

PROYECTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR CRISTO EN LA CIUDAD DE TAXCO DE ALARCÓN, GUERRERO

Karen Sujej Navarro Pantoja

Facultad de Ingeniería, CU-Sur, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México, karenavxo@gmail.com

Alfredo Cuevas Sandoval

Facultad de Ingeniería, CU-Sur, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México, 08721@uagro.mx

Francisco J. Vazquez Jimenez

Facultad de Ingeniería, CU-Sur, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México, 04118@uagro.mx

Daniel Delgado De La Torre

Facultad de Ingeniería, CU-Sur, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México, 13702@uagro.mx

RESUMEN

La sectorización es de gran relevancia, ya que facilita un mejor manejo de la distribución, un mejor control de los volúmenes de agua tanto de entrada como de salida en el sistema, regulando la presión interna de las tuberías, lo que deriva en una importante reducción de fugas. Actualmente, y con base a la experiencia en otras regiones que lo han logrado, concuerdan que una sectorización es el primer paso para el control gradual de la red de distribución de una forma ordenada y sólida; para llevar a cabo esto en la ciudad de Taxco de Alarcón se hicieron una recopilación de datos que incluían un diagnóstico previo de la condición actual de los servicios, se evaluaron los proyectos e infraestructura existente en cuanto a captaciones, tanques de regularización, cárcamos de bombeo y rebombeo, líneas de conducción, líneas de interconexión, de alimentación y red de agua potable, estudios básicos de topografía, y con base a los resultados se formularon propuestas para mitigar el desabasto del vital líquido. Concluyendo que una sectorización y rehabilitación del sistema era la más viable solución, las rehabilitaciones se propusieron trabajarlas por etapas para que los costos, de momento, no sean elevados. Iniciando con el sector Cristo, el más grande en extensión territorial en la ciudad y por ser el que recibe la mayor cantidad de agua de las captaciones ya que en ella no solo se encuentra un tanque de abastecimiento si no también una planta potabilizadora, una vez concluidos los trabajos con sus pruebas correspondientes, se puso en marcha el sistema de agua, dando como resultado la mitigación de agua desperdiciada, más alcance en el abastecimiento a la población del sector donde antes (por la baja presión que tenía el agua) no había, y por ende una mejor repartición de agua hacia los demás sectores. Contar con un proyecto técnico de agua potable de la zona urbana como lo es la Ciudad de Taxco de Alarcón, permite la revisión, adecuación y complementación al sistema y subsistemas existentes.

ABSTRACT

Sectorization is of great relevance, since it facilitates better distribution management, better control of the volumes of water entering and leaving the system, regulating the internal pressure of the pipes, which results in a significant reduction of leaks. Currently, and based on the experience in other regions that have achieved this, they agree that a sectorization is the first step for the gradual control of the distribution network in an orderly and solid manner; To carry out this in the city of Taxco de Alarcón, a data collection was made, including a previous diagnosis of the current condition of the services, the existing projects and infrastructure were evaluated in terms of catchments, regularization tanks, pumping and re-pumping sumps, conduction lines, interconnection lines, supply lines and drinking water network, basic topography studies, and based on the results, proposals were formulated to mitigate the shortage of the vital liquid. Concluding that a sectorization and rehabilitation of the system was the most viable solution, the rehabilitations were proposed to be carried out in stages so that the costs, for the time being, would not be high. Starting with the Cristo sector, the largest in territorial extension in the city and the one that receives the largest amount of water from the catchments since it not only has a supply tank but also a water treatment plant, once the work was completed with its corresponding tests, the water system was put into operation, resulting in the mitigation of wasted water, more scope in the supply to the population of the sector where before (due to the low water pressure) there was none, and therefore a better distribution of water to the other sectors.

Having a technical drinking water project for the urban area, such as the city of Taxco de Alarcón, allows for the revision, adaptation and complementation of the existing system and subsystems

PALABRAS RESERVADAS

Agua potable, sectorización, Rehabilitación, planta potabilizadora

KEYWORDS

Drinking water system, Sectorization, Rehabilitation, water treatment plant.

INTRODUCCIÓN

Partiendo de la frase “**el agua es vida**” se puede entender fácilmente porqué la mayoría de los asentamientos humanos desde la antigüedad se localizaban cerca de este elemento, les proporcionaban un mayor bienestar, desde la salud, la alimentación, la industria y el esparcimiento. Con el paso del tiempo y al desmesurado crecimiento poblacional ha sido necesario realizar obras cada día de mayor tamaño con el fin de abastecer a las poblaciones que día a día requieren este vital líquido. La problemática en torno a la gestión de recurso hídrico es cada vez más evidente y compleja y ante esta situación, es imprescindible mirar hacia una mejor gestión del agua potable, priorizando el manejo del consumo y el incremento en la eficiencia con la que se presta un servicio, reduciendo el volumen del agua perdida en fugas, verificando las tarifas y aumentando la base de facturación real del cobro.

Para el diseño de una red de distribución se deben considerar los siguientes criterios: La red de distribución se diseñará para el máximo horario, identificar las zonas a servir y de expansión de la población, realizar el levantamiento topográfico incluyendo detalles sobre la ubicación de construcciones domiciliarias, públicas, comerciales e industriales, así como también anchos de vías, áreas de equipamiento y áreas de inestabilidad geológica así como el tipo de terreno y las características de la capa de rodadura en calles y en vías de acceso.

La zona de estudio comprende la zona urbana de la localidad de Taxco, enfocándose particularmente en el sector Cristo, así como las fuentes de abastecimiento cercanas a la ciudad. Se consideraron los planes de crecimiento urbanos e industriales futuros, así como los programas de desarrollo.

