

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
E INVESTIGACIÓN
DIPLOMADO EN INSTALACIONES HIDROSANITARIAS EN
EDIFICACIONES V.1**



**IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS POR LAS CUALES LOS
TANQUES DE H°A° PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA
SUFREN DETERIOROS EN SU INTERIOR**

POSTULANTE: JOSE CARLOS SARDAN SEÑORANIS

Marzo 2024

IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS POR LAS CUALES LOS TANQUES DE H°A° PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA SUFREN DETERIOROS EN SU INTERIOR

Resumen

Los tanques de almacenamiento de agua hechos de H°A° sufren deterioros en su interior que se deben a varios factores y causas, es muy importante determinar las causas para aminorar los deterioros en su interior y de esa manera evitar las consecuencias que puede ocasionar el consumir agua de las estructuras deterioradas.

En el presente trabajo se realizó la identificación de las causas más probables para el deterioro interior, a través de entrevistas a expertos al tema e inspección en campo a tanques de almacenamiento, se comparó con las causas teóricas identificadas a fin de corroborar con las causas expuestas por los expertos y vistas en campo.

Las causas identificadas por las cuales se deteriora el interior de un tanque de hormigón armado detectadas son el deterioro de los materiales que lo componen, problemas en procesos constructivos y falta de mantenimiento, los procesos constructivos deficientes ocasionan problemas para el posterior mantenimiento por no respetar especialmente el nivel de la tubería de limpieza y la pendiente del tanque.

La principal deficiencia encontrada es la contaminación del agua dentro del tanque que en consecuencia el agua que almacena podría no ser potable según el Reglamento nacional para el control de la calidad del agua para consumo humano, lo cual significa un peligro para los que consumen agua del tanque con el interior deteriorado

Finalmente se realizó la propuesta de recubrimiento interior con cerámica blanca para tratar de aminorar los deterioros que se ocasionan en el interior del tanque, los expertos en el tema mencionan que es una buena solución por la vida útil y la facilidad de mantenimiento, pero en contra mencionan que el costo adicional que conlleva puede hacer que la gente no lo realice, por lo cual queda un tema en debate si el incremento en costo de inversión inicial es menor a la disminución de costos de mantenimiento, agregado el componente sanitario de tener tanque de almacenamiento limpio en el interior y con una calidad de agua apta para el consumo.

PALABRAS CLAVE: tanques de almacenamiento, deterioro, causas.

DEDICATORIA

*Quiero dedicar este trabajo a mi familia
la cual me brindo todo su apoyo en todas
las etapas de mi vida.*

AGRADECIMIENTO

*Agradezco al Centro de Estudios de
Postgrado e Investigación (CEPI) de la
U.M.R.P.S.F.X.C. por brindarme los
conocimientos necesarios en el
diplomado*

ÍNDICE

CAPÍTULO I: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	1
1.3 CAUSAS MÁS PROBABLES	3
1.3.1. FALTA DE ATENCIÓN AL DETERIORO O CUIDADO ADECUADO AL INTERIOR DEL TANQUE DE H°A°	3
1.3.2. MALAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS.....	3
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.5 OBJETIVOS	3
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.6 HIPOTESIS.....	4
1.7 JUSTIFICACION	4
1.7.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	4
1.7.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	4
1.7.3. JUSTIFICACIÓN ADMINISTRATIVA	5
2 CAPITULO II MARCO TEORICO.....	6
2.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	6
2.1.1. FUENTES DE AGUA	6
2.1.2. GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICOS	7
2.2 USO Y CONSUMO DE AGUA.....	7
2.2.1. USO DEL AGUA.....	8
2.2.2. AGUA POTABLE	9
2.2.3. CALIDAD DE AGUA	10
2.3 COMPONENTES DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	11
2.3.1. CAPTACIÓN	11
2.3.2. POTABILIZACIÓN.....	11
2.3.3. ALMACENAMIENTO.....	12
2.3.4. DISTRIBUCIÓN.....	13
2.3.5. CONSUMO.....	14
2.4 TANQUES DE H°A° PARA ALMACENAR AGUA POTABLE	15

2.4.1.	PROCESO CONSTRUCTIVO.....	16
2.4.2.	MANTENIMIENTO DE TANQUES DE H°A°.....	21
2.5	IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS TEÒRICAS DEL DETRIORO DE TANQUES DE H°A°	23
2.5.1.	DETERIORO DE LOS MATERIALES QUE COMPONEN	23
2.5.2.	PROBLEMAS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS	24
2.5.3.	CALIDAD DE MATERIAL UTILIZADO	24
2.5.4.	FALTA DE MANTENIMIENTO.....	25
	CAPITULO III: MARCO PRACTICO	26
3.1	INTRODUCCIÓN	26
3.2	TÉCNICA DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN.....	26
3.2.1.	CRITERIOS DE INFORMACIÓN.....	26
3.3	PREGUNTAS GUÍAS.....	28
3.4	ENTREVISTA A EXPERTOS DEL TEMA.....	28
3.4.1.	PRIMERA ENTREVISTA	28
3.4.2.	SEGUNDA ENTREVISTA	30
3.4.3.	CONCLUSIONES DE LAS ENTREVISTAS.....	31
3.5	VISITA DE CAMPO A TANQUES DE H°A°	32
3.5.1.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO N°1	33
3.5.2.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO N°2	33
3.6	CORRELACIÓN DE CAUSAS TEÒRICAS CON CAUSAS DE TANQUES DE H°A° VISITADOS.....	34
3.6.1.	DETERIORO DE LOS MATERIALES QUE LO COMPONEN	35
3.6.2.	PROBLEMAS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS	35
3.6.3.	CALIDAD DE MATERIAL UTILIZADO	36
3.6.4.	FALTA DE MANTENIMIENTO.....	36
3.7	DEFICIENCIAS Y CONSECUENCIAS DE DETERIORO DE TANQUES DE H°A°.....	36
3.8	PROPUESTA DE REVESTIMIENTO INTERIOR.....	37
3.8.1.	REVESTIMIENTO DE CERÁMICA BLANCA	37
	CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
4.1	CONCLUSIONES	39
4.2	RECOMENDACIONES.....	40
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
	ANEXOS.....	42

ANEXO A: ENTREVISTAS A EXPERTOS DEL TEMA.....	42
ANEXO B. PLANILLA DE VISITA A CAMPO.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista interior de un tanque de almacenamiento de H°A°	2
Figura 2. Esquema de escorrentía superficial y subterránea	6
Figura 3. Fotografía de la crisis del agua en La Paz-Bolivia	7
Figura 4. Fenómeno para la construcción de casas con tanques de almacenamiento.	8
Figura 5. Tanque con agua contaminada.....	11
Figura 6. Esquema de tanque cisterna (enterrado) y tanque elevado	13
Figura 7. Esquema de distribución de agua con tanque elevado.....	14
Figura 8. Consumo de agua en artefactos sanitarios	14
Figura 9. Detalle de tanque de H°A°	15
Figura 11. Aditivo impermeabilizante de morteros SIKA 1	18
Figura 14. Impermeabilización interior de tanque de almacenamiento	19
Figura 15. Tubería metálica para crear el pase para las tuberías al tanque	20
Figura 16. Esquema de tanque de almacenamiento	21
Figura 17. Limpieza de tanque de almacenamiento	23
Figura 18. Recomendaciones de impermeabilizante SIKA 1.....	25
Figura 19. Tanque de almacenamiento N°1	33
Figura 20. Tanque de almacenamiento N°2.....	34
Figura 21. Revestimiento de tanque con cerámica blanca realizado en Perú.....	37
Figura 19. Tanque de hormigón armado con acabado interior pintado.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dotaciones per cápita para vivienda urbana.....	9
Tabla 4. Indicadores de observación	27
Tabla 5. Preguntas guía de encuesta.....	28
Tabla 4. Tabla de correlación de causas teóricas y causas encontradas en campo.....	35

IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS POR LAS CUALES LOS TANQUES DE H°A° PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA SUFREN DETERIOROS EN SU INTERIOR

CAPÍTULO I: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad el país se vio afectado por problemas de sequías que afectaron a varios departamentos, la población con el fin de abastecerse de agua, tomó medidas al respecto, en su mayoría las viviendas eran de abastecimiento directo, eso quiere decir, que su distribución de agua de potable venia directo desde la red, por el tema de las sequia las empresas que abastecían del elemento recurrieron a racionalizar el agua, de esa manera la población ante tal problema recurrió a la elaboración de tanques de almacenamiento de agua potable, que en varios casos es de H°A°.

Ante tanta demanda en la construcción de estos tanques para garantizar su abastecimiento de agua continuo, es muy frecuente ver estos elementos en la mayoría de las viviendas.

Al ser un elemento cerrado la gente por lo general no tiene el cuidado de revisar en su interior, siendo esto lo más importante porque es donde se almacena el agua que a posterior consumirá, los deterioros de los materiales que lo componen son normal porque cada uno tiene su tiempo de vida útil, es por eso que es necesario identificar las causas y factores por los cuales se deterioran para tratar de que la estructura tenga una vida útil mayor en excelentes condiciones de calidad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA

Presentación de deterioro del interior de tanques de almacenamiento de agua potable de H°A° disminuye la calidad de agua que almacena.

El agua potable es un elemento muy importante para la vida humana, por lo cual, es importante satisfacer la demanda de la población con dicho elemento, para aprovisionar de agua potable en una edificación existen varios sistemas de distribución como ser el directo, indirecto, mixto,

etc., dentro de los sistemas de abastecimiento indirecto y mixto se encuentran como componente los tanques de almacenamiento, que en muchos casos se realizan de H^oA^o.

Usualmente la gente no se percata de la situación en la que se encuentra el interior del tanque de almacenamiento de H^oA^o y al ver que por fuera se ve bien, no se imaginan que por dentro sufren deterioros que contaminan el agua que consumen, convirtiéndolo en un enemigo silencioso para la salud.

Figura 1.

Vista interior de un tanque de almacenamiento de H^oA^o



Fuente: Informe Consultoría individual por producto especialista técnico paquete 22 MIAGUA V Departamento de Santa Cruz.

Para la ejecución de los tanques de almacenamiento de H^oA^o usualmente se aplica hormigón con aditivos impermeabilizantes y acabado en el interior de pintura látex o superlátex, el cual con el paso del tiempo se descascara, generando problemas de corrosión en el hormigón hasta la existencia de fisuras en el mismo.

Estos problemas en el interior de los tanques de almacenamiento generan un riesgo para la salud de los que consumen agua del tanque, por la generación de agentes contaminantes que pueden ocasionar infecciones y enfermedades, además existen edificaciones que no emplean los métodos constructivos apropiados debido a la falta de un ingeniero a cargo de la obra, ya que muchos dueños de las edificaciones dejan a cargo a los maestros albañiles de la construcción, el mismo al tener conocimiento empírico, desconoce de los riesgos de una mala ejecución del acabado del tanque de almacenamiento, poniendo en riesgo la salud de los usuarios.

1.3 CAUSAS MÁS PROBABLES

Se identifican las causas más probables.

1.3.1. FALTA DE ATENCIÓN AL DETERIORO O CUIDADO ADECUADO AL INTERIOR DEL TANQUE DE H°A°.

En general la gente que se abastece de agua de un tanque de H°A° no se imagina la situación en la que se encuentran en su interior, no miden los riesgos que puede generar un deterioro de los tanques de almacenamiento de agua a su salud, hay la mala costumbre de pensar que una vez construido el tanque funcionará durante toda la vida útil de la edificación y no se realizan inspecciones ni mantenimiento al mismo.

