará con la identificación precisa de las necesidades de abastecimiento y purificación, evaluando la cantidad de usuarios, volumen de agua requerido y parámetros de calidad indispensables para la piscina. Se recopilarán

datos históricos y se realizarán muestreos para caracterizar la calidad actual del agua. Esta fase incluye la revisión de normativas sanitarias aplicables y la evaluación preliminar de las fuentes hídricas disponibles, considerando el contexto local y las condiciones del acuífero subterráneo a 100 metros de profundidad. La mano de obra involucrada incluirá ingenieros ambientales, técnicos en laboratorio y especialistas en recursos hídricos de la Armada (Instituto de Previsión Militar, 2019).

Fase 2: Evaluación y selección de fuentes de agua (Duración: 1.5 meses)

Se realizará un estudio técnico detallado de las fuentes existentes, incluyendo análisis físico-químicos y microbiológicos, capacidad de recarga del acuífero y sostenibilidad del recurso. Se aplicarán criterios normativos y técnicos para seleccionar la fuente más viable para el sistema. Esta etapa requiere personal especializado en hidrogeología, ingeniería sanitaria y ambiental, y se apoyará en equipos de análisis de laboratorio y monitoreo continuo (Ministerio de Salud Perú, 2017).

Fase 3: Diseño del sistema integral de purificación (Duración: 3 meses)

Con base en los resultados previos, se diseñará el sistema que integrará tecnologías de filtración multicapa, desinfección ultravioleta y tratamiento químico controlado, asegurando el cumplimiento de estándares sanitarios. Se elaborarán planos, especificaciones técnicas y un modelo operativo, incluyendo la automatización con sensores y sistema SCADA para monitoreo en tiempo real. El equipo de diseño estará conformado por ingenieros civiles, mecánicos, eléctricos y

©Universidad Ean SNIES 2812 | Vigilada Mineducación | Personería Jurídica Res. n°. 2898 del Minjusticia - 16/05/69

El Nogal: Cl 79 n° 11 - 45 | NIT: 860.026.058-1

Centro de contacto: 60 1 593 6464 | Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica

universidadean.edu.co

especialistas en automatización industrial, con apoyo de consultores externos en tecnologías militares de tratamiento de agua (Newater, 2024).

Fase 4: Planificación de la implementación (Duración: 1.5 meses)

Se desarrollará un cronograma detallado utilizando metodologías como Diagrama de Gantt, que incluirá fases de adquisición, instalación, pruebas y puesta en marcha. Se estimará un presupuesto desglosado que contemple materiales, equipos, mano de obra, capacitación y mantenimiento. Se asignará un equipo de gestión de proyecto, con roles definidos para supervisión técnica, logística y control

financiero, mejorando la alineación con las políticas institucionales de la Armada (Instituto de Previsión Militar, 2019).

Fase 5: Ejecución e instalación (Duración: 3 meses)

Se procederá a la adquisición de equipos y materiales, seguido de la instalación física del sistema, incluyendo montaje de bombas, filtros, lámparas UV, tuberías, válvulas y sensores. La mano de obra involucrada incluirá técnicos especializados en hidráulica, electricidad, instrumentación y automatización. Se realizarán pruebas funcionales y ajustes para asegurar el correcto funcionamiento y la integración del sistema SCADA. Esta fase requerirá coordinación logística para minimizar interrupciones en las actividades de la Escuela (Munideporte, 2007).

Fase 6: Capacitación y puesta en marcha (Duración: 1 mes)

Se capacitará al personal operativo en el manejo, mantenimiento y monitoreo del sistema, enfatizando el uso del SCADA y protocolos de seguridad sanitaria. Se implementarán procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo, y se establecerán indicadores de desempeño para evaluar la eficiencia del sistema. La puesta en marcha incluirá un periodo de operación supervisada para validar resultados y realizar ajustes finales (Ministerio de Salud Perú, 2017).