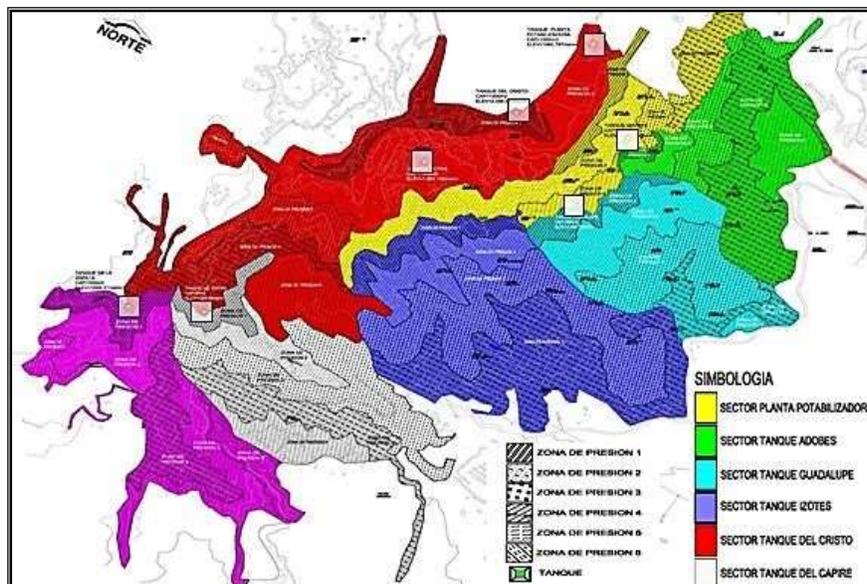


Figura 1. Delimitación del área de estudio, resaltando el sector Cristo en rojo (Fuente: CAPAT)

Localización del sector

Localización Geográfica: El sector Cristo se ubica en el municipio de Taxco de Alarcón, al norte del estado de Guerrero, con una extensión de 347 km², que representan el 0.54% de la superficie total estatal, su clima tiende a subhúmedo-semicálido (Data, 2022).

Hidrología: El Municipio de Taxco de Alarcón, se ubica en la Región Hidrológica Río Balsas, identificando dos cuencas: la del Río Balsas – Mezcala y la del río Grande de Amacuzac. Las corrientes más importantes en el Municipio están definidas por los ríos Taxco y Temixco, los arroyos Tecapulco, Granados, San Juan, Plan de Campos, Las Huertas y Acatlán y los cuerpos de agua Laguna Grande (Data, 2022).

Características Demográficas: El crecimiento demográfico manifestado en los últimos años ha dado por resultado una dispersión

de la zona urbana hacia la periferia ante la carencia de suelo social, originando asentamientos irregulares en zonas no aptas para el desarrollo urbano, que junto con la estructura física de la ciudad ha dado como resultado una traza irregular que genera un espacio abierto público muy complejo. En cuanto a la ubicación de las áreas contenedoras de los servicios, como lo es el centro urbano, los centros de barrio y vecinales, así como los corredores urbanos, que constituyen los elementos ordenadores de la estructura urbana; éstos atienden una centralización desequilibrada que abarca el centro de la ciudad y las colonias que la circundan (Data, 2022; CONAGUA C. N., 2022).

SECTORIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE TAXCO DE ALARCÓN

Diagnóstico Simplificado de la Infraestructura existente

Actualmente la principal fuente de abastecimiento es el río Chontalcuatlán, y la obra de captación es una toma directa, está localizado a 13 Km de la ciudad y está diseñada para conducir un caudal de 177 l/s del cual se obtiene actualmente un caudal de 98 l/s, esto se debe principalmente a la falta de mantenimiento al equipamiento instalado y a la ubicación de la obra de toma, así mismo, existen otras fuentes de abastecimiento de menor caudal como son manantiales cercanos a la población y aprovechamientos de presas existentes. (CAPASEG, 2021)

Líneas de Conducción y Plantas de Bombeo

Existen cinco líneas de conducción en el sistema, de las cuales tres captan el agua de manantiales, una de la Presa San Marcos y otra del río Chontalcuatlán. Las líneas de conducción Puente San Marcos y Barranca de los Helechos descargan en el Tanque del Cristo. Existen varios tramos de las líneas que se encuentran en malas condiciones, debido que constantemente sufre rupturas; además de que las válvulas de expulsión de aire no operan correctamente debido a la falta de mantenimiento.



Figura 2. Ubicación de las líneas de conducción, (Fuente: CAPAT y CAPASEG)

Potabilización: Se cuenta con una Planta Potabilizadora, que tiene una capacidad de 152 l/s y puede alcanzar hasta 228 l/s mediante la construcción de un tercer clarificador, ya que actualmente ésta opera con un sistema de clarificación, remoción de magnesio, filtración, coloración y sedimentación, que solo trata 98 L/s.

Regularización: La regularización del sistema de agua potable de Taxco está integrada por siete tanques superficiales, de los cuales solo cinco se encuentran en operación y los otros dos están fuera de servicio por falta de mantenimiento. Estos tanques son los siguientes:

Tabla 1. Nombre de los tanques y su capacidad, (Fuente: Elaboración propia)

TANQUE	CAPACIDAD (m³)	ELEVACIÓN (msnm)
Cristo	1,300	2,056.09
Planta potabilizadora	1,500	1,962.79
Izotes	1,200	1,961.10

Adobe	250	1,880.00
Capire	60	1,858.49
Zapata	200	1,848.51
Guadalupe	300	1,834.05
TOTAL	4,860	