El agua que se almacena dentro del mismo ocasiona un desgaste dentro del tanque que genera que la pintura que recubre el interior se desprenda o corroe el hormigón.

1.3.2. MALAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS.

En la construcción de edificaciones los dueños tratan de economizar al máximo, esto ocasiona que se aminore gastos en dos componentes especialmente, en materiales (utilizando materiales de baja calidad) y en mano de obra. Este último tiene un impacto más importante porque se desestima la contratación de un ingeniero que supervise la ejecución, dejando todo en mano de un maestro de obra que por su desconocimiento puede tener errores en la construcción de tanques, utilizando materiales de baja calidad y no realizar los procesos constructivos adecuados.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las causas más comunes para el deterioro del interior y mal funcionamiento de tanques de H°A° para almacenamiento de agua?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar las causas más comunes por las cuales los tanques de H°A° para el almacenamiento de agua sufren deterioro en su interior.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar teóricamente las causas por las cuales se da el deterioro al interior de los tanques de H^oA^o para almacenamiento de agua.

Realizar entrevistas a expertos en el tema.

Efectuar visita a diferentes tanques de H^oA^o para almacenamiento de agua.

Correlacionar las casusas identificadas teóricamente con los tanques visitados en trabajo de campo.

Redactar las principales deficiencias y consecuencias de los tanques de H^oA^o.

Presentar una propuesta de solución para aminorar el deterioro interior de los tanques de H^oA^o para almacenamiento de agua.

1.6 HIPOTESIS

No presenta hipótesis.

1.7 JUSTIFICACION

Cuando se realice la presente investigación se obtendrá resultados:

1.7.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Un amplio conocimiento acerca de las causas que causa los deterioros en el interior de los tanques.

Experiencias de expertos sobre los problemas que conllevan estos deterioros.

Las deficiencias sobre estos tipos de tanques.

1.7.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Los problemas de salud que pueden causar al contaminarse el agua producto de los deterioros.

Una propuesta para aminorar el problema de deterioro en el interior de los tanques.

1.7.3. JUSTIFICACIÓN ADMINISTRATIVA

Un conocimiento más amplio del proceso constructivo de revestimiento interior de tanques de H^oA^o con sus deficiencias, para que empresas puedan realizar mejoras al mismo y mejorar sus servicios.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA

El agua es un elemento muy importante para garantizar la calidad de vida de gente. La disponibilidad de agua no solo es crucial para el consumo humano, si no para realizar sus actividades diarias (limpieza, cocina, etc.)

2.1.1. FUENTES DE AGUA

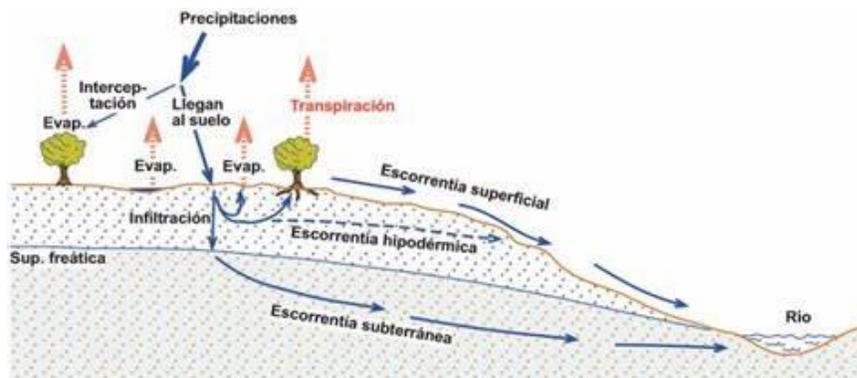
Una fuente de agua convencionalmente se conoce como al desvío del curso natural del elemento, a través de estructuras ingeniadas por el hombre para ser utilizada por el mismos. Naturalmente existen dos tipos de escorrentía la superficial y subterránea, este último se caracteriza por su dureza al contener minerales que adquieren en su curso natural, pero a la vez este tipo de agua requiere menor tratamiento para ser potabilizada ya que pasan distintas capas de suelo que funcionan como filtro y limpian las impurezas de la misma.

Sobre la escorrentía superficial, la parte que procede de la lluvia y no se infiltra, corre sobre el terreno y se distribuye a través de la cuenca desembocando en quebradas y ríos (HELVETAS, 2014) que a la vez pueden llegar a llenar lagos y lagunas.

Los mencionados son los dos tipos de fuente de agua que utilizan los humanos para proveerse de dicho elemento, cada uno con sus propiedades y su diferente ingeniería para la captación y tratamiento.

Figura 2.

Esquema de escorrentía superficial y subterránea



Fuente: Escobar, P. 2020. Apuntes Curso de Hidrología e Hidrogeología. Universidad Nacional Andrés Bello.

2.1.2. GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Se define como gestión de los recursos hídricos al proceso que promueve maximizar el bienestar económico y social de la manera más equitativa sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales (Global Water Partnership, 2009).

La gestión de los recursos hídricos es un componente integral que prevé la calidad de agua de consumo. La prevención de contaminación de la misma que pueda atentar a la salud de la población de quien la consume.

Parte de la gestión de recursos hídricos compone el cuidado del elemento en los lugares donde almacenamos el mismo para consumo, a través de mantenimientos de los tanques e inspecciones rutinarias, con el fin de garantizar una buena calidad de agua de consumo.

2.2 USO Y CONSUMO DE AGUA

El consumo de agua por lo general tiende a aumentar (debido a la mejora en los niveles de vida), cada día la tecnología avanza y ya hay aparatos como lava ropa, lava vajillas, duchas de mayor consumo, calefones, etc.

Por ello la gente necesita tener un almacenamiento de agua producto de las sequías que igual atacan a la población, como antecedente en el 2016 en la ciudad de La Paz la denominada “Crisis del Agua”, debido a la peor sequía que atravesó el país en las últimas décadas por el Fenómeno del Niño y el cambio climático (Miranda, 2016).

Figura 3.

Fotografía de la crisis del agua en La Paz-Bolivia



Fuente: Periódico Los Tiempos

Este tipo de problemas sembró susceptibilidad en la población haciendo que empiecen a construir tanques de almacenamiento para sus casas a fin de poder almacenar dicho elemento en caso de sequía y no sufrir tanto como en aquel año.

Hoy en día es muy común ver tanques de almacenamiento de H²O en edificaciones y viviendas para almacenar agua para su consumo, por eso es muy importante conocer las causas que ocasionan su deterioro interior y consecuencias que puede ocasionar en la salud de los que se proveen agua del mismo.

Figura 4.

Fenómeno para la construcción de casas con tanques de almacenamiento.

Casas de Alasitas con turriles y tanques de agua son la novedad



Fuente: Diario Opinión.

2.2.1. USO DEL AGUA

2.2.1.1. USO INDUSTRIAL

En este tipo de uso se toma en cuenta el agua que se utiliza en industrias que se encuentran emplazadas en la ciudad, su uso de agua potable o no potable para la fabricación de productos, refrigeración de maquinaria, limpieza, etc. Comprende un uso en el que generalmente por la cantidad utilizada requieren de grandes tanques de almacenamiento a fin de proveerse del elemento, este tipo de uso no será muy estudiado para el caso de la presente monografía.

2.2.1.2. USO DOMÉSTICO

El uso doméstico está comprendido por la demanda de agua de las familias para la utilización de su diario vivir. Para determinar el consumo diario en viviendas o edificios multifamiliares, se debe determinar el número de habitantes del inmueble y número de dormitorios que se tiene desde el diseño arquitectónico del proyecto, con ello se determina la tasa de ocupación en edificios, viviendas familiares o viviendas multifamiliares. La dotación per cápita se denomina como el consumo medio diario que se asigna a un usuario, para satisfacer sus necesidades domésticas, para ello se deberá realizar una dotación de acuerdo a las condiciones locales (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2011).

El Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA), es muy claro a la hora de mencionar la dotación y asume valores de acuerdo a la ubicación geográfica del país, tomando factores de mayoración a fin de lograr satisfacer la demanda de agua de los usuarios, por ello es fundamental los tanques de almacenamiento de agua, a fin de garantizar dicha provisión sin cortes ni racionalización de agua para la comodidad de los usuarios.

Tabla 1.

Dotaciones per cápita para vivienda urbana

Región	Altitud media msnm	Precipitación media anual (mm)	Temp. Media (°)	Tamaño de localidad Dotación (L / hab. Día)			
				Menor	Intermedia	Mayor	Metropolitana
Altiplano	3600 - 4000	402	11	70 - 80			
Valles	500 - 3600	496	16		80 - 100	80 - 100	80 - 120
Llanos	100 - 500	1167	27.5	70 - 100		100 - 120	100 - 150

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA).

2.2.2. AGUA POTABLE

Se define como agua potable como el agua que es apta para consumo humano, para llegar a ello se deberá pasar por procedimientos antes de llegar a la red que distribuye el mismo a los usuarios, cumpliendo con la normativa vigente del país.

En Bolivia, la constitución política del estado, del 2009 menciona que el acceso al agua potable es un derecho fundamental para la vida (Artículo 373). Además, que en el Plan de Desarrollo General de Económico y Social PGDES, en uno de los pilares para el desarrollo del país

menciona que toda la población deberá contar con servicios de agua y alcantarillado. La dotación de agua potable es un derecho para las personas, y como su definición lo menciona deberá ser apta para su consumo, es decir, estar libre de agentes contaminantes en el mismo, teniendo cuidado en cada componente de distribución para evitar su contaminación, es así que el deterioro del interior de los tanques de almacenamiento de H^oA^o juega un papel importante a la hora de administrar agua potable a los usuarios, su deterioro puede generar agentes contaminantes que atenten la salud de quienes consumen del mismo, violando su derecho fundamental para la vida como menciona la Constitución Política del Estado.

2.2.3. CALIDAD DE AGUA

Para determinar la calidad de agua se miden rangos de composición física, química y microbiológica, que deben estar dentro de parámetros establecidos para garantizar que el consumo de la misma no generará ningún problema de salud.

La contaminación, sea natural o por consecuencia de la actividad humana es un factor importante, para poder acceder a agua potable de calidad controlada prioridad para muchas entidades (ONG AWA, 2015), es por ello que el interior de los tanques debe mantenerse impecable libre de impurezas, que se puedan generar a causa de los deterioros.

Si bien la distribuidora es responsable de garantizar la calidad de agua que distribuye, los usuarios son responsables de la limpieza de su sistema de distribución, parte de su sistema usualmente forma los tanques de H^oA^o, que deben ser inspeccionados y desinfectados cada año por lo menos para garantizar que el agua no se contamine.

El agua potable es aquella que por sus características se considera apta para el consumo humano y que cumple con lo establecido en la NB 512, el tanque de almacenamiento está situado generalmente entre la captación y la red de distribución, su destino es almacenar el agua que será distribuida a la red, otra de sus funciones es mantener las presiones adecuadas en la red de distribución. (Ministerio de servicios básicos y obras públicas, 2005).

Figura 5.

Tanque con agua contaminada



Fuente: (Rojas G. V., 2019). Evaluación sanitaria de tanques de almacenamiento de edificios de la ciudad de La Paz que son abastecidos por el sistema Achachicala.

2.3 COMPONENTES DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para una correcta distribución de agua para una población se tienen varios componentes administrados por una empresa en el caso de la ciudad de La Paz es EPSAS, estos componentes van desde la captación, tratamiento, distribución y finalmente el retorno o disposición final.

2.3.1. CAPTACIÓN

La captación de agua se refiere a obras de toma que se realizan para captar aguas de ríos, embalses, pozos para fines que se requiera.

Hay dos tipos de captación, la captación directa e indirecta, ambas tienen sus propias características técnicas.