Fase 7: Seguimiento y evaluación continua (Duración: 1 mes inicial, con seguimiento permanente)

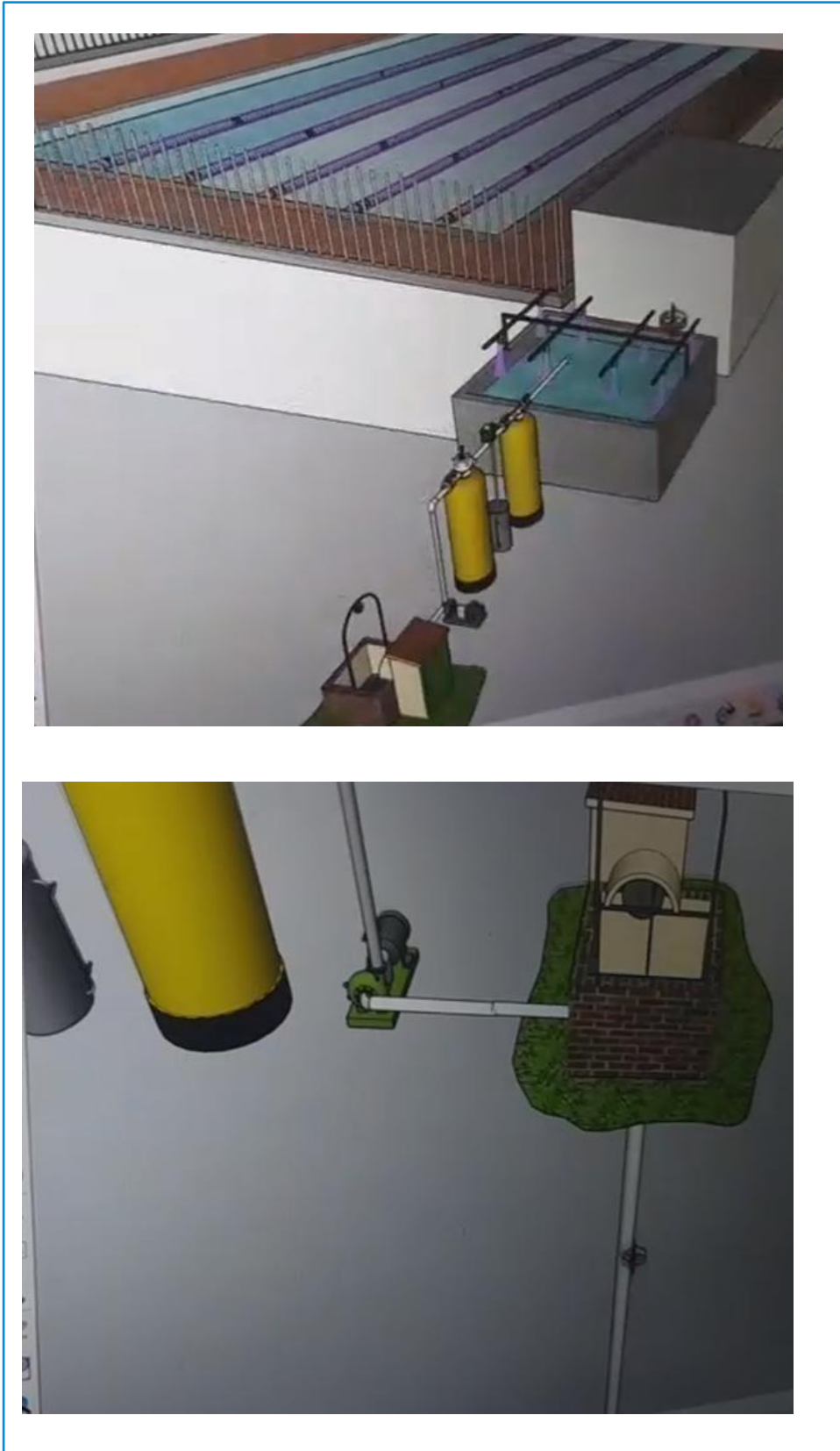
Se establecerá un plan de monitoreo continuo de calidad del agua y operación del sistema, con informes periódicos para la Armada. Se implementarán mecanismos de retroalimentación para mejora continua y adaptación a posibles cambios en la demanda o condiciones ambientales.

Recursos y mano de obra

El proyecto contará con personal especializado de la Armada Nacional, incluyendo ingenieros civiles, ambientales, eléctricos, técnicos en laboratorio y operadores de sistemas automatizados. Se prevé la contratación de consultores externos para asesoría en tecnologías específicas y la adquisición de equipos certificados para uso militar. Además, se dispondrá de maquinaria para instalación hidráulica y eléctrica, laboratorios de análisis y software para gestión de proyectos y sistemas SCADA.