Distribución: La zona geográfica en la que se localiza la ciudad de Taxco es de una topografía muy accidentada. Las sinuosidades del terreno influyen de manera importante en la red de distribución, generando varias zonas de presión. Esto hace que el sistema cuente con elementos que ayuden a disminuir o elevar la presión hasta lograr los valores indicados en la normatividad (reglamento del agua potable, etc.). Los elementos que conforman el sistema de distribución son:

- a) Cajas Rompedoras de Presión
- b) Red de Distribución
- c) Cajas de Operación de Válvulas

Visitas de reconocimiento

Con el propósito de cumplir con los alcances de abastecer agua se inició la implementación para recopilar, integrar, evaluar y procesar la información para la elaboración del proyecto en sus diferentes etapas. Para tal efecto, los objetivos de esta etapa de recopilación son:

- Acopio la información con la que cuenta la CAPASEG;
- Recopilar la información de interés en el Municipio de Taxco, en el Sistema de Agua Potable de Taxco (CAPAT) ode otras dependencias federales y/o estatales;
- Analizar y procesar la información existente, así como validarla en términos de su confiabilidad, suficiencia, antigüedad y vigencia.

Trabajos de campo

Se realizaron actividades en campo y gabinete, que permitió identificar zonas y tramos de red de agua potable que se encuentran en buen estado y las que presenten problemas de incrustación y colapsos, para poder proyectar y cuantificar su reparación, sustitución, rehabilitación y ampliación en las etapas de inmediata, mediata y a largo plazo.

Diagnóstico y recomendaciones de la infraestructura hidráulica existente.

Con base a la revisión de estudios y proyectos existentes, de los trabajos de campo realizados, tanto de la red de agua potable, líneas de conducción, líneas secundarias, líneas de Interconexión, líneas de alimentación, se evaluó el funcionamiento y capacidad hidráulica de la infraestructura existente, se proponen las siguientes alternativas para mejorar el abastecimiento de agua:

Alternativa 1.- Sin ejecución de obras adicionales.

Se seguirá presentando un déficit en época de estiaje de alrededor de 100 l/s., ya que la única fuente actual es el río Chontalcuatlán, el cual aporta solo 98 l/s. Se tiene un sistema con muchos tandeos y un sistema altamente deficiente.

Alternativa 2.- Se construye el sistema Las Joyas.

El sistema Las Joyas está compuesto por tres pozos profundos y un acueducto de 8", 10" y 12" de diámetro y 11,600 m de longitud, aportando un gasto adicional de 60 l/s.

Alternativa 3.- Construir la presa el Peral.

Esta Alternativa es altamente riesgosa para el Organismo Operador, ya que se tendrá un largo camino administrativo y de gestión social para obtener los permisos de construcción de la presa por parte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y obtener la liberación de los predios afectados por esta obra, así mismo, deberán realizarse los estudios de Manifestación de Impacto Ambiental, Proyecto Ejecutivo y Estudio Técnico Forestal. Lo anterior implica además un tiempo de alrededor de 2 años de permisos y gestiones y otros dos años de construcción. Debido a la incertidumbre de estas acciones se aconseja encauzar los recursos para mejorar el suministro de agua para la Ciudad de Taxco en otras obras.

Alternativa 4.- Rehabilitación de sectores y del Acueducto paralelo Chontalcuatlán.

Existe una infraestructura nueva que no ha operado y que forma un acueducto paralelo al acueducto existente Chontalcuatlán, esta infraestructura fue construida en su totalidad para un gasto de 200 l/s, sin embargo, los cárcamos de bombeo han perdido los motores y bombas, así como subestaciones, cable, tableros de control y demás obras electromecánicas. Sin embargo, se cuenta con toda la obra civil, tuberías de descarga y línea de conducción de 24" de diámetro, motivo por el cual se analizó la alternativa de rehabilitar y complementar las obras faltantes para operar este acueducto a 200 l/s. Por otra parte, se realizará

como primera etapa la sectorización de la red realizando la sustitución de la red existente por tubería nueva de acuerdo con los diámetros propuestos en la sectorización, es indispensable realizar esta acción y no dejar la tubería antigua. Es importante mencionar que esta Alternativa también presenta problemas sociales, los cuales deberá enfrentar el Gobierno Municipal.

Del análisis de propuestas para solventar el desabasto de agua y con base a los resultados arrojados del estudio de campo, se tomó la decisión para solucionar el problema de abasto de la ciudad se propone como obras inmediatas, la rehabilitación y construcción de líneas de interconexión entre tanques, la sectorización de la red de distribución para una mejor distribución del agua que actualmente se tiene. Por lo que se deberá iniciar con una primera etapa abarcando el sector más grande (Sector Cristo) que recibe agua de la mayor parte de las fuentes de captación, posteriormente se tendrán que realizar las obras necesarias para complementar el abasto y reducir el déficit actual.

Tabla 2. Análisis comparativo de alternativas (Fuente: Hidroconsultorías)