2.3.2. POTABILIZACIÓN

Una vez realizada la captación se procede a realizar la eliminación de agentes contaminantes del agua, la purificación del agua es uno de los problemas de ingeniería civil de mayor urgencia de solución, el objetivo es proveer a la comunidad agua potable, de esta manera se satisface una necesidad para su bienestar y comodidad (Rojas, 1999).

Para ello hay diferentes métodos utilizados de los más conocidos en Bolivia son: Cloración, filtración, sedimentación y aireación.

2.3.3. ALMACENAMIENTO

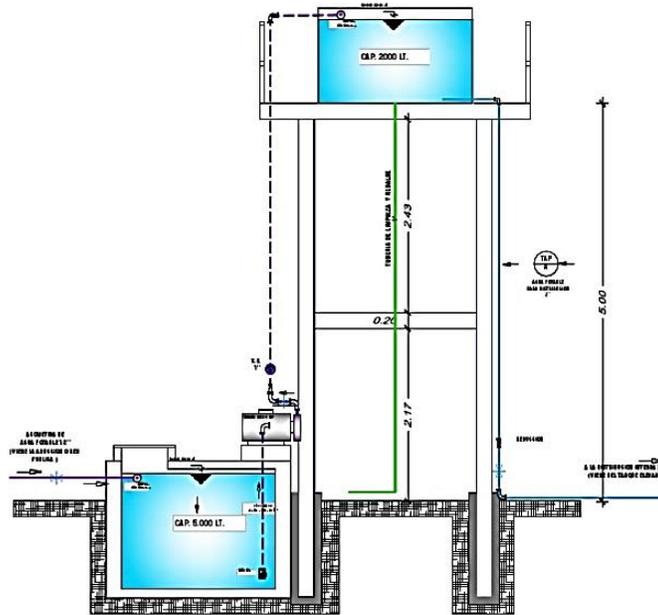
El almacenamiento de agua se realiza en tanques los cuales son depósitos de agua potable de los cuales se abastecen de agua los artefactos sanitarios, pueden ser elevados o enterrados, según la disponibilidad de espacio en la edificación, toda edificación donde el abastecimiento de agua no sea continuo o carezca de presión, deberá preverse un tanque de almacenamiento a fin de que se realice el suministro de agua de forma permanente a todos los artefactos sanitarios, los tanques deberán garantizar la potabilidad de agua en todo momento e impedir la entrada de agua de lluvia o vectores, además deben contar con acceso directo para garantizar la limpieza (Colegio federado de ingenieros y de arquitectos de Costa Rica, 2017).

Los tanques de almacenamiento juegan un papel importante hoy en día en Bolivia, ante las constantes sequías el abastecimiento de agua se volvió una preocupación para la población, es muy común ver tanques en las edificaciones, sean de plástico o de H°A°, estos últimos generalmente se ocupan para edificaciones donde la cantidad de gente que habita es considerable, es decir en edificios multifamiliares, en cambio los tanques de plásticos son más vistos en viviendas familiares.

En nuestra normativa menciona que los tanques de agua potable deben mantenerse separados de tanques de almacenamiento de otras fuentes como de agua de lluvia y/o aguas residuales reutilizadas, una especificación muy importante es realizar con materiales resistentes a la corrosión, que sean impermeables estos materiales pueden ser H°A°, plásticos, acero inoxidable ferrocemento, asbesto, cemento, por último y talvez más importante no deterioren la calidad de agua almacenada, en el interior no se puede revestir con elementos que deterioren la calidad, color o sabor del agua potable (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2011).

Figura 6.

Esquema de tanque cisterna (enterrado) y tanque elevado



Fuente: Gobierno Autónomo Departamental de Pando

2.3.4. DISTRIBUCIÓN

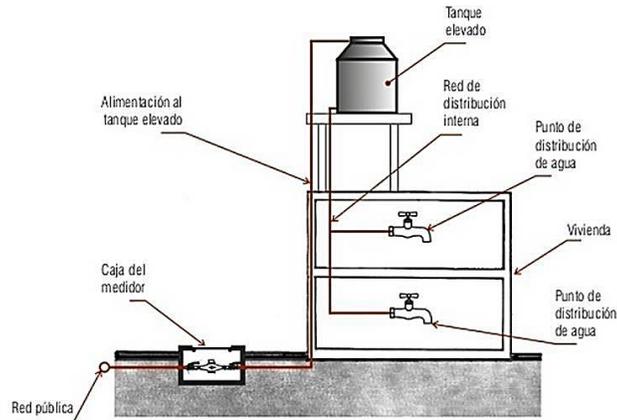
La distribución de agua potable se realiza mediante tuberías y accesorios (codos, te, semi codos), con el fin de llevar el agua a cada artefacto sanitario que tiene la edificación.

La distribución de agua potable comprende todas obras interiores necesarias para dotar un inmueble del elemento, comprende las obras civiles de tanques de almacenamiento, montantes de agua, etc. Situadas entre la salida del medidor hasta los artefactos (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2011).

Todos estos elementos deberán contar con un mantenimiento ya que inciden directamente en la calidad de agua que llega hasta los artefactos, la protección del sistema de abastecimiento es fundamental para proporcionar agua de consumo con buenos parámetros químicos, físicos y biológicos, por la extenso del sistema de distribución, existen factores de riesgo que pueden contaminar el agua (Rojas G. V., 2019).

Figura 7.

Esquema de distribución de agua con tanque elevado.



Fuente: Gómez, R. (s.f.). Instalaciones hidráulicas. Dibujo de instalaciones

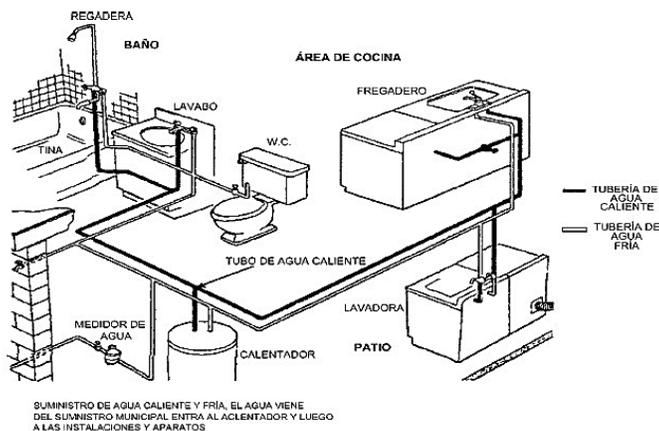
2.3.5. CONSUMO

El consumo se refiere directamente a la utilización de agua en las edificaciones, a través de los artefactos sanitarios (lavamanos, lavaplatos, inodoros, duchas, lavadoras, etc.), que se usa en el diario vivir de las personas.

A este punto el agua debe estar libre de cualquier contaminación para evitar posibles focos de infección, cualquier tipo de contaminación que se realice podrá generar enfermedades e infecciones a los usuarios atentando contra la salud.

Figura 8.

Consumo de agua en artefactos sanitarios



Fuente: Neal. (28 de septiembre de 2020). Studio Apartment Hub. Obtenido de <https://studioapartmenthub.com/cuales-son-los-elementos-de-una-instalacion-sanitaria/>

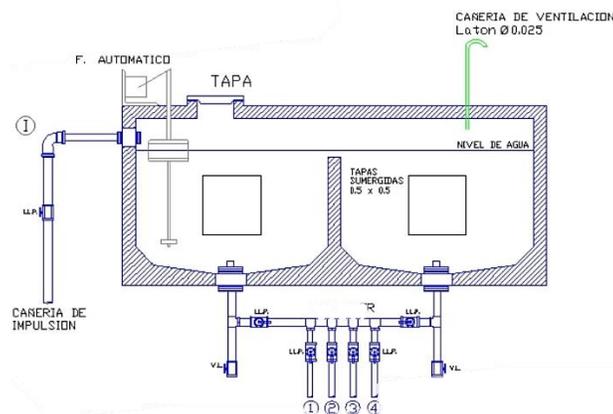
2.4 TANQUES DE H°A° PARA ALMACENAR AGUA POTABLE

Los tanques de almacenamiento de hormigón armado son estructuras diseñadas para contener y conservar agua potable. Están construidas de Hormigón usualmente de resistencia característica a los 28 días de 21 MPa, reforzado con acero corrugado mejorando su resistencia a la tracción que se genera a causa de la flexión. Son tanques utilizados para almacenar agua potable, ofreciendo una solución para almacenar grandes cantidades de agua, son de durabilidad larga siempre y cuando se le realice un buen mantenimiento y ofrecen una estabilidad estructural y protección contra la corrosión, para cuidar el agua que almacena dentro.

Las edificaciones que tengan una presión inferior a 10 metros de columna de agua en la acometida, deben tener tanques de almacenamiento de agua calculados para almacenar la demanda mínima diaria de agua de los usuarios y también deben estar equipadas con equipos de bombeo, los tanques deben ser totalmente impermeables, de cierre hermético y ubicarse a una distancia de por lo menos 3 metros de cualquier tubería de aguas negras (Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Viviendas, 2015).

Con la restricción en cuanto a presiones emitidas por la Guía Boliviana de Construcción de Edificaciones y el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, todo edificio multifamiliar cuenta con tanques elevados de H°A°, a fin de satisfacer las demandas y cumplir con el reglamento nacional vigente, es por ello, que es muy común ver en la ciudad de La Paz edificios con este tipo de tanques.

Figura 9.
Detalle de tanque de H°A°



Fuente: https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/tanque-de-reserva_110474/

2.4.1. PROCESO CONSTRUCTIVO

Un proceso constructivo se refiere al conjunto de fases y actividades organizadas y coordinadas que se llevan a cabo para realizar una estructura, incluye la planificación inicial, la preparación del sitio, gestión de materiales y recursos, método constructivo. Este proceso implica colaboración de especialistas y profesionales para la aplicación de las técnicas apropiadas a fin de asegurar un trabajo de calidad, seguridad y cumplimiento de los objetivos, a continuación, definiremos los pasos más importantes para la ejecución del tanque de almacenamiento y su relación con el deterioro interior del mismo.

2.4.1.1. PLANIFICACIÓN INICIAL

La planificación inicial empieza desde la concepción del proyecto, cuando nace la idea del proyecto e inicia por lo arquitectónico, en ese momento con el número de personas que habitaran la vivienda se puede determinar la capacidad del tanque de almacenamiento.

La normativa boliviana ya da parámetros para la dotación de agua por habitante en litros/día, en función a ello se deberá determinar definir entre dos tipos de sistemas.

El primer sistema se denomina sistema indirecto sin bombeo que consta de un ramal de alimentación que llena el tanque desde la acometida hacia el tanque elevado, su volumen de almacenamiento no debe ser menor consumo diario del inmueble ni a 500 litros, además se deberá prever reserva contra incendios y otros usos. El segundo sistema se denomina sistema indirecto con bombeo el cual consta de un ramal de alimentación impulsado con una bomba eléctrica, este tipo de sistemas se utiliza cuando el tanque elevado se encuentra muy alto o la presión de llegada desde la acometida no es buena (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2011).

Determinada el volumen en función a los planos arquitectónicos se establece la ubicación del mismo para ello se deberá ver junto al arquitecto un lugar en donde no ocupe espacios que puedan ser utilizados para otros fines, usualmente se los coloca en la terraza de la edificación o se entierra por debajo del parqueo.

La relación directa con el deterioro interior es la ubicación del tanque, algunos proyectistas ubican sus tanques en lugares donde no se puede acceder para el mantenimiento, entonces los

usuarios no lo realizan de esa manera el interior queda deteriorado por la falta de mantenimiento a causa de una mala planificación.