Esta metodología integral y detallada asegura que el proyecto cumpla con los objetivos planteados, responda a la pregunta de investigación y aproveche los recursos de la Armada Nacional para mejorar un sistema eficiente, sostenible y seguro para la piscina de instrucción y entrenamiento.

MAQUETA



Análisis de costos

se presenta una descripción detallada y estimada de los costos del proyecto de diseño e instalación de un sistema integral de abastecimiento y purificación de agua para la piscina de instrucción en la Escuela de Formación de Infantería de Marina, expresados en pesos colombianos (COP). Los valores son aproximados, basados en referencias de mercado colombiano y considerando componentes, mano de obra y recursos para mantenimiento.

1. Costos de Componentes Principales

Para desarrollar un sistema integral de abastecimiento y purificación de agua para la piscina de instrucción y entrenamiento con un presupuesto aproximado de \$ 21.900.000 (Veintiún millones novecientos mil pesos colombianos), es fundamental priorizar equipos estándar y modulares que cumplan con los requisitos básicos de filtración y desinfección. Se recomienda un filtro multicapa compacto, fabricado con materiales resistentes pero económicos, con capacidad adecuada para manejar los caudales requeridos. Este filtro permitirá la remoción eficiente de sólidos suspendidos y mejorará significativamente la calidad física del agua, con un costo estimado entre 7 y 8 millones de pesos. Esta solución es adecuada para mejorar funcionalidad sin exceder el presupuesto disponible (Generador de Precios Colombia, s.f.).

Para la recirculación y presión necesaria del sistema, se sugiere la adquisición de una bomba centrífuga de potencia moderada, entre 3 y 5 HP, preferiblemente de marcas

reconocidas que ofrezcan eficiencia energética y durabilidad. El costo aproximado de esta bomba oscila entre 2.5 y 3.5 millones de pesos, lo que permite un balance adecuado entre potencia y consumo energético, asegurando un funcionamiento estable y sostenible del sistema (Generador de Precios Colombia, s.f.).

En cuanto al control de la desinfección química, se recomienda un sistema básico de dosificación manual o semiautomática para cloro y pH, que permita mantener niveles adecuados sin necesidad de automatización completa. Este sistema tiene un costo estimado de 1.5 a 2 millones de pesos y facilita la operación y mantenimiento con recursos limitados, mejorando la seguridad sanitaria del agua tratada (Colombia Licita, s.f.).

Para la conducción y distribución del agua, se debe adquirir tuberías y accesorios de PVC cédula 40 en diámetros entre 2 y 3 pulgadas, que sean resistentes a la corrosión química y adecuados para el caudal requerido. El costo estimado para estos materiales es de 1.5 a 2 millones de pesos, priorizando calidad y durabilidad para minimizar futuras reparaciones (Generador de Precios Colombia, s.f.).

Las válvulas manuales de 6 vías son indispensables para el control de los procesos de filtración y mantenimiento. Se recomienda la compra de válvulas económicas pero confiables, con un costo aproximado de 800.000 a 1 millón de pesos, que permitan una operación sencilla y eficiente del sistema (Generador de Precios Colombia, s.f.).

Respecto a la mano de obra, la instalación hidráulica y el montaje de los equipos requieren aproximadamente 150 horas hombre, con una tarifa promedio de 30.000 pesos por hora, lo que representa un costo cercano a 4.5 millones de pesos. Además, se deben considerar 50 horas

adicionales para pruebas, calibración y capacitación del personal, sumando alrededor de 1.5 millones de pesos. Contar con técnicos calificados es fundamental para la correcta puesta en marcha y la durabilidad del sistema (Generador de Precios Colombia, s.f.).

Finalmente, es necesario incluir un paquete básico de insumos químicos y repuestos menores para el primer año de operación, estimado en aproximadamente 1 millón de pesos. Esto asegura la operatividad continua y la calidad del agua desde el inicio, facilitando el mantenimiento preventivo y correctivo inicial (Colombia Licita, s.f.).