ALTERNATIVA	TOTAL	20 AÑOS AL 12% ANUAL		AMORTIZACIÓN	MANTENIMIENTO	ANUAL DE BOMBEO	CARGO ANUAL DE MANTENIMIENTO Y BOMBEO	COSTO POR M3	VENTAJAS	DESVENTAJAS
		20	12							
ALTERNATIVA N°1 SIN EJECUCIÓN DE OBRAS ADICIONALES	-	12	20	-	-	-	-	-	-	SISTEMA ALTAMENTE DEFICIENTE.
ALTERNATIVA N°2 POZO LA JOYA	\$6,680,272	12	20	\$894,347	\$237,600	\$2,800,397	\$1,131,947	\$0.598	MENOS COSTO POR M ³	ES NECESARIO REALIZAR PERFORACIONES PARA VERIFICAR EL POTENCIAL DEL ACUÍFERO
ALTERNATIVA N°3 PRESA EL PERAL	\$56,390,625	12	20	\$7,549,508	\$59,400	\$8,011,405	\$7,608,908	\$1.102	GARANTIZARÍA EL ABASTECIMIENTO TOTAL DE LA CIUDAD	ALTO COSTO DE CONSTRUCCIÓN, PROBLEMAS SOCIALES POR TERREROS PARA ELVASO DE LA PRESA, UBICACIÓN EN ZON PROTEGIDA
ALTERNATIVA N°4 REHABILITACIÓN DE SECTORES Y DEL ACUEDUCTO PARALELO CHONTALCUATLÁN	\$10,325,044	12	20	\$1,382,304	\$178,200	\$81,646,629	\$83,207,133	\$12.048	GARANTIZARÍA EL ABASTECIMIENTO TOTAL DE LA CIUDAD, YA EXISTE INFRAESTRUCTURA SOLO REQUIERE REHABILITACIÓN	ALTOS COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR CRISTO.

Para la sectorización se definió con base al área de influencia de cada tanque existente y en función de la topografía de la localidad, tratando de no tener cargas mayores de 50 m, para este caso la red se dividió en siete sectores que toman el nombre del tanque del que se alimentarán.

El sector Cristo es el sector principal que recibe el agua de las diferentes fuentes de captación para ser distribuida hacia los demás sectores. Una vez recopilada toda la información disponible del sistema de agua potable de todos los sectores, se realizó una

síntesis que proporcionó un diagnóstico del sistema, señalando sus características más importantes, sus deficiencias y los requerimientos de rehabilitación, sustitución o expansión. Con lo anterior se plantean las alternativas de desarrollo para las posibles áreas de crecimiento inmediato, así como la programación a futuro de las zonas consideradas en los planes de desarrollo urbano

Se identifican las zonas habitacionales por su clase socioeconómica, diferenciándose en: popular, media y residencial. De igual forma se delimitan las zonas industriales, comerciales y de servicios públicos. Lo anterior representa la información de inicio para obtener los datos básicos que son necesarios en la elaboración de estudios y proyectos de agua potable. (INEGI, 2022)

Tabla 3. Áreas, poblaciones y gastos por sector resaltando el sector Cristo y la planta potabilizadora (Fuente: Hidroconsultorías)

SECTOR	ÁREA m ²	Has	%	POBLACIÓN	Q requerido		
					MEDIO	DIARIO	HORARIO
CRISTO	1,269,936	126.99	23.25%	16,353	35.14	49.19	76.25
PTA. POTABILIZADORA	484,085	48.41	8.86%	6,234	13.39	18.75	29.06
IZOTES	1,125,204	112.52	20.60%	14,490	31.13	43.59	37.56
ZAPATA	742,736	74.27	13.60%	9,564	20.55	28.77	44.59
CAPIRE	651,813	65.18	11.93%	8,394	18.03	25.25	39.13
GUADALUPE	595,462	59.55	10.90%	7,668	16.48	23.07	35.75
ADOBES	592,443	59.24	10.85%	7,629	16.39	22.95	35.57
TOTAL	5,461,679	546.17	100%	70,332	151.12	211.56	327.92

Definición de criterios y parámetros de diseño

Requerimiento de infraestructura

Para las necesidades de infraestructura, se define como obras inmediatas:

- Rehabilitación de la planta potabilizadora.
- Rehabilitación de bordos y manantiales de captación,
- Rehabilitación y construcción de líneas de conducción,
- Rehabilitación de los tanques de regulación existentes,
- Construcción de líneas de interconexión entre tanques

Parámetros Hidráulicos

Población: Tomando en cuenta las diferentes zonas habitacionales, se definió la población correspondiente. Utilizando la información proporcionada del Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el INEGI, con relación a los últimos tres censos disponibles, se realizó la proyección de la población, mediante los métodos matemáticos de proyección Aritmético, Geométrico, Interés Compuesto y Ajuste por Mínimos Cuadrados (Lineal, Exponencial, Potencial y Logarítmico), tomando como base la población histórica a nivel localidad, haciendo una proyección a 20 años partiendo del año 2015.

Demanda y Consumo: El consumo de agua se determinó de acuerdo con el tipo de usuarios, se dividió según su uso en: doméstico y no-doméstico; el consumo doméstico, se subdivide según la clase socioeconómica de la población en residencia, medio y popular. El consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos.

El consumo promedio para cada tipo de usuario se multiplicará por la población actual de cada sector socioeconómico, por las unidades comerciales, industriales y de servicios públicos existentes, para calcular el volumen consumido correspondiente a cada tipo de usuario. Y al resultado de este consumo se agrega el porcentaje de pérdidas físicas correspondiente a fugas, ya sea que éstas sean definidas por medición mediante un estudio de evaluación de pérdidas o se basen en estimaciones obtenidas por comparación con una o varias localidades similares en cuanto a nivel socioeconómico, tamaño de población, costumbres de uso del agua, etc., que ya dispongan de un estudio similar al indicado.

Proyección de la demanda: La proyección de la demanda de agua potable se realiza con base en los consumos de las diferentes zonas socioeconómicas y a la demanda actual, tomando en cuenta las consideraciones siguientes:

- En condiciones normales, el consumo doméstico debe presentar una tasa decreciente en el tiempo, lo que significa que el volumen diario que se asigna por persona tiende a disminuir año con año, como resultado de la aplicación de políticas de uso racional de agua potable, actividad obligatoria y cuyo responsable es el organismo operador.
- La proyección del volumen doméstico total se realiza utilizando las proyecciones de población por estrato con sus correspondientes consumos para cada año, dentro del horizonte de proyecto.
- Por lo que se refiere a los volúmenes de agua no contabilizada, su valor se estima a partir de los volúmenes producidos y consumidos. En este punto se analizan las tendencias y causas probables del agua no contabilizada, tales como: pérdidas físicas, errores de macro y micro medición, catastro desactualizado, etc.
- El cálculo de la demanda se debe realizar anualmente para un período de 20 años, y se obtiene con la suma de los consumos por sector, incluyendo el agua no contabilizada.