2.4.1.2. PREPARACIÓN DEL SITIO

La preparación del sitio para tanques de almacenamiento de hormigón armado es un proceso que garantiza la seguridad, la durabilidad y el rendimiento del tanque.

La preparación depende al tipo de tanque, si es elevado se deberá realizar una losa en la azotea que sea capaz de aguantar la estructura y con la pendiente necesaria, en caso de tanques enterrados se deberá compactar bien el terreno donde se emplazara.

En tanques enterrados puede existir problemas por la tapa, no la realizan hermética e ingresan agentes que deterioran las paredes del tanque.

2.4.1.3. MATERIALES

El primer componente para los tanques es el hormigón simple con una resistencia característica de 210 kg/cm², este material este compuesto por cemento mezclado con agregados, su cantidad se calcula de acuerdo a una dosificación y además se le adhiere agua. En ciertas condiciones se colocan aditivos para modificar propiedades del hormigón.

Para refuerzo del hormigón se usa acero de acuerdo a los planos de obra proporcionados, el cual es un elemento que ayuda a que la estructura no sufra de fisuras por esfuerzos a tracción.

Para realizar la impermeabilización del mortero para el enlucido se coloca el aditivo en Bolivia convencionalmente se usa el SIKA 1, este aditivo es un impermeabilizante líquido que se agrega a la mezcla de mortero, el cual brinda propiedades impermeabilizantes al mortero.

Figura 10.

Aditivo impermeabilizante de morteros SIKa 1



Fuente: <https://sodimac.falabella.com>

Su relación con el deterioro interior es el desgaste de los materiales por la vida útil, muchos cumplen su vida útil y empiezan a descascararse como la pintura o en el caso del impermeabilizante pierde sus propiedades generando infiltraciones y corrosión de las paredes del tanque.

2.4.1.4. MÉTODO CONSTRUCTIVO

El método constructivo para la ejecución del tanque se realiza en función a las normas y especificaciones técnicas del constructor, una vez vaciado el tanque de almacenamiento con los refuerzos especificados en planos.

Como cualquier material, el hormigón es permeable, es decir, que el agua filtra por sus paredes, por lo tanto, es importante realizar un ítem adicional a estas estructuras que en la mayoría de los proyectos se denomina: REVOQUE ENLUCIDO DE CEMENTO CON IMPERMEABILIZANTE.

Para ello se coloca una capa de mortero y el aditivo muy conocido en el medio denominado SIKa 1, se inicia con una primera capa de revoque con cemento y aditivo SIKa 1, posterior a ellos se deberá colocar una capa de 2 a 3 mm de pasta de cemento puro e impermeabilizante SIKa 1, posterior al trabajo.

Este último paso es muy importante para evitar fisuras y posteriores filtraciones, una vez realizado estas actividades el revoque impermeabilizante debería evitar cualquier tipo de

filtración, pero por más seguridad algunas personas pintan con pintura super látex con el fin de asegurar su total impermeabilización y cuidado de la capa impermeabilizante.

Estas actividades por su importancia deberían ser supervisadas por un ingeniero con experiencia y realizado con mano de obra calificada, la gente por economizar suele prescindir del ingeniero y contratar a un maestro albañil que no tiene la experiencia necesaria para realizar estos trabajos.

A fin de proteger la capar impermeabilizante algunos optan por pintar la pared interior, de esa manera crear una capa de protección al enlucido aumentando la durabilidad del revestimiento interior.

Figura 11.

Impermeabilización interior de tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

Lo mencionado anteriormente corresponde al proceso constructivo estructural, como es un elemento que será utilizado para la dotación de agua, existen elementos de instalación sanitaria, en los cuales constructivamente se deberán colocar tuberías para formar el espacio de la tubería en el vaciado.

Figura 12.

Tubería metálica para crear el pase para las tuberías al tanque



Fuente: Alvizuri, F. (2022). Apuntes de curso patología en instalaciones sanitarias y aspectos constructivos. La Paz.

Los tanques de almacenamiento tienen que contar con tuberías de ingreso, el cual debe contar con una válvula de control de flujo tipo flotador, la tubería de ingreso debe estar situada a una distancia mayor o igual a 25 mm, medida entre la distancia inferior de la tubería de ingreso y la parte superior de la tubería de rebose. Otro elemento es la tubería de rebose, el cual debe ser capaz de evacuar el máximo caudal de ingreso, su diámetro no debe ser inferior a los 40 mm, y deberá ser conectada al sistema de drenaje pluvial o de rehúso del inmueble.

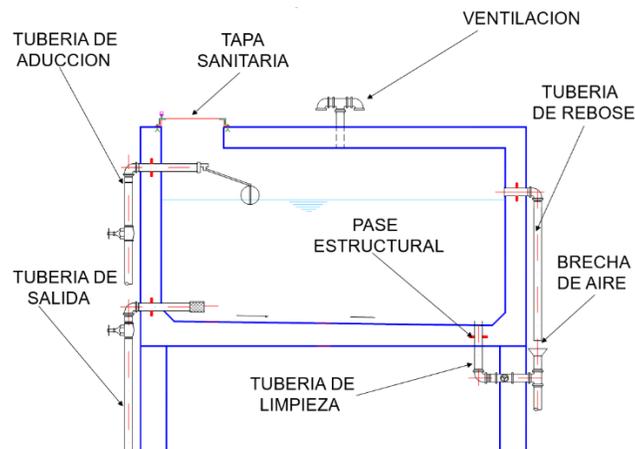
La tubería de limpieza o desagüe, que debe contar con una válvula de control, su ubicación es muy importante porque deberá permitir el vaciado del tanque en un tiempo no mayor a dos horas, la base del tanque tiene que tener una pendiente mayor a 1 % en dirección a la tubería de limpieza, debe contener rejilla de piso como protección y deberá evacuar al sistema pluvial o de rehúso de la edificación.

Otro componente es la instalación de la tubería de distribución, que debe ser instalada con una distancia mínima de 100 mm medida desde la parte inferior de la tubería y el fondo de la losa, debe contar con un colador para evitar el ingreso de objetos extraños a la distribución, en el caso de edificaciones residenciales deben tener una válvula de control para el mantenimiento.

El último componente es la colocación de una tubería de ventilación, ubicada en la parte superior o en la cubierta de la misma, con un diámetro no menor a 50 mm y protegida con malla milimétrica para evitar el ingreso de vectores (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2011).

Figura 13.

Esquema de tanque de almacenamiento



Fuente: Alvizuri, F. (2022). Apuntes de curso patología en instalaciones sanitarias y aspectos constructivos. La Paz.

Otras recomendaciones constructivas a tomar en cuenta sobre la altura mínima del tanque se recomienda que permita el ingreso de un hombre para hacer limpieza, una altura de 1.80 metros, si por razones arquitectónicas no se pudiera se pueden diseñar tapas removibles siempre y cuando sean herméticas para impedir el paso de agua pluvial o de dudosa calidad, se debe considerar una escalera para permitir el acceso a la tapa sanitaria con sistema de protección, en el interior las escaleras deben ser de aluminio o de acero pintado con pintura anticorrosiva, no deben pasar dentro del tanque de tuberías de alcantarillado sanitario o pluvial (Alvizuri, 2022).

Los métodos constructivos pueden afectar a la corrosión de las paredes interiores, la fisuración del tanque, o el cuarteo de la capa impermeabilizante pueden llegar a ocasionar infiltración en las paredes interiores que a la larga corroen el acero y se ve reflejado tanto en las paredes del tanque como en la calidad de agua.

2.4.2. MANTENIMIENTO DE TANQUES DE H°A°.

El mantenimiento de los tanques de H°A° es una tarea muy importante a fin de garantizar el buen funcionamiento y la calidad de agua, los tanques deberán contar con un acceso en la parte

superior con dimensiones mínimas de 0.60 m x 0.60 m. El Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. (2011), menciona en el artículo 1.18.1.

Los Reservorios o tanques de almacenamiento de agua potable deberán ser regularmente limpiados y desinfectados a objeto de asegurar y preservar la calidad del agua almacenada. Los periodos de limpieza y desinfección no deberán exceder de un año. Para la desinfección de tanques se deberá lavar las paredes con un cepillo aplicando una solución de hipoclorito con una concentración mínima de 150 mg/L, se debe llenar el tanque con una solución de hipoclorito por un tiempo de 12 horas y se deberá accionar las válvulas y accesorios a fin de que igual estén en contacto con desinfectante.

Los Reservorios o tanques de almacenamiento deben ser sujetos a inspecciones sanitarias, verificando entre otros aspectos su impermeabilidad y correcta operación. Los periodos de inspección sanitaria no deberán exceder a un año, cada edificio multifamiliar deberá llevar un registro de las tareas de mantenimiento y de las inspecciones sanitarias realizadas de acuerdo a un formato específico establecido por la Entidad Competente. Estos registros deberán ser archivados por el propietario o copropietarios del inmueble en forma permanente (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2011).

En el primer punto menciona acerca de la desinfección del mismo en los cuales se utilizan cepillos, desinfectantes (hipoclorito) o hipo cloradores, estos elementos pueden deteriorar el interior de las paredes revestidas.

Usualmente los usuarios no hacen caso a las instrucciones mencionadas por el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, como el interior del tanque no es visible, entonces no se dan cuenta de que es lo que pueda estar sucediendo ni deteriorándose, es por ello que es muy importante determinar los aspectos que causan el deterioro de los mismos para de esa manera prevenir los mismos.

Los mantenimientos y desinfección se deben realizar de manera periódica a fin de conservar la calidad de agua para el consumo humano.

La primera actividad para el mantenimiento del tanque es realizar una inspección regular del tanque para verificar posibles grietas, daños en la superficie del hormigón y verificar que este correctamente tapado para evitar que ingresen agentes que puedan corroer el mismo.

Se debe desinfectar las paredes lavando con cepillo y desinfectante, el hormigón es una superficie rugosa que de por si dificulta su correcta limpieza es por ello que se debe tener mucho cuidado en esta actividad además de realizar la limpieza de sedimentos o material que se pueda acumular al fondo del tanque.

En caso de observar algún signo de filtración se debe realizar la impermeabilización de manera inmediata a fin de evitar que las filtraciones corroan el acero que lo compone y se ponga en riesgo la calidad de agua y la estabilidad de la estructura.

Todos los artefactos de igual manera deben ser desinfectados ya sea llaves de paso, tuberías, tapas, etc.

Figura 14.

Limpeza de tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

2.5 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS TEÓRICAS DEL DETRIORO DE TANQUES DE H°A°

2.5.1. DETERIORO DE LOS MATERIALES QUE COMPONEN

El revestimiento de mortero en esas condiciones puede durar unos 20 años máximo, si se utilizaron los materiales y proceso constructivo adecuado, básicamente la mitad de la vida útil de una edificación a la cual abastece agua.

Su contacto prolongado con el agua hace que este periodo pueda verse reducido en mayor cantidad, en cuanto a la pintura que utilizan algunos para proteger es mucho menor se puede hablar de unos tres años de vida útil, lo cual es muy bajo respecto al demás componente, es por

ello que muchos optan por no pintar y dejar con mortero impermeabilizado enlucido, a fin de minimizar los costos de construcción.

Es importante mencionar que todo material producto del uso del tanque sufren deterioros, pero un correcto mantenimiento o control del tanque puede ocasionar que estos deterioros se presenten más rápido, en ese sentido las inspecciones y mantenimiento es muy importante a fin de aminorar el deterioro de los materiales.

2.5.2. PROBLEMAS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Se define como malas prácticas constructivas a las acciones o decisiones erradas que se toman durante el proceso de construcción, lo que puede resultar en problemas estructurales o de durabilidad en el tanque.