COTIZACIÓN SISTEMA INTEGRAL DE ABASTECIMIENTO Y PURIFICACIÓN DE AGUA PARA PISCINA DE INSTRUCCIÓN

Fecha: 20 de mayo de 2025

Proveedor: Referencia basada en mercado nacional (Generador de Precios Colombia / Colombia Licitación)

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (COP)	Subtotal (COP)
1	Filtro multicapa compacto para piscina (material resistente, estándar)	1	7.500.000	7.500.000
2	Bomba centrífuga 3-5 HP (alta eficiencia y durabilidad)	1	3.000.000	3.000.000
3	Sistema de dosificación de cloro y pH (manual o semiautomático)	1	1.750.000	1.750.000
4	Tubería y accesorios PVC cédula 40 (diámetros de 2" a 3")	1 lote	1.750.000	1.750.000
5	Válvula manual de 6 vías para control de filtración	1	900.000	900.000
6	Mano de obra instalación (150 horas)	150 h	30.000	4.500.000
7	Mano de obra pruebas, calibración y ajustes (50 horas)	50 h	30.000	1.500.000
8	Kit de insumos químicos y repuestos menores (1er año de operación)	1	1.000.000	1.000.000
TOTAL ESTIMADO				21.900.000

En conclusión, el desarrollo e implementación del sistema integral de abastecimiento y purificación de agua para la piscina de instrucción y entrenamiento de la Escuela de Formación de Infantería de Marina responde de manera efectiva a los objetivos planteados, tanto generales como específicos, al mejorar un suministro constante, seguro y de alta calidad que cumple con las normativas sanitarias vigentes. La justificación técnica y

©Universidad Ean SNIES 2812 | Vigilada Mineducación | Personería Jurídica Res. n°. 2898 del Minjusticia - 16/05/69

El Nogal: Cl 79 n° 11 - 45 | NIT: 860.026.058-1

Centro de contacto: 601 593 6464 | Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica

universidadean.edu.co

operativa del proyecto se fundamenta en la necesidad de contar con un recurso hídrico confiable que permita mantener condiciones óptimas para el entrenamiento militar, protegiendo la salud de los usuarios y asegurando la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

La propuesta ajustada al presupuesto disponible demuestra que es posible integrar tecnologías adecuadas -como filtración multicapa, bombeo eficiente y control químico básico- que optimizan recursos sin comprometer la funcionalidad ni la durabilidad del sistema. Además, la planificación detallada de la mano de obra especializada y la provisión de insumos para el mantenimiento inicial mejorar una operación continua y eficiente, minimizando riesgos de fallas y costos adicionales futuros.

La realización de este proyecto trae múltiples beneficios estratégicos y operativos:

mejora la calidad del agua utilizada en las actividades de formación, reduce el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua, optimiza el uso

de recursos hídricos mediante procesos sostenibles y automatizados, y fortalece la

infraestructura hidráulica de la Armada Nacional de Colombia. En suma, este proyecto no solo responde a una necesidad crítica de abastecimiento, sino que también contribuye a elevar los estándares de seguridad, eficiencia y sostenibilidad en las instalaciones militares, consolidando un entorno adecuado para la preparación y bienestar del personal militar.

Bibliografía

CONPES (2014). Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento

Básico. Ministerio de Vivienda.

Documento estratégico que establece las políticas nacionales para el acceso y calidad del agua potable, base fundamental para el proyecto.

Pacto Golfo Morrosquillo (2021). Estudio sobre el sistema hídrico en Coveñas. Ficha Trimestral.

Informe diagnóstico del sistema hídrico local, clave para la evaluación de la fuente de abastecimiento.

Universidad Sucre (2020). Recopilación sobre fuentes hídricas en Coveñas.

Caracterización de fuentes hídricas locales, esencial para la selección y protección del recurso.

Ministerio de Salud y Protección Social (2020). Informe sobre calidad del agua en Colombia.

Reporte nacional sobre estándares y condiciones de calidad del agua, útil para establecer parámetros de control.

MIIG (2021). Análisis geológico e hidrogeológico del municipio.

Estudio fundamental para el diseño del pozo profundo y protección del acuífero. Camacho, J. (2006). Historia del abastecimiento hídrico en Colombia. ADEMÁS.

Contextualiza los retos y avances en el suministro de agua en Colombia.

World Health Organization (2017). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.).
WHO

Press.

Normas internacionales para calidad del agua potable, base para definir estándares.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). Política Nacional para la
Gestión Integral del Recurso Hídrico.

Marco normativo para la gestión sostenible del agua en Colombia.

IDEAM (2020). Informe Nacional del Recurso Hídrico.