Regulación: La regulación tiene por objeto lograr la transformación de un régimen de aportaciones que normalmente es constante, en un régimen de consumos o demandas (de la red de distribución) que siempre es variable. El tanque de regulación debe proporcionar un servicio eficiente bajo normas estrictas de higiene y seguridad, procurando que su costo de inversión y mantenimiento sea mínimo. Adicionalmente a la capacidad de regulación se puede contar con un volumen para alimentar a la red de distribución en condiciones de emergencia (incendios, desperfectos en la captación o en la conducción, etc.). La capacidad del tanque está en función del gasto máximo diario y la ley de demandas de la localidad, calculando ya sea por métodos analíticos o gráficos. El coeficiente de regulación está en función del tiempo (número de horas/día) de alimentación de las fuentes de abastecimiento al tanque, requiriéndose almacenar el agua en las horas de baja demanda para distribuirlas en las de alta demanda.

Determinación de los consumos de agua por tipo de usuario

El consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema de distribución (operado por el CAPAT), se expresa en unidades de m³/día o en l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/Hab/día.

Consumo Doméstico

De acuerdo con Estadísticas del CAPAT, el número de tomas totales para uso doméstico fue de 12,840, de los cuales 1,429 tomas con cuota fija y la diferencia de 11,411 cuentan con medidor instalado, sin embargo, no se toma lectura de los medidores instalados

por lo que no le permite al CAPAT, tener un control adecuado de los niveles de consumo de agua potable, solo se cuenta con un concentrado de información de los consumos para una clasificación más desglosada para el uso doméstico.

Tabla 4. Estructura del padrón de usuarios (Julio/2008) (Fuente: Dirección Comercial del CAPAT)

Tipo de consumo	Usuarios		Consumo de agua
	Numero	%	l/s
Doméstico	12,840	80	65
Comercial	752		6
Industrial	17		0.13
Total	13,069	80	71.13

Demanda de agua

Para la realización de la demanda de agua potable se consideró lo siguiente:

- Se consideró un incremento gradual en los consumos por tipo de usuario, el consumo doméstico se incrementó de 93.75 l/Hab/día en el 2015 a 130 l/Hab/día al año 2035, un 38.67% de incremento. El consumo comercial se mantuvo en la misma proporción 679 l/comercio/día y el consumo industrial se mantuvo con 654 l/industria/día.
- El porcentaje de pérdidas se irá disminuyendo, de 40.5% actual a 25% en el año 2035,
- El porcentaje de población servida se incrementará de 80% actual al 95 % al horizonte de proyecto.
- La dotación se incrementará de 175.93 l/Hab/día actual a 185.26 l/Hab/día al año 2035.

Todo esto se logrará con el adecuado mantenimiento en la red de distribución para garantizar el abastecimiento del sector, incluyendo optimizar la presión de suministro a todas horas del día ante cualquier demanda de consumo en los puntos de la red; es decir, una reducción en el exceso de presión de esta red para evitar las pérdidas reales de agua, reducir las roturas en tuberías y por ende sus costosas inversiones para alargar su vida útil.

Análisis de datos básicos de proyecto

Conforme a los volúmenes suministrados actualmente y a la expectativa de abastecimiento a mediano y largo plazo, se expresen un cuadro conteniendo todos los datos básicos cuyos datos se mencionan en las tablas 5 y 6

Sitios de entrega de agua.

Los sitios de entrega para el proyecto de rehabilitación serán, en temporada de estiaje la Planta Potabilizadora que se encuentra en el sector Cristo y en temporada de lluvias, el Tanque el Cristo el cual surtirá agua a los tanques Cazahuates y Zapata, planteándose de la siguiente manera:

a) Alimentación en temporada de estiaje.

En este tiempo el sistema de agua potable se alimenta básicamente del Acueducto Chontalcuatlán con un gasto aproximado de 104 l/s con dos equipos de bombeo. Aunque la Planta Potabilizadora tiene capacidad de 90 l/s, imaginando que lleguen los 90 l/s, estos se distribuirán de la siguiente manera: Los lunes miércoles y viernes, de la planta Potabilizadora se alimentarán los tanques, Adobes con un gasto Máximo Diario de proyecto de 22.95 l/s, al Tanque Guadalupe con un gasto Máximo Diario de 23.07 l/s y a su vez su propia red con un gasto máximo diario de 18.75 l/s, se alimentará por bombeo al Tanque el Cristo con un gasto de 25.25 l/s, para que a su vez alimente exclusivamente al Tanque Capire, para un total de 90.00 l/s. Los martes, jueves y sábado se bombeará el total del Gasto al Tanque el Cristo para repartir 32.26 l/s al Tanque Izotes; 21 30 l/s al Tanque Zapata y 36 .44 l/s a la red del Tanque el Cristo.