Usualmente se debe a la falta de planificación, uso de materiales inadecuados en cuanto a tipo de agregado, dosificación errónea o mala dosificación de aditivo impermeabilizante.

Otro factor muy importante es la falta de supervisión o control de calidad, porque se pueden generar los llamados vicios ocultos en la infraestructura por desconocimiento o mala fe de quien lo esté realizando, que a la larga ocasiona problemas al usuario.

El mal empleo de los materiales e inexperiencia de quien ejecuta puede ocasionar problemas de filtraciones y deterioro de las paredes, cualquier filtración hace que el acero se corroa por el contacto con el agua, y puede ocasionar fisuración de hormigón por la expansión del óxido que se genera por la corrosión, afectando la durabilidad de la estructura.

En lo que respecta a los accesorios del tanque una falta de criterio en la posición de los mismos (pendiente de la base, posición de tubería de limpieza, etc.) u omisión de alguno puede generar problemas a los usuarios en el mantenimiento y de esa manera un deterioro.

2.5.3. CALIDAD DE MATERIAL UTILIZADO

Para realizar la ejecución de los trabajos es necesario contar con los materiales adecuados para la ejecución, de esa manera se deberá cumplir con las especificaciones de los mismos, es muy importante tomar en cuenta la dosificación del hormigón, utilizar agua limpia para la mezcla,

agregados limpios en el caso del impermeabilizante y pintura no deben ser caducados y deben ser bien almacenados de acuerdo a la ficha técnica del producto.

En caso de usar productos caducados o mal almacenados en caso de hormigón armado puede llegar a contener fisuras en el mismo y en el caso del aditivo y la pintura sus propiedades pueden desaparecer, de esa manera genera un deterioro más acelerado del acabado.

Figura 15.

Recomendaciones de impermeabilizante SIKA 1

Recomendaciones.

- Se debe evitar pintar a una temperatura del ambiente o de la superficie inferior a 10 °C y/o una humedad relativa mayor a 85 %.
- No pintar sobre materiales bituminosos (asfálticos) pues puede haber sangrado.
- No guardar la pintura diluida.
- Colores intensos tienen tendencia a mancharse con el roce. Evitar pintar con estos colores superficies donde existe alto tráfico de personas. Si fuera el caso, estas superficies pueden barnizarse con Barniz Acrílico Filtro Solar (A-45), (el tono del color original puede cambiar).

Fuente: https://ecu.sika.com/content/dam/dms/ec01/t/sika_-1.pdf

2.5.4. FALTA DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un factor importante para los tanques de H²A°, su falta de mantenimiento puede llevar a grandes consecuencias en su deterioro, las paredes se ensucian y se oxidan lo que causa mal aspecto al tanque, de igual manera el ingreso de objetos extraños puede causar que el tanque por su interior se deteriore más rápido.

El no inspeccionar el tanque de almacenamiento de manera periódica en el caso de que tu revestimiento sea de pintura, esta se desgasta y se descascara, es por ello que es importante realizar inspecciones para repintar de manera de proteger de mejor manera el revestimiento interior.

CAPITULO III: MARCO PRACTICO

3.1 INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene una metodología cualitativa, se sumerge en la interpretación subjetiva y significados atribuidos por los participantes. Se utiliza como herramientas las entrevistas y análisis de contenido para explorar las experiencias individuales. Este enfoque cualitativo no solo se centra en recopilar datos, sino también en comprender el contexto, permitiendo una comprensión más completa sobre las causas que ocasionan los deterioros al interior de los tanques de hormigón armado.

Para la elaboración del marco práctico se realizará entrevistas a profesionales con experiencia sobre el tema, se abordará la problemática con preguntas abiertas para que los entrevistados puedan dar su opinión de manera amplia y poder sacar información.

En el proceso del marco práctico se realizará las siguientes actividades para cumplir con el objetivo de estudio.

- Entrevista a profesionales con experiencia en tanques de hormigón armado.
- Verificación en campo de tanques de hormigón armado para verificar las causas que presentan deterioro.
- Contrarrestar ambas fuentes de información para determinar las causas más probables.
- Emitir un criterio de porque son las causas más probables para el deterioro de los tanques de hormigón armado.
- Presentar una propuesta de recubrimiento interno a fin de aminorar los deterioros.

3.2 TÉCNICA DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN

La técnica escogida es la elaboración de entrevistas a expertos en el tema, a fin de recolectar su experiencia sobre los tanques de hormigón armado, toda esta información será comparada con bibliografía acerca del tema, para llegar a una triangulación de la información y poder concluir.

3.2.1. CRITERIOS DE INFORMACIÓN

A fin de obtener la información requerida para la identificación de las causas por las cuales se deteriora los tanques de almacenamiento, se definirá los siguientes criterios de información.

En el ámbito nacional como se construyen los tanques de almacenamiento de agua de hormigón armado y los mantenimientos que se hace.

Los constructores cumplen el ámbito normativo en cuanto a la ejecución de la estructura y la parte de accesorios sanitarios del tanque.

Que factores afectan al interior de los tanques y que consecuencias pueden llevar a la gente que consume el agua.

Si existiese deficiencias en los acabados interiores de los tanques, la propuesta de revestimiento con cerámica como puede ayudar y que problemas trae.

Para aplicar los criterios la planificación previa consta de la formulación del problema de la investigación y preparar el instrumento para recolectar la respuesta, en este caso una grabadora, a fin de transcribir posteriormente la entrevista.

Tabla 2.

Indicadores de observación

Ámbito de situación actual	
1	Acabados interiores de tanques de almacenamiento
2	Causas por las cuales se deteriora el interior de los tanques
3	Procesos constructivos empleados
4	Mantenimiento del tanque
Ámbito normativo	
1	Cumplen con las especificaciones del Reglamento
2	Las tareas de mantenimiento se hacen según la normativa
3	La calidad de agua en tanques deteriorados cumple con la normativa
Ámbito deterioro interior	
1	Los procesos constructivos causan deterioro
2	La falta de mantenimiento que deterioros ocasiona
3	Consecuencias de un tanque deteriorado
Ámbito propositivo	
1	Deficiencia de los acabados vistos
2	Que le parece revestimiento de cerámica blanca al interior

Fuente: Elaboración propia

3.3 PREGUNTAS GUÍAS

A modo de realizar una conversación donde el entrevistado se sienta cómodo, se escogió preguntas sobre la problemática de los procesos constructivos y mantenimiento de los tanques de hormigón armado, enfocándonos en el interior del mismo, a continuación, se muestra las preguntas guía que se realizó para las entrevistas.

Tabla 3.

Preguntas guía de encuesta

N.º	PREGUNTA
1	Qué tipo de acabado interior tenían los tanques de hormigón armado
2	Cuáles son las principales causas que deterioran el interior de los tanques de hormigón armado
3	Sobre los procesos constructivos de los tanques que inspeccionaste, cumplían con la normativa boliviana
4	Los usuarios de los tanques hacen su mantenimiento. Y si lo hacen que actividades realizan
5	La falta de mantenimiento que deterioros causan en su interior
6	Cuáles son las consecuencias de tener un tanque deteriorado en su interior
7	Que tan conscientes son las personas a la hora de realizar buenas prácticas constructivas y realizar mantenimiento.
8	Principales deficiencias de acabado de tanques de hormigón armado con revoque interior de cemento enlucido o pintado.
9	Que te parece la propuesta de realizar un revestimiento de cerámica al interior de los tanques

Fuente: Elaboración propia

3.4 ENTREVISTA A EXPERTOS DEL TEMA

Las entrevistas completas se encuentran en el Anexo A, a continuación, se muestra un resumen de las mismas y las conclusiones a las que se puede llegar de ambas.

3.4.1. PRIMERA ENTREVISTA

En fecha 01 de marzo de 2024 se procedió a realizar una entrevista al Ing. Arturo Sardan Señoranis, el cual realizó los siguientes proyectos que tienen que ver con el tema:

- Supervisión al componente DESCOM/FI Lote 4 MIAGUA V Departamento de Potosí.
- Consultoría individual por producto especialista técnico paquete 22 MIAGUA V Departamento de Santa Cruz.

- Consultoría Individual Por Producto Especialista Técnico Paquete 9 MIAGUA V Departamento De Chuquisaca.

En esos proyectos fue encargado de inspeccionar y capacitar a los beneficiarios acerca del funcionamiento de la distribución de agua potable.

En la entrevista se trató de ser muy claro y conciso a la hora de realizar las preguntas a fin de no extender la pregunta y poder sacar lo máximo en cuanto a la experiencia y conocimiento del ingeniero.

El experto mencionó que vio dos tipos de recubrimiento internos, enlucido de cemento y pintados con pintura látex, mencionó que una de las causas más probables para el deterioro interior es el mantenimiento, la falta de mantenimiento ocasiona que las paredes se ensucien en caso de cemento enlucido y en los acabados con pintura, esta se descascara con el tiempo, otro factor a tomar en cuenta es que a la hora de realizar el mantenimiento, una de las actividades que se realiza es el cepillado de la paredes, en ese proceso se puede lastimar el enlucido de cemento ocasionando que la capa impermeabilizante se pierda, es por eso que muchos sugieren el pintado del tanque a fin de resguardar la capa impermeabilizante.

Menciona que los procesos constructivos si bien cumplen con cada componente existen accesorios que son colocados sin criterio y sin respetar la normativa, se encontró con tanques en los cuales no se respetaba la pendiente del tanque con la pendiente del tanque, lo cual dificulta la limpieza, no colocan rejillas en los rebases, dando lugar al ingreso de vectores al tanque contaminando el mismo.

Los usuarios no suelen hacer mantenimiento a los tanques lo que ocasiona un deterioro acelerado, la mala práctica constructiva dificulta la limpieza de los tanques, y al cepillar las paredes estas se desgastan, la gente no presta atención a las practicas constructivas, mas se centran en la operación y mantenimiento.

La principal deficiencia del deterioro interior es la calidad de agua que se consume, menciona que el agua que se contamina en realidad no es potable por no cumplir los parámetros de la normativa NB512, esto atenta a la salud de los consumidores.

Las deficiencias de los acabados de enlucido de cemento o de pintado es la corta vida útil del pintado que puede durar 3 o 4 años, en cambio el enlucido al cepillar la pared para la limpieza se va a desgastando pudiendo acabar con la capa impermeabilizante del tanque lo que puede llevar a fugas del tanque.

La propuesta de revestir interiormente con cerámica al interior es interesante, facilita la limpieza y su durabilidad es mayor que la pintura y el enlucido de cemento, el factor económico es la contra, es una solución que se podría proponer cooperativas o comités de agua ya consolidados que tengan ingresos fuertes para realizar el revestimiento con cerámica.

3.4.2. SEGUNDA ENTREVISTA

En fecha 02 de marzo de 2024 se procedió a realizar una entrevista a la Ing. Alison Melissa Vega Aguirre, el cual tiene experiencia participando en los siguientes proyectos:

- Elaboración de estudio de diseño técnico de pre inversión “Const. Instituto Tecnológico Larecaja El Mallku” como especialista sanitario.
- Construcción de Mercado Central Bolívar, en el cargo de especialista sanitario.
- Construcción Unidad Educativa Ichoca I y II, especialista sanitario.
- Elaboración de estudio de diseño técnico de pre inversión “Const. Bloque de aulas y laboratorios Escuela Industrial Superior Pedro Domingo Murillo”, especialista hidrosanitario.

En la entrevista se realizó en marco de las preguntas guía fin de no extender la entrevista y poder sacar lo máximo en cuanto a la experiencia y conocimiento del ingeniero.