Estado y disponibilidad del recurso hídrico en Colombia, útil para dimensionar el
sistema.

Ministerio de Salud y Protección Social (2007). Resolución 2115.

Norma que establece requisitos de calidad del agua para consumo humano.

American Water Works Association (2017). Water Treatment Plant Design (5th ed.).

McGraw-Hill Education.

Manual técnico para diseño de plantas de tratamiento, referencia para selección
tecnológica.

Instituto Nacional de Salud (2019).

Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua potable.

Guía oficial para monitoreo y control de calidad.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2016). Manual de operación y
mantenimiento de sistemas de acueducto y alcantarillado.

Manual para gestión eficiente y sostenible de sistemas de agua potable.

United States Environmental Protection Agency (2018). Water System Operations and Maintenance.

Guía internacional para operación y mantenimiento.

García, L., & Pérez, M. (2019). Evaluación de tecnologías de potabilización en zonas rurales. *Revista Ingenierías*, 22(2), 112-125.

Comparación de tecnologías aplicables a contextos rurales similares.

Gómez, J., & Rodríguez, S. (2020). Impacto de la calidad del agua en la salud pública. *Salud Pública*, 62(3), 45-53.

Estudio que relaciona calidad del agua y salud.

ICONTEC (2015). Norma Técnica Colombiana NTC 1500: Agua potable.

Norma nacional que establece parámetros para agua potable.

Ministerio de Salud y Protección Social (2010). Resolución 1618.

Regulación sobre calidad del agua en piscinas.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Guía para la gestión ambiental de pozos profundos.

Documento que orienta la perforación responsable de pozos.

Findeter (2019). Manual de buenas prácticas para sistemas de agua rural.

Recomendaciones para gestión eficiente en zonas rurales.

United Nations (2015). Sustainable Development Goal 6.

Marco internacional que respalda la importancia del proyecto en los ODS.

García, A., & Torres, F. (2018). Evaluación de la eficiencia de filtros multicapa.

Ingeniería y Desarrollo, 36(1), 90-99.

Investigación sobre desempeño de filtros multicapa.

Ríos, E., & Martínez, P. (2017). Desinfección de agua mediante radiación ultravioleta.

Revista Aqua, 8(2), 55-62.

Estudio sobre efectividad de desinfección UV.

NEWater (2023). Sistemas portátiles de purificación de agua para uso militar.

Información sobre tecnologías adaptadas a contextos militares.

Colombia Licita (2022). Suministro de materiales y productos químicos para tratamiento de agua en piscina semiolímpica.

Fuente de costos y especificaciones de insumos químicos.

Universidad Nacional de Colombia (2019). Diagnóstico

y optimización del sistema de abastecimiento de agua potable en Coveñas.

Análisis local para diagnóstico del proyecto.

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (2021). Análisis de viabilidad y diseño para el abastecimiento de agua en Coveñas.

Investigación sobre alternativas y diseño.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019). Guía para la protección de fuentes hídricas subterráneas.

Orientación para protección y manejo de acuíferos.

Instituto Nacional de Salud (2020). Vigilancia de la calidad del agua en Colombia:

Informe anual.

Estado de vigilancia nacional.

García, M., & Ruiz, D. (2018). Costos y sostenibilidad de sistemas de potabilización en comunidades rurales. *Revista Agua y Desarrollo*, 10(2), 120-133.

Análisis financiero y de sostenibilidad.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2018). Guía para la formulación de proyectos de agua potable y saneamiento básico.

Manual para estructurar proyectos.

IDEAM (2017). Atlas del recurso hídrico colombiano.

Fuente cartográfica y estadística.

Ministerio de Salud y Protección Social (2019). Manual de operación y mantenimiento de piscinas.

Guía técnica para piscinas.

World Health Organization (2018). Water safety planning for small community water supplies.

Guía para gestión de riesgos.

Torres, L., & Herrera, C. (2016). Evaluación de tecnologías de desinfección para agua potable. *Ingeniería Sanitaria*, 23(4), 215-223.

Comparación de tecnologías de desinfección.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020). Estrategia Nacional para la Conservación de Ecosistemas Acuáticos.

Política para protección de fuentes hídricas.

Instituto Nacional de Salud (2018). Manual de muestreo de agua para consumo humano.

Guía técnica para toma y análisis de muestras.