Tabla 5. Datos básicos de proyecto general (Fuente: Elaboración propia)

DATOS BASICOS DE PROYECTO							
DESCRIPCIÓN	ACTUAL			PROYECTO			
	2015			2035			
Población Total (hab)	59,499			74,034			
Cobertura (%)	80%			95%			
Población C/Servicio (hab)	47,636			70,332			
Dotación (Its/hab/día)	175.93			185.64			
Q med	97.00			151.12			
Q máx. diario	135.80			211.56			
Q máx. horario	210.49			327.92			
Coefficiente de variación diaria	1.4						
Coefficiente de variación horaria	1.55						
Fuente de abastecimiento	Superficial						
Distribución	Gravedad						
Velocidades							
Mínima (m/seg)	0.60						
Máxima (m/seg)	3.00						
Material de tubería	PAD						
Diámetros	12"	10"	8"	6"	4"	2"	1½"

Tabla 6. Datos básicos de proyecto del Sector Cristo y Planta Potabilizadora (Fuente: Elaboración propia)

DATOS BASICOS DE PROYECTO							
DESCRIPCIÓN	Planta potabilizadora		Sector Cristo				
	ACTUAL	PROYECTO	ACTUAL	PROYECTO			
	2015	2035	2015	2035			
Población Total (hab)	5,274	6,562	13,835	17,214			
Cobertura (%)	80%	95%	80%	95%			
Población C/Servicio (hab)	4,222	6,234	11,077	16,353			
Dotación (lts/hab/día)	175.93	185.64	175.93	185.64			
Q med	8.60	13.39	22.55	35.14			
Q máx. diario	12.04	18.75	31.58	49.19			
Q máx. horario	18.66	29.07	48.94	76.25			
Coefficiente de variación diaria	1.4		1.4				
Coefficiente de variación horaria	1.55		1.55				
Fuente de abastecimiento	Superficial		Superficial				
Distribución	Gravedad		Gravedad				
Velocidades							
Mínima (m/seg)	0.60		0.60				
Máxima (m/seg)	3.00		3.00				
Material de tubería	PAD		PAD				
Diámetros	12"	10"	8"	6"	4"	2"	1 1/2"

b) Alimentación en temporada de lluvias

La forma en que actualmente trabaja el organismo es operar en época de lluvias solo con las represas y manantiales y deja de bombear del río Chontalcutlán para disminuir gastos en consumos de energía eléctrica. El valor del caudal en épocas de lluvias se puede observar suficiente para cubrir las necesidades de Taxco de Alarcón, pero este caudal depende de la cantidad de lluvias para que las represas puedan mantener su nivel y depende también de la situación económica del organismo operador para operar el bombeo del agua que aporta el río Chontalcutlán. Considerando que se mantengan los valores medidos captados de 80.16 l/s que se indican en la tabla siguiente, los caudales tendrán que tenderse de la siguiente forma:

Considerando que la mayor parte del agua captada es superficial, ésta tendrá que ser potabilizada por lo tanto el agua en su totalidad será conducida a la Planta potabilizadora, con excepción del caudal proveniente del manantial el Tejocote.

Proyecto de estaciones de bombeo: El sistema de abastecimiento propuesto contempla la construcción de un cárcamo en el Tanque de aguas claras de la planta potabilizadora, esta planta de bombeo se propone para hacer llegar el agua desde la Planta Potabilizadora hacia el Tanque El Cristo, para su posterior distribución a la red y a los demás tanques.

Tabla 7. Volumen producido (Fuente: Dirección Comercial del CAPAT)

Nº	FUENTE	CAUDAL APORTADO LPS	CAUDAL CAPTADO LPS	DIFERENCIA LLEGADA	SITIO DE
1	Represa Tenería	27.14	10.71	16.43	Tanque el Cristo
2	Represa San Marcos	59.01	32.61	26.40	Tanque el Cristo
3	Represa Barrancade los Helechos	18.67	11.65	7.02	Tanque el Cristo
4	Repesa Sombrerito	18.53	12.00	6.53	Planta Potabilizadora
5	Manantial Chacoalco 1	2.16	2.16	0.00	Planta Potabilizadora
6	Manantial Chacoalco 2	4.05	4.05	0.00	Planta Potabilizadora
TOTALES		144.56	80.16	61.40	

a) Proyecto Funcional y de Fontanería

La planta de bombeo consta de un cárcamo de bombeo, una caseta de operación y una subestación. El agua proveniente de los

manantiales o del acueducto Chontalcuatlán una vez potabilizada es conducida al Tanque de aguas claras que a su vez servirá de cárcamo de bombeo, donde por medio de dos bombas, es enviada al Tanque el Cristo.

b) Proyecto Mecánico

El proyecto mecánico se llevó a cabo desarrollando los siguientes conceptos:

- Estudio de los niveles máximos y mínimos esperados en el cárcamo de bombeo.
- Cálculo de la carga dinámica total, máxima y mínima y de operación normal, incluyendo el cálculo de las pérdidas de carga de las bombas, piezas especiales etc.
- Selección de Equipos de bombeo considerando las curvas características de varios fabricantes y tipos de bombas, seleccionando el equipo más adecuado.
- Cálculo de la potencia y selección de motores.
- Cálculo de espesores y diámetro de la tubería en la descarga de los equipos de bombeo, bifurcaciones y múltiples de descarga, así como el cálculo de los refuerzos.
- Todos los cálculos y selección de los equipos tomaron en cuenta la información de las normas vigentes (ASTM, ASME, ANSI, AWWA, etc.) así como los catálogos de fabricantes.

Como complemento se elaboraron los planos que contienen: planta y secciones en donde se aprecia, el tipo de bomba, los accesorios, válvulas y piezas especiales, cada una de las partes que constituyen el equipamiento mecánico fueron numeradas, así mismo se formó una lista de materiales que describe cada elemento, así como el número de piezas requeridas.