La entrevistada mencionó que en su experiencia solo pudo apreciar tanques con revoque enlucido, menciona que la causa más probable es la falta de mantenimiento que corroe las paredes del interior.

El mal diseño de los tanques de almacenamiento provoca que el mantenimiento del tanque sea una tarea complicada, hay algunos tanques que se encuentran en zonas inaccesibles, lo cual provoca un deterioro en su interior.

Las personas que consumen del agua que está en los tanques no hacen inspecciones ni mantenimiento, solo les interesa que el agua llegue a sus artefactos sanitarios no se percatan de la contaminación que pueda tener.

Es importante colocar los accesorios con criterio y siguiendo la normativa, si no se realiza así ocasionará deficiencias a la hora de la operación del tanque.

Las consecuencias de tener un tanque contaminado es la calidad de agua que consumen los beneficiarios, si bien en la ciudad se suele tomar agua hervida o de botellón, el agua almacenada en el tanque se utiliza para el aseo personal, si el tanque está contaminado y con bacterias pueden ser un foco de infección.

Sobre la propuesta de realizar un recubrimiento interior con cerámica blanca, puede ser una solución interesante por la vida útil, por ser un material impermeable y facilitar la limpieza, el problema es el presupuesto que se necesita para realiza el acabado con cerámica, incrementa en el valor del proyecto y en muchos casos el tema económico es un factor muy importante y es por ello que muchos optarían por no hacerlo.

3.4.3. CONCLUSIONES DE LAS ENTREVISTAS

De las entrevistas podemos sacar varias conclusiones acerca del deterioro de los tanques, sus consecuencias y sobre la propuesta de revestir el interior del tanque.

En Bolivia se utiliza un método de proteger el revestimiento interior y esto se hace a través del pintado de la pared interior, esto tiene problemas respecto a que su vida útil es corta, entonces la pintura se empieza a descascarar y puede contaminar el agua, de igual manera como parte del mantenimiento es realizar el cepillado del tanque esto hace que se deteriore más rápido, generando costos de mantenimiento más elevados.

La causa principal del deterioro es la falta de mantenimiento, si bien los procesos constructivos también pueden afectar estos son una causa indirecta, como mencionaba en la primera entrevista si los accesorios están mal colocados, por ejemplo el rebalse que en muchos casos se encuentra a contra pendiente del tanque, dificultando el mantenimiento y desaniman a la gente a realizarlo lo que esto si ocasiona un deterioro interior, en la segunda entrevista menciona igual que hay

veces que los tanques se hacen en zonas inaccesibles para su limpieza y esto igual sería una causa indirecta para que la falta de mantenimiento deteriore el interior del tanque.

Los tanques no suelen cumplir al cien por ciento con la normativa existen detalles que no se cumplen, y el mantenimiento no es completo solo se suele realizar limpieza en algunos casos y desinfección casi nunca lo hacen.

La falta de mantenimiento ensucia las paredes interiores y cuando limpias ya no recuperan su color natural quedando manchados de suciedad, la consecuencia de mantener deteriorado es la calidad de agua ya no cumple con la normativa NB540 y básicamente ya no se podría considerar agua potable.

La gente no presta mucha atención al proceso constructivo ni al mantenimiento, el desconocimiento a ello genera que no se realice, por tanto, el deterioro del tanque se hace más evidente.

La propuesta de revestir de cerámica blanca suena interesante, pero el factor económico sería el problema.

3.5 VISITA DE CAMPO A TANQUES DE H°A°

Con la ayuda del Ing. Arturo Sardan Señoranis se realizó la visita a campo de los tanques de almacenamiento de agua del municipio de Portachuelo, Santa Cruz, en la comunidad de San Ignacio, se hizo visita de dos tanques de almacenamiento de H°A°.

En la visita a campo se inspeccionó todos los detalles que fueron contados en la entrevista y los que también fueron identificados teóricamente a fin corroborar la información y tener información contrastada.

Se tomo detalles de ubicación, tipo de revestimiento interior, frecuencia de limpieza, antigüedad de sistema, tipo de tanque y la frecuencia de desinfección, acompañado del diagnóstico de la infraestructura con sus respectivas observaciones.

Las planillas de visita a campo se encuentran en el Anexo B, a continuación, se muestra un resumen:

3.5.1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO N°1

Es evidente que el tanque no tuvo el mantenimiento adecuado desde el inicio, se puede apreciar que las paredes se encuentran sucias y que la pintura se fue desmoronando y es necesario otra mano de pintura a fin de proteger el interior, no hay agrietamiento en el interior por lo tanto la estructura no presenta problemas de agrietamiento por un mal proceso constructivo, no tiene rejilla para la tubería de rebalse por lo tanto es muy probable que ingresen animales al tanque, como los sapos, el rebalse está a lado opuesto de la pendiente, lo que genera que no funciones bien el relvase, el riesgo más grande de contaminación es la ausencia de rejilla en el tanque.

La causa más predominante de su deterioro del interior es la ausencia de mantenimiento durante sus primeros años de funcionamiento, las paredes ya están corroídas por la suciedad y la pintura se nota que al cepillar se cayó, se recomienda pintar de nuevo e inspeccionar cada tres meses a fin de que la pintura no altere las propiedades del agua.

Figura 16.

Tanque de almacenamiento N°1



Fuente: Elaboración propia

3.5.2. TANQUE DE ALMACENAMIENTO N°2

Este tanque al parecer tuvo un mantenimiento anterior las paredes no se ven tan sucias, es de acabado con pintura blanca, para proteger la impermeabilización del tanque, las paredes no presentan signos de agrietamiento, por lo tanto no hay fallas estructurales que puedan ocasionar el deterioro, las paredes muestran pequeñas manchas de suciedad, esto puede ser debido a que inicialmente no se realizó mantenimiento al mismo, el pintado no se ve muy deteriorado como

el anterior tanque donde ya se apreciaba la capa de cemento impermeabilizado, no tiene proceso constructivo adecuado, sus rebalse se encuentra mal ubicado.

Existe un riesgo de contaminación alto porque no tiene rejilla que proteja del ingreso de animales y la tapa no es hermética. Se deberá realizar la desinfección para evitar eliminar bacterias que pudieran vivir en las manchas que se formó en la pared.

Figura 17.

Tanque de almacenamiento N°2



Fuente: Elaboración propia

3.6 CORRELACIÓN DE CAUSAS TEÓRICAS CON CAUSAS DE TANQUES DE H°A° VISITADOS

Para la correlación de las causas mencionadas se realizará a través de una tabla, donde se identificará causa teórica detectada en el marco teórico y se contrastará con la causa verificada en campo.

Tabla 4.

Tabla de correlación de causas teóricas y causas encontradas en campo

TEORICAS \ CAMPO	Deterioro de los materiales que lo componen	Problemas en procesos constructivos	Calidad de material utilizado	Falta de mantenimiento
Deterioro de los materiales que lo componen	X			
Problemas en procesos constructivos		X		
Calidad de material utilizado			-	
Falta de mantenimiento				X

Fuente: Elaboración propia

3.6.1. DETERIORO DE LOS MATERIALES QUE LO COMPONENTEN

Según lo verificado en campo esta causa se correlaciona, se pudo apreciar que la pintura sufre un deterioro natural, a lo largo del tiempo esta se empieza a descascarar, es algo que sucederá dentro de tres o cuatro años inevitablemente, se debe tomar atención a esta causa para evitar que restos de pintura ingresen y contaminen el agua.

De igual manera producto del mantenimiento por el cepillado que se realiza se observa que la pintura y el acabado de cemento tiende a debilitarse.

3.6.2. PROBLEMAS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Se pudo evidenciar que si bien son un problema real que pasa en los tanques, ya que muchos de sus accesorios son colocados sin ningún tipo de criterio técnico, no son una causa principal del deterioro, si no una causa secundaria, los problemas en los procesos constructivos conlleva en dificultades en el mantenimiento de los tanques, de esa manera induce a que los beneficiarios no realicen dichas actividades, por ello es que si bien llega a ser una causa del deterioro, lo hace de manera indirecta afectando al mantenimiento del tanque.

3.6.3. CALIDAD DE MATERIAL UTILIZADO

Esta causa se descarta con lo observado en campo, si bien es importante siempre realizarlo con material de primera y bien almacenado, los ingenieros experimentados y la posterior visita de tanques, demuestra que este factor no es muy incidente en el deterioro de los tanques.

3.6.4. FALTA DE MANTENIMIENTO

Esta es la causa más importante, los expertos en el tema y por lo presenciado en la visita se demuestra que la falta de mantenimiento es el factor más importante para el deterioro y además la causa que más problemas causa en cuanto a la calidad de agua, se pudo evidencia que a causa de ello las paredes se ensucian y los accesorio se oxidan, lo que ocasiona mayores problemas al interior del tanque, es por ellos que es importante siempre realizar una limpieza del tanque y su posterior desinfección, de esa manera aminorar los deterioros del tanque.

3.7 DEFICIENCIAS Y CONSECUENCIAS DE DETERIORO DE TANQUES DE H°A°.

Existen tres deficiencias detectadas que se producen con en el deterioro interior de tanques de hormigón armado:

La primera es en cuanto a la calidad de agua, básicamente estaríamos dotando de agua que no es potable a la población beneficiaria, estos deterioros pueden contener microorganismos que afecten a la calidad de agua, sacando de los parámetros mínimos establecidos por la normativa NB512, por la presencia de bacterias.

La segunda deficiencia son las filtraciones, al realizar el cepillado de las paredes en un tanque para su mantenimiento poco a poco se va debilitando la pared esto a la larga puede eliminar la capa impermeabilizante del tanque, ocasionando problemas de fuga y posterior corrosión, afectando a la integridad estructural del tanque.

La tercera deficiencia es la limpieza, con las paredes corroídas ya no hay esa certeza de que las paredes estén limpias, quedan manchas de suciedad que crean susceptibilidades en los que consumen el agua y pueden contener bacterias.

3.8 PROPUESTA DE REVESTIMIENTO INTERIOR

3.8.1. REVESTIMIENTO DE CERÁMICA BLANCA

Como una propuesta a fin de aminorar los deterioros de tanques de almacenamiento de H^oA^o, es revestir con cerámica, una vez realizado el proceso de impermeabilización del mortero, revestir al interior con cerámica.

La cerámica en sí misma es un material impermeable, comúnmente utilizado en lugares que estará en contacto continuo con el agua.

Su superficie lisa hace que la limpieza sea más fácil y eficaz a diferencia del mortero, esto genera un grado de confianza mayor en cuanto a la calidad de agua. Usualmente no se considera esta opción por el presupuesto que demandaría realizar dicha actividad, pero se debe poner en la balanza los beneficios en cuanto a la salud de los usuarios del tanque y por la experiencia propia las instalaciones sanitarias no inciden más del 5% del costo total del proyecto.

Figura 18.

Revestimiento de tanque con cerámica blanca realizado en Perú



Fuente: Alvizuri, F. (2022). Apuntes de curso patología en instalaciones sanitarias y aspectos constructivos. La Paz.

Como se puede apreciar en la imagen un tanque revestido con cerámica da un aspecto de mayor limpieza y además que uno tiene un mejor control del mismo, por ello es más recomendable realizarla con cerámica blanca a fin de poder apreciar la suciedad dentro del tanque.

Figura 19.

Tanque de hormigón armado con acabado interior pintado



Fuente: Elaboración propia

Si se ve en la foto de un tanque de almacenamiento con acabado de mortero impermeabilizado con una capa de pintura, no da una sensación de limpieza además que por la porosidad y rugosidad del acabado es más complicado realizar la limpieza.

La propuesta de revestir el interior con cerámica nace con el fin de aumentar la vida útil del tanque, de esa manera si bien en cuanto al inicio puede ser más costoso, se podría economizar en lo que es el mantenimiento, de esa manera igualar la vida útil a los demás componentes de la estructura (vigas, columnas, losas, etc).

Otro aspecto a tomar en cuenta es el tema de la salud, como bien menciona su propio nombre son instalaciones sanitarias, es decir, que el principal objetivo es velar por la salud de los usuarios, entonces es cuando el proteger el interior de los tanques cobra más fuerza y sentido a fin de hacer prevalecer la calidad de agua que se distribuye.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

En el desarrollo del trabajo se ha podido obtener la siguiente conclusión principal del trabajo.

- Las causas más comunes para el deterioro del interior de los tanques de hormigón armado son la falta de mantenimiento, deficiencia en los procesos constructivos y el deterioro de los materiales que lo componen. Siendo la principal la falta de mantenimiento, las deficiencias en los procesos constructivos pueden llegar a ser una causa secundaria, porque su mala práctica genera que el mantenimiento sea más dificultoso y los usuarios por la dificultad no realizan el mantenimiento ocasionando deterioros en el interior. En cuanto al deterioro de los materiales que lo componen los que tienen revestimientos de cemento enlucido con impermeabilizante, al realizar la limpieza con cepillo poco a poco se empieza a dañar la capa desgastando el material impermeabilizante pudiendo ocasionar posibles fugas, al igual que la pintura que la descascara y puede llegar a dejar partículas de pintura en el agua que a posterior pasa a la distribución.

En el desarrollo del trabajo se ha podido obtener las siguientes conclusiones secundarias del trabajo.

- En Bolivia hay dos tipos de acabados interiores en tanques de Hormigón Armado, una de cemento enlucido y de pintado de la pared, este último se realiza con el fin de proteger la capa impermeabilizante, los tanques no cumplen con todas las especificaciones de la normativa en cuanto a sus accesorios (tubería de ingreso, tubería de limpieza, pendiente de base) por falta de criterio de quienes los construyen.
- El principal riesgo del deterioro de tanques es la calidad de agua, con el deterioro del tanque se pueden generar bacterias en el interior, de esa manera el agua que almacena puede que ya no sea considerada como potable por no cumplir con los parámetros establecidos en el Reglamento nacional para el control de la calidad del agua.
- La propuesta de realizar un revestimiento interior con cerámica blanca es una solución interesante, facilitaría la limpieza del tanque por su superficie lisa y aumenta la durabilidad del interior del tanque en comparación a los acabados con pintura o cemento enlucido, lo negativo es en lo económico porque significaría un gasto adicional al proyecto.

4.2 RECOMENDACIONES

Bajo todas las consideraciones y conclusiones expuestas se puede realizar las siguientes recomendaciones.

En el trabajo se pudo determinar que realizar una inspección a los tanques de almacenamiento de hormigón armado en edificaciones de los centros poblados es una propuesta interesante, a fin de diagnosticar el estado en el cual se encuentran en el interior y la calidad de agua que consumen los usuarios

Se podría profundizar en la propuesta de realizar un revestimiento interior con cerámica blanca, donde se analicen las variables económicas en cuanto al incremento en precio del proyecto al implementarlo y comparar con los costos que se ahorran en mantenimiento, de igual manera se puede analizar el factor sanitario que existe entre los tres tipos de acabados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvizuri, F. (2022). *Apuntes de curso patologia en instalaciones sanitarias y aspectos constructivos*. La Paz.
- Asociación Mundial para el Agua . (2009). *Manual para la Gestión Integrada de Reursos Hídricos en Cuencas*. Londres: Empresa Grafica Mosca.
- Colegio federado de ingenieros y de arquitectos de Costa Rica. (2017). *Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones*. San José.
- Escobar, P. (2020). *Apuntes de hidrología e hidrogeología*. Caracas: Universidad Nacional Andrés Bello.
- Global Water Partnership. (2009). *Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas*. Londres.
- Gómez, R. (s.f.). Instalaciones hidraulicas. *Dibujo de instalaciones*.
- HELVETAS. (2014). *Guía para la gestión, protección y conservación de fuentes de agua y áreas de recarga hídrica*. La Paz: TELEIOO S.R.L.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2011). *Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias*. La Paz.
- Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Viviendas. (2015). *Guia Boliviana de Construcción de Edificaciones*. La Paz.
- Ministerio de servicios básicos y obras públicas. (2005). *Reglamento nacional para el control de la calidad del agua para consumo humano*. La Paz.
- Miranda, B. (13 de Diciembre de 2016). "Lo mas terrible es que nos estamos acostumbrando": cómo La Paz, en Bolivia, lleva más de un mes viviendo sin agua. *BBC NEWS mundo*.
- Neal. (28 de Septiembre de 2020). *Studio Apartment Hub*. Obtenido de <https://studioapartmenthub.com/cuales-son-los-elementos-de-una-instalacion-sanitaria/>
- ONG AWA. (2015). *Guía básica de control de calidad de agua*. Madrid.
- Rojas, G. V. (2019). *Evaluación sanitaria de tanques de almacenamiento de edificios de la ciudad de La Paz que son abastecidos por el sistema Achachical*. La Paz .
- Rojas, J. A. (1999). *Potabilización del agua*. México D.F.: Escuela Colombiana de Ingenieria.

ANEXOS

ANEXO A: ENTREVISTAS A EXPERTOS DEL TEMA

Entrevista 1: Al ingeniero Arturo Sardan Señoranis.

Entrevistador: Buenos días, bueno en primero lugar según tu experiencia en tanques de H^oA^o, qué tipo de acabado interior tenían los tanques de almacenamiento de hormigón armado en los cuales trabajaste eran pintados, cemento enlucido, etc.

Entrevistado: Buenos días, de todos los tanques que visite un cincuenta por ciento deben ser pintados y el otro cincuenta por ciento de cemento enlucido.

Entrevistador: Según tus conocimientos de tanques de almacenamiento de Hormigón armado, cuáles son las principales causas que deterioran el interior de los tanques proceso constructivo, falta de mantenimiento, etc.

Entrevistado: La falta de mantenimiento en el caso del pintado se despinta, se descascara y se cae, poco a poco se iba saliendo porque para hacer el mantenimiento de tanque, tienes que cepillarlo y con eso lo sacas, del cemento enlucido con el tiempo se iba deshaciendo desmoronando el cemento y había ese riesgo de que se quite la capa impermeabilizante y empiece a haber filtración de agua y una posterior corrosión.

Entrevistador: De los procesos constructivos que se utilizan en Bolivia los tanques que te toco inspeccionar cumplían con los requerimientos establecidos en la normativa.

Entrevistado: Todos los tanques tenían todas las tuberías que se necesitan la de aducción que llegaba con el agua del pozo, la de distribución, la de limpieza, la de rebalse y la de ventilación, todos tenía pero el problema era los niveles, no los ponían bien, por ejemplo para la tubería de limpieza no se respetaba la pendiente del tanque y limpiar era complicado igual he visto que la tubería de entrada de ingreso la que viene del pozo estaba más abajo de la tubería de rebalse, hay varias incoherencias no cumplen bien. Otra cosa que fallan en los procesos constructivos es no poner rejilla en las tuberías de rebalse y de limpieza eso he visto en todos los tanques de que visite solo uno tenía la rejilla las otras no tenían rejilla y eso daba lugar a que se pueda contaminar el agua porque subían ahí por ahí sobre todo las ranas y en la tubería de arriba en la de ventilación había arañas.

Entrevistador: Los usuarios del sistema hacen su mantenimiento al tanque y cuando lo hacen que actividades realizan.

Entrevistado: No hacen mantenimiento, no saben cómo hacer, mi función ahí era enseñarles a limpiar el tanque, a operar las válvulas porque no las operan estaban duras cuando entre llenas de incrustaciones muy duras sus llaves de paso yo les he enseñado a usar, les dejo guías aunque el DESCOM les deja cuando construyen, pero esas guías no las usan mucho o como cambian de directorio los que se van no les enseñan a los nuevos y ya no saben. No tienen esa comunicación entre nuevos directorios, nosotros les sugerimos que ellos capaciten al nuevo directorio para que así ellos sigan haciendo lo que les enseñamos, no sabemos si harán eso o no porque cuando se construye el proyecto el DESCOM les enseña eso también se les deja manuales y guías para operación y mantenimiento del tanque pero no lo hacen, yo cuando entré ya en la post inversión que ya es dos, tres años después, los manuales los tienen, no los leen, los tienen ahí nomás cuando les pido los manuales me lo muestran y les pregunto lo han leído todos me dicen no y bueno yo les doy otros manuales más prácticos y hacemos práctica conmigo también limpiamos sus tanques, ellos no lo limpiaron desde que se ha construido no hacen mantenimiento de todos lo que he inspeccionado unos dos sí hacían, en total eran quince o dieciséis proyectos, no recuerdo bien, pero dos si limpiaban los demás no lo hacen. Y cuando hacen la limpieza, entran con su cepillo y hacen el todo el procedimiento, pero no lo desinfectan porque el procedimiento correcto es limpieza y desinfección que consiste en primero limpiar el tanque y cepillarlo con un cepillo de cerdas duras y después de enjuagarlo se echa una solución de cloro bien concentrado para desinfectar y se impregna todas las paredes y piso de tanque se deja eso actuar por un cierto tiempo para que mate las bacterias eso no hacen, ellos solo limpian el tanque pero no desinfectan sigue con bacterias.

Entrevistador: La falta de mantenimiento al tanque que deterioros ocasiona en su interior.

Entrevistado: Los deterioros que ocasiona, es que la pintura se empieza a salir y sobre todo la suciedad se quedan en sus paredes cuando lo limpiamos ya no se puede sacar totalmente queda sucio y oxidado, las tuberías son de fierro galvanizado están oxidadas y también el tema de que hay tierra y arena ahí adentro y eso consume la gente incluso hay sapos ahí hemos encontrado varios sapos que tienen y así consumen en la comunidad más que todo afecta a la salubridad del tanque.

Entrevistador: Cuáles son las principales consecuencias de tener un tanque deteriorado al interior y como afecta a los usuarios.

Entrevistado: La principal consecuencia de tener un tanque así es que afecta a la población que ya que esa agua les están dotando y es más que todo por falta de conocimiento, no es porque no quieren yo eso notaba, ellos tienen ganas de hacer pero no saben cómo hacer y tienen miedo porque no operan las válvulas y en el campo así son pues tienen miedo a tocar las válvulas o la misma bomba o el clorador porque tienen miedo arruinarlo como no conocen no lo tocan entonces no hacen ya cuando yo les capacito ya se comprometen y limpian cada tres meses y me mandan fotos, entonces lo que más ocasiona es que empiezan a distribuir agua que en realidad no es potable porque no está dentro de los parámetros de la norma boliviana que la NB 512 que te dice los estándares de calidad de agua porque no están cumpliendo con el parámetro microbiológico porque tienen demasiadas bacterias.

Entrevistador: Qué tan consientes son las personas a la hora de realizar buenas prácticas constructivas en los tanques y de realizar las inspecciones para mantenimiento.