El diseño mecánico comprende principalmente la estación de bombeo (cárcamo), para el cual a partir de los datos de proyecto definidos en la parte hidráulica se dieron sus requerimientos de caudal y carga de la línea de conducción a presión de acuerdo con los desniveles necesarios.

c) Proyecto estructural

Este apartado comprende el diseño estructural del cárcamo de proyecto, así como de las estructuras que alojan los equipos electromecánicos, como son silleteras, atraques para tuberías y equipos, así como las estructuras metálicas de sujeción y soporte. Para su diseño se tomó en cuenta los criterios y normas indicados en el reglamento de construcciones del Estado de Guerrero, así como los resultados del estudio de mecánica de suelos que se llevó a cabo para este fin. La estructura se diseñó por efectos de flexión, cortante, compresión y tensión utilizando normas y tablas contenidas en los siguientes manuales:

- Manual de la Portland Cement Association (PCA)
- Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, en su tomo de recipientes de concreto.
- Manual de construcción en acero del Instituto Mexicano de Construcción en Acero (IMCA).

Por otra parte, se revisó la estabilidad del cárcamo por efectos de flotación con el fin de cumplir con un factor mínimo de seguridad de 1.5 por este efecto. Los materiales utilizados para el cárcamo de bombeo son:

- Concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ elaborado con cemento tipo II
- Acero de refuerzo con límite de fluencia $f_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$
- Acero estructural A-36

Bajo estos criterios se elaboraron los planos en donde se muestra la estructura en planta y elevación, armados, cortes y detalles que faciliten la comprensión, dichos planos también muestran los volúmenes de obra de los diferentes materiales empleados, así como las memorias de cálculo correspondientes.

d) Proyecto Eléctrico

El diseño eléctrico comprendió desde la definición de la subestación que dará servicio a los equipos eléctricos de la planta de bombeo, lo que constituye una seguridad en su funcionamiento, siempre y cuando se garantice el suministro de energía. Con la selección del sitio de acometida y la tensión de alimentación y con los requerimientos dados por el diseño funcional e hidráulico se procedió a definir los requerimientos mecánicos lo que a su vez consecuentemente llevó a las necesidades eléctricas. El proyecto comprende los diagramas unifilares, las redes de distribución de fuerza, las redes de alumbrado tanto a nivel general como interior

de caseta.

Proyecto de líneas de interconexión: Se realizó el diseño de la línea de conducción a partir del Cárcamo de Bombeo de proyecto, localizado en el Tanque de Aguas Claras de la Potabilizadora, hasta el Tanque El Cristo, con una longitud de 500.92 m. La capacidad de la línea se diseñó con el gasto máximo diario que requieren los sectores Cristo, Izotes, Capire y Zapata, y su funcionamiento hidráulico será por bombeo en toda su longitud. La línea inicia con tubería de PVC en forma subterránea, hasta su descarga en el tanque superficial el Cristo.

Se localizaron varias válvulas combinadas de admisión y expulsión de aire, las cuales servirán para el desalojo y entrada de aire, en la operación de llenado y vaciado de la línea contando con eliminadora de aire cuya función será la del desalojo de pequeños volúmenes de aire cuando la línea se encuentre en operación normal. Así mismo se ubicó un desagüe en la parte bajada de la línea, que servirá para descarga y limpieza de esta.

Por otra parte, se realizaron diseños de las líneas de interconexión entre tanques, para esta 1ª etapa:

1.- Línea de interconexión Tanque El Cristo a Tanque Zapata. Esta línea tiene una longitud de 2,444.45 m. 4.-

Línea de conducción existente de Tanque Potabilizadora a tanque Adobes, con una longitud de 596.87 m.

5.- Línea de conducción existente de Tanque Potabilizadora a Tanque Guadalupe, esta línea tiene una longitud total de 1073.05m.

Diseño hidráulico: En cuanto al estudio de las obras de conducción éste se apegó a los requisitos de ejecución indicado por las Especificaciones del 'Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento', de la CONAGUA, de tal forma que contiene los elementos técnicos necesarios y suficientes para llevar a cabo la construcción de las obras involucradas.

De acuerdo con los resultados de los estudios topográficos se procedió a elaborar el proyecto hidráulico correspondiente. Se diseñó con base en los datos de proyecto y se indicaron los sitios exactos de entrega o interconexión.

Se presenta la memoria de cálculo y los planos funcional e hidráulico, con cotas piezométricas, de terreno y de plantilla, diseño selección de piezas de control, así como los respectivos catálogos, especificaciones y documentos. Se consideraron las estructuras conexas necesarias, las cuales se presentan en las memorias de cálculo correspondientes con cuantificación de tuberías y planos.

COMPONENTES Y REHABILITACIÓN DEL SISTEMA

Con base a los proyectos ejecutivos elaborados y aprobados por la CAPASEG por conducto de la supervisión y conforme al Catálogo General de Precios Unitarios para obras de agua potable y alcantarillado, editado por la CONAGUA, se relacionaron todos los conceptos de obra del proyecto, con los cuales se elaboró el catálogo de conceptos y números generadores de obra para esta primera etapa, para después abrir la convocatoria de licitación pública.

Para este sector, los trabajos relativos a la ejecución de esta obra se realizarán utilizando 3 frentes de trabajo, de la manera siguiente:

FRENTE 1.- Se encargará de los trabajos referentes a la red de distribución Sector Cristo al igual que la instalación de la toma domiciliaria.