Entrevistado: En cuanto a tener buenas técnicas constructivas para el tanque la gente no ve ese punto más que todo se fijan en la operación y manteniendo, lo construyen por construir y eso he notado, los proyectos los construyen por construir nomás. No están bien, hay válvulas que están mal puestas en posiciones que no tienen sentido, están así porque supongo que en el plano han visto y nadie ha tenido un criterio para decir no esto esta válvula está mal ahí y moverla donde sí debería estar, las válvulas check, las válvulas de paso no están en algunos proyectos bien puestos y bueno eso afecta, más adelante ya cuando uno quiere mantener el sistema por ejemplo limpiar la tubería de aducción o la el tanque cuesta, te perjudica mucho y ¿En qué te perjudica? Más que todo es en el tiempo de limpieza, no es lo mismo limpiar un tanque que esté bien hecho donde el agua va a escurrir bien, y vas a hacer un buen trabajo de limpieza a un tanque que no esté bien construido donde la tubería esté elevada donde para drenar toda esa agua tienes que baldear, tienes que sacar con baldes porque te queda unos diez centímetros de altura de agua, que eso es hartó y baldear te consume tiempo y necesitas más gente para hacer esa limpieza entonces ahí se ven perjudicados y a veces la gente se desanima y no quiere hacer la limpieza.

Entrevistador: Cuáles son las principales deficiencias que tu consideras en el acabado interior de cemento enlucido o pintado.

Entrevistado: Las deficiencias en el acabado interior que sea con pintura, es que se descascara con el tiempo no tiene una vida útil muy larga puede durar tres o cuatro años y el riesgo es que al salirse quedan partículas que entra a la distribución llegando a contaminar el agua y en cuanto al enlucido de cemento pasa lo mismo, con lo que van haciendo limpieza he notado que los que limpiaban lo desgastaban porque cepillan entonces va desgastando, se va descascarando y como arenilla se va cayendo, y esa parte del enlucido es impermeabilizante entonces si lo siguen limpiando y lo siguen socavando ese hormigón que es impermeable en cualquier momento se desgasta totalmente y el tanque va a llegar a tener fugas , yo les sugiero siempre también viendo la parte económica que lo pinten y que siempre lo tengan pintado y cuando vean que se está descascarando lo vuelvan a limpiar.

Entrevistador: Ya concluyendo con la entrevista que te parecería una propuesta de realizar un revestimiento con cerámica blanca en el interior a fin de aminorar el deterioro y mejorar la limpieza del mismo

Entrevistado: La propuesta de realizar un revestimiento de cerámica me parece muy interesante debido a que facilita mucho la limpieza, además que la cerámica tiene una superficie lisa que va a ser mucho más fácil limpiar, al ser blanco se detecta muy fácil donde está sucio, al ser liso no necesitan refregar mucho y también la propiedad de la cerámica es que dura, no se va a desgastar como el enlucido o no se va a descascarar como la pintura, entonces sería muy interesante esa propuesta pero la contra sería tal vez un poco el costo de revestir ya que es la solución más costosa a diferencia de pintarlo pero me parece muy excelente. Sería solución ideal y tal vez se podría proponer a cooperativas o comités de agua ya consolidados que tengan ingresos fuertes puedan hacer ese gasto.

Entrevistador: Bueno eso fue todo fue un gusto y honor haber escuchado sobre tus experiencias sobre el tema, a fin de enriquecer el conocimiento y tener un panorama claro acerca de la problemática.

Entrevistado: Fue un placer compartir estos conocimientos, es bueno hablar sobre las experiencias a fin de siempre mejorar, fue un gusto.

Entrevista 2: a la ingeniera Alison Melissa Vega Aguirre.

Entrevistador: Buenos días, bueno en primero lugar según tu experiencia en la construcción tanques de H^oA^o para abastecer a edificaciones, qué tipo de acabado interior tenían los tanques de almacenamiento de hormigón armado en los cuales trabajaste eran pintados, cemento enlucido, etc.

Entrevistado: En mi experiencia a la hora de realizar estos tanques de almacenamiento de agua potable todos eran de cemento enlucido con impermeabilizante, tuve la oportunidad de ver tanques circulares y rectangulares.

Entrevistador: Según tus conocimientos de tanques de almacenamiento de Hormigón armado, cuáles son las principales causas que deterioran el interior de los tanques proceso constructivo, falta de mantenimiento, etc.

Entrevistado: Tal vez los procesos constructivos no representan un problema ya que por lo general la mano de obra contratada era experimentada y se tomaba los recaudos necesarios, la falta de mantenimiento si es un tema a tener mucho en cuenta, nadie se acerca a realizarlo, cuando uno visita un tanque de una vivienda puede ver sarro o hasta que no están tapados, esto deteriora las paredes, dejándolas sucias.

Entrevistador: De los procesos constructivos que se utilizan Bolivia medio los tanques que te toco ejecutar cumplían con los requerimientos establecidos en la normativa.

Entrevistado: A principio se nota que hay una dejadez a la hora del diseño, hay cosas que no se hacen sin criterio, por ejemplo, hay tanques que se encontraban en una zona inaccesible para su mantenimiento, esto ocasiona problemas a la larga, entonces hay deficiencias que siempre a la hora de construir se trata de mejorar sobre la marcha, las pendientes en algunos casos igual no se respetaban y ya como un comentario más, ciertos proyectos no contaban con para rayos por lo cual cuando existía una tormenta eléctrica la bomba se puede quemar.

Entrevistador: Tú crees que una vez entregada la obra los usuarios hacen mantenimiento a su tanque de almacenamiento.

Entrevistado: Siendo realista creo que esto no se hace, en algunos casos dudo si quiera lo inspeccionan para ver si están bien tapados, no están a la labor de realizarlo y no lo toman

importancia, según veo solo les interesa que les llegue agua a sus artefactos y después no hay problema, tal vez cuando sientan un mal olor o color diferente, puedan preocuparse, pero eso pasará de mucho tiempo, otro aspecto a tomar en cuenta es la accesibilidad al mismo en muchos casos es dificultosa y esto desanima a realizar su mantenimiento.

Entrevistador: Qué tan consientes son las personas a la hora de realizar buenas prácticas constructivas en los tanques y de realizar las inspecciones para mantenimiento.

Entrevistado: Hablando técnicamente es muy importante colocar todos los accesorios y cumplir con las disposiciones que dictan el RENIDA, obviamente nosotros como ingenieros le damos la importancia debida, pero ya en operación y mantenimiento los beneficiarios como dije anteriormente pocos son los que le prestan atención, sería interesante hacer un recorrido a las edificaciones de por ejemplo Obrajes en La Paz, y ver en que estado están sus tanques, yo me imagino que de seguro sus paredes se encuentran sucias.

Entrevistador: A tu criterio cuáles son las principales consecuencias de tener un tanque deteriorado al interior y como afecta a los usuarios.

Entrevistado: La calidad de agua que se consume es el peor de los problemas que pueda ocasionar y si nos vamos a algo más, podríamos hasta hablar de focos de infección para la población, si bien en ciudad hay la cultura de tomar agua hervida o consumir agua de botellón no nos olvidemos que usamos esa agua para lavarnos las manos o cepillarnos las manos, entonces estaríamos en riesgo de enfermedades. Un claro ejemplo la época del COVID 19, todos nos lavábamos las manos, pero el tanque esta deteriorado y con bacterias pues entonces estamos incurriendo en lo mismo.

Entrevistador: Para finalizar que te parecería una propuesta de realizar un revestimiento con cerámica blanca en el interior a fin de aminorar el deterioro y mejorar la limpieza del mismo.

Entrevistado: Puede ser una solución interesante, la cerámica tiene una vida útil muy larga y además que es de por si es un material impermeable, igual facilita la limpieza del tanque por el interior, por ejemplo, en los baños que siempre se recubre con cerámica la limpieza es mucho más fácil que por ejemplo la acera que es de acabado de cemento, todo ello por la rugosidad de los materiales. El problema está en el presupuesto, si bien hay cerámicas económicas, una de

las mayores condicionantes en los proyectos es el presupuesto e incrementar en ese ítem más puede hacer que muchos opten por no hacerlo.

Entrevistador: Con eso concluimos fue un placer haber escuchado sobre las experiencias sobre el tema, a fin de ampliar el conocimiento y tener un panorama más claro acerca del tema.

Entrevistado: Fue un placer, y un gusto hablar de las experiencias, las más tal vez más abocadas sobre la ejecución.

ANEXO B. PLANILLA DE VISITA A CAMPO.

1. INFORMACIÓN GENERAL	
	<p>Fecha: 19/02/2024</p> <p>Ubicación: Latitud: -17.256435</p> <p style="text-align: center;">Longitud: -63.536205</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tipo de tanque: Enterrado. 2. Material de tanque: Hormigón Armado. 3. Frecuencia de limpieza: Nunca 4. Frecuencia de desinfección: Nunca. 5. Antigüedad de sistema: Medio
2. DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA	
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Es de acabado con pintura o enlucido de cemento? 2. ¿Las paredes se encuentran agrietadas? 3. ¿Hay manchas de suciedad en las paredes? 4. ¿Se evidencia que el enlucido o pintado se está descascarando? 5. ¿El proceso constructivo del tanque es el adecuado? 6. ¿Hay riesgo de contaminación del agua? 	<p>Es de pintura</p> <p>No se evidencia</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>No</p> <p>Si</p>
<p><u>Observaciones</u></p> <p>Es evidente que el tanque no tuvo el mantenimiento adecuado desde el inicio, se puede apreciar que las paredes se encuentran sucias y que la pintura se fue desmoronando y es necesario otra mano de pintura a fin de proteger el interior, no hay agrietamiento en el interior por lo tanto la estructura no presenta problemas de agrietamiento por un mal proceso constructivo, no tiene rejilla para la tubería de rebalse por lo tanto es muy probable que ingresen animales al tanque, como los sapos, el rebalse está a lado opuesto de la pendiente, lo que genera que no funciones bien el relvase, el riesgo más grande de contaminación es la ausencia de rejilla en el tanque.</p> <p>La causa más predominante de su deterioro del interior es la ausencia de mantenimiento durante sus primeros años de funcionamiento, las paredes ya están corroídas por la suciedad y la pintura se nota que al cepillar se cayó, se recomienda pintar de nuevo e inspeccionar cada tres meses a fin de que la pintura no altere las propiedades del agua.</p>	

1. INFORMACIÓN GENERAL



Fecha: 19/02/2024

Ubicación: Latitud: -17.20288

Longitud: -63.578537

6. Tipo de tanque: Enterrado.
7. Material de tanque: Hormigón Armado.
8. Frecuencia de limpieza: Nunca
9. Frecuencia de desinfección: Nunca.
10. Antigüedad de sistema: Medio

2. DIAGNÒSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

- | | |
|--|-----------------|
| 7. ¿Es de acabado con pintura o enlucido de cemento? | Es de pintura |
| 8. ¿Las paredes se encuentran agrietadas? | No se evidencia |
| 9. ¿Hay manchas de suciedad en las paredes? | Si |
| 10. ¿Se evidencia que el enlucido o pintado se está descascarando? | Poco |
| 11. ¿El proceso constructivo del tanque es el adecuado? | No |
| 12. ¿Hay riesgo de contaminación del agua? | Si |

Observaciones

Este tanque al parecer tuvo un mantenimiento anterior las paredes no se ven tan sucias, es de acabado con pintura blanca, para proteger la impermeabilización del tanque, las paredes no presentan signos de agrietamiento, por lo tanto no hay fallas estructurales que puedan ocasionar el deterioro, las paredes muestran pequeñas manchas de suciedad, esto puede ser debido a que inicialmente no se realizó mantenimiento al mismo, el pintado no se ve muy deteriorado como el anterior tanque donde ya se apreciaba la capa de cemento impermeabilizado, no tiene proceso constructivo adecuado, sus rebalse se encuentra mal ubicado.

Existe un riesgo de contaminación alto porque no tiene rejilla que proteja del ingreso de animales y la tapa no es hermética. Se deberá realizar la desinfección para evitar eliminar bacterias que pudieran vivir en las manchas que se formó en la pared.