Se inicia el trazo en el empedrado y/o carpeta asfáltica existente, se toma las medidas precautorias para evitar menores molestias a la sociedad, continuando con la demolición ya trazado, se retira el material de demolición al sitio que las autoridades asignaron, a la par se inician los trabajos de excavación en cepas, concluida la excavación se procede a realizar la plantilla compactada al 85% con material inerte, se construyen las cajas para operación de válvulas de 1.45x1.20 m, se instalan las válvulas de seccionamiento, contramarcos y marcos con tapa, se hace el tendido de tubería de PVC RD 26, 2", 2 ½", 3", 4", 6", 8" Y 10" de diámetro, se utiliza tubería RD 26 que tiene una pared más delgada en relación al diámetro exterior y puede soportar presiones de trabajo de 11.1 kg/cm² ideal para una presión baja; la colocación de juntas, codos campana, reductores, tornillos, empaques. Durante la instalación de la tubería en la red de distribución, se instalan las piezas especiales de las tomas domiciliarias, se procede al relleno y compactado de estas y se instalan los cuadros de tomas; para enseguida realizar las pruebas hidrostáticas por bombeo en un periodo de 2 horas en las que no deberá existir descenso de la presión durante la prueba antes y durante el tiempo de la misma, hecho las pruebas y asegurando que no hay problema alguno, se procede con el relleno de material producto de la excavación y con el suministro de material inerte y compactando en la red de distribución del sector, posteriormente se hace la reposición del empedrado y el pavimento.



Figura 3. Demolición de empedrado (Fuente: elaboración propia)



Figura 4. Colocación de tubería PVC (Fuente: elaboración propia)

FRENTE 2.- Se encargará de hacer la línea de interconexión del tanque Cristo al tanque Zapata.

se inicia el trazo y corte en el empedrado existente en las zonas existente y en otras zonas solo se realizará directamente la excavación de acuerdo a lo que indique el plano de proyecto, se toma las medidas precautorias para evitar mayores molestias a la sociedad, se retira el material de la demolición al sitio que las autoridades asignaron, a la par se inician los trabajos de excavación en cepas, concluida la excavación se procede a realizar la plantilla compactada al 85% con material inerte, se hace el tendido de tubería de PVC RD 26, 6 pulgadas de diámetro, se procede con el relleno de material producto de la excavación y con el suministro de material inerte y compactación en la línea de interconexión, durante los trabajos se construirán las cajas de válvulas, contramarcos y marcos con tapa así como las piezas especiales, posteriormente se hace la reposición del empedrado y el pavimento.



Figura 5. Colocación de tubería PVC (Fuente: elaboración propia)



Figura 6. Elaboración de soporte en tubería (Fuente: elaboración propia)



Figura 7. Relleno y compactación en zanjas (Fuente: elaboración propia)

FRENTE 3.- se encargará de ejecutar los trabajos referentes a la construcción de caseta de control de rebombeo, así como el equipamiento eléctrico, y todo lo necesario para la planta potabilizadora.

Procediendo a desmontar la bomba existente, se suministraron las válvulas de seccionamiento requeridas conforme a catálogo, un equipo de bomba centrífuga vertical y motor de 100 HP, se colocaron tuberías de columna de succión y sus piezas especiales necesarias, una vez suministrados los equipo, se procedió a realizar la instalación de los mismos, así como la instalación del tren de salida piezas como la válvula check, sistema de medición de caudal; se realizan obra civil como caseta de bombeo, andadores y rehabilitación de caminos de acceso hacia la planta.



Figura 8. Vista de planta potabilizadora (Fuente: elaboración propia)



Figura 9. Limpieza en acceso a planta potabilizadora (Fuente: elaboración propia)

Previo a iniciar los trabajos de la red de distribución se realizó una verificación en el sitio de los trabajos con las autoridades municipales, supervisión externa, y contratista, con el fin de determinar las acciones de la obra, verificando que los conceptos señalados en el catálogo de obra sean congruentes con la situación física para realizar e iniciar el trazo de las líneas de proyecto.

Para la elaboración de las especificaciones que no están contenidas en las Especificaciones Generales para la Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado que edita la CONAGUA, se tomaron como base las existentes de la CAPASEG, complementándose con las particulares necesarias. Las especificaciones contienen: definición, procedimiento de ejecución, procedimiento de prueba, unidad de medida, aproximaciones decimales y forma de pago.

CONCLUSIONES

Considerando el crecimiento demográfico, la tasa natalidad y al número de habitantes que hay en el municipio de Taxco de Alarcón y de acuerdo a las políticas públicas nacionales y estatales que marcan, todos los ciudadanos tienen derecho a gozar de infraestructura básica, en este caso de agua potable, al llevarse la ampliación de este proyecto para cubrir el gasto necesario con respecto a la demanda de los habitantes del municipio, dicha ampliación permitirá que el sistema sea operado de una manera más eficiente, impulsando con esto el crecimiento de la industria local de la ciudad y por ende, del comercio detonando con esto la economía local del municipio.

Al rehabilitar en una primera etapa el sector Cristo beneficiará alrededor de 22,587 habitantes por lo cual el proyecto es totalmente factible y sostenible, se recomienda efectuar periódicamente mantenimiento al sistema y continuar con las demás etapas de rehabilitación para tener una cobertura al 100%.

RECONOCIMIENTOS

Al grupo de investigación del PE de Ingeniero Constructor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero, por permitirme ser parte del equipo de trabajo y cultivar la LGAC *Aplicaciones de geotecnia, estructuras, recursos y procesos de construcción sustentable*, y por su apoyo durante la etapa de mi formación profesional.

REFERENCIAS

CAPASEG. (05 de 2021). *CAPASEG*. Obtenido de <http://www.capaseg.gob.mx/>

CONAGUA. (2018). *Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México.

CONAGUA, C. N. (10 de 2022). *CONAGUA*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conagua>

CONAPO. (25 de octubre de 2022). *Consejo Nacional de Población*. Obtenido de www.conapo.gob.mx

Data, G. d. (2022). *Data México*. Recuperado el 8 de 11 de 2022, de <https://datamexico.org/es/profile/geo/taxco-de-alarcon> INEGI.

(10 de NOVIEMBRE de 2022). *INEGI*. Obtenido de www.inegi.org.mx