

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA
Y DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COLONIA
MARIANITA**

JORGE ESTUARDO FUENTES VÁSQUEZ
ASESORADO POR ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

GUATEMALA, OCTUBRE DEL 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



NOMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olimpo Paíz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Christa Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA Y DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COLONIA MARIANITA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 21 de julio del 2003.

Jorge Estuardo Fuentes Vásquez

1. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA

1.2 Identificación y descripción

El municipio de Villa Nueva fue fundado el 17 de abril de 1763 y al promulgarse la constitución política del estado de Guatemala el 11 de octubre de 1925 quedó comprendida en el primer distrito correspondiente a Guatemala, posteriormente por decreto legislativo del 6 de noviembre de 1929 juntamente con Palín y Amatitlán, entraron a formar parte del distrito de Amatitlán, por decreto del 20 de octubre de 1935 se dispuso que el municipio de Villa Nueva perteneciera al departamento de Guatemala; el primer alcalde fue el recordado militar Manuel Orantes.

Cuando en 1717 el pueblo de San Miguel Petapa sufrió una severa inundación, la gente que sobrevivió, subió a una villa deshabitada, lo que provocó que una persona expresara, vámonos a una Villa Nueva, convirtiéndose en el nombre de la población, que actualmente se conoce.

El municipio de Villa Nueva cuenta con una Villa como cabecera y es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala, su municipalidad es de primera categoría, entre los servicios que dispone la población se encuentran, correos, telégrafos, telecomunicaciones, agua, alcantarillado, servicio eléctrico particular y público, servicio urbano y extra urbano de transporte, taxis rotativos, hoteles, comercios, estación de bomberos, cuerpo de policía, dos canales de televisión, puesto de salud y sanatorios.

1.2 Organización

El municipio cuenta con una villa como cabecera, y está distribuido en 17 villas, 70 colonias, 3 aldeas, 6 caseríos, 9 asentamientos, 2 parajes, 5 fincas, 3 granjas, 1 parcelamiento y una labor.

1.3 Marco geofísico

1.3.1 Situación geográfica

Villa Nueva es un municipio que pertenece al departamento de Guatemala y se encuentra a una distancia de 17 kilómetros por la carretera CA-9, tiene una elevación que oscila entre 1,300 a 1,450 metros sobre el nivel del mar.

1.3.2 Coordenadas cartesianas

Latitud 14° 31' 32'' norte

Longitud 90° 35' 15'' oeste , del meridiano de *greenwich*.

1.3.3 Colindancias

Al norte: con el municipio de Mixco y la ciudad capital

Al sur: con el municipio de Amatitlán

Al oriente: con el municipio de San Miguel Petapa y la ciudad capital

Al occidente: con los municipios de Santo Tomás Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez .

1.3.4 Extensión territorial

Cuenta con 114 kilómetros cuadrados de área total, el 64.4% se encuentra dentro de la cuenca del lago de Amatitlán.

1.4 Aspectos climatológicos

1.4.1 Temperatura y humedad

En tiempos comunes la temperatura es de 19 a 20 grados centígrados, en épocas de calor se incrementa alcanzando los 24 y 25 grados, en época de frío desciende hasta llegar a los 9 y 10 grados, promediando una temperatura anual de 20 grados centígrados y un porcentaje de humedad del 50% aproximadamente.

1.4.2 Clima

Templado

1.4.3 Precipitación pluvial

1,000 milímetros de lluvia al año

1.5 Accidentes orográficos

1.5.1 Montañas

Cruz grande, el Chifle, el Sillón, el Ventarrón, la Peña y Pueblo Viejo.

1.5.2 Cerros

Loma de trigo, Monterrico y San Rafael.

1.6 Accidentes hidrográficos

1.6.1 Ríos

Mashul, Parrameño, Platanitos, Villa Lobos y San Lucas.

1.6.2 Zanjones

Camposanto, campanero, zacatal, palín y malena.

1.6.3 Quebradas

Agua tibia, frutal, el tablón, zope, arenalito, piedras moradas, rincón del cedro, rincón del rito o agua escondida y santa catarina.

1.7 Flora y fauna

Llama del bosque, pino, ciprés, encino, guayaba, ceiba, matiliguete y otras, en el área existen algunas especies de fauna tales como la rata común, ardillas, conejos, mapaches, tacuazines, cotuzas y la mayoría de la fauna doméstica.

1.8 Uso potencial del suelo

La mayor potencialidad del suelo en el municipio de Villa Nueva es un indicativo de la producción agrícola y forestal, como se ilustra en la tabla I.

Tabla I. Uso potencial del suelo

Agrícola	Forestal	Protección
2,012.84 Has	5,765.81 Has	1,127.70 Has

Fuente: Sistema de información geográfico

1.9 Uso actual del suelo

Los centros poblados, la agricultura y los bosques forestales determinan en gran parte el uso actual del suelo, el tipo de suelo en el municipio desde el punto de vista geológico es cuaternario y con sedimentos aluviales, las áreas respectivas a cada sector se ilustran en la tabla II.

Tabla II. Uso actual del suelo

Utilización	Área en hectáreas
Centros poblados	4,239.4
Servicios y recreación	27
Agricultura	2,775.4
Hortalizas	274.5
Cafetales	1.3
Bosque secundario	55.6

Continuación

Utilización	Área en hectáreas
Matorrales	377.3
Bosque de latifoliadas	810.3
Bosque de coníferas	345.2
Lagunas	0.3

Fuente: Sistema de información geográfico

1.10 Población económicamente activa

Como en la mayor parte de los lugares de nuestra sociedad los hombres poseen un porcentaje arriba de las mujeres en el sector económico activo, como se muestra en la tabla III, además de esto la población a partir de los 7 años de edad se le considera económicamente activa, un alto porcentaje de las personas del municipio de Villa Nueva, se dedica activamente a la industria manufacturera, comercio, agricultura, construcción y transporte.

Tabla III. Población económicamente activa por género

Género	Cantidad
Hombres	43,862
Mujeres	21,391

Fuente: Instituto para el desarrollo urbano y rural sostenible

1.11 Vías de comunicación

Actualmente la administración municipal ha ejecutado varias obras de infraestructura civil, entre las cuales se encuentra la pavimentación y asfalto de varias vías de comunicación en el municipio, debido a esto se ha incrementado la cantidad de calles y avenidas asfaltadas. Villa Nueva cuenta con varias vías de comunicación a diferentes lugares, entre las cuales se encuentran, la carretera que conduce de la aldea Bárcenas hacia la Antigua Guatemala, carretera hacia el municipio de Amatitlán dirigiéndose por el campo denominado mayan golf, carretera hacia la ciudad capital por la colonia Paraíso del frutal y por la carretera CA-9, la tabla IV muestra la longitud de carreteras asfaltas, caminos vecinales, y las que son de terracería.

Tabla IV. Vías de comunicación

Vías asfaltadas	Vías de terracería	Vías vecinales
482 kms	270 kms	42 kms

Fuente: Dirección general de caminos

1.12 Aspectos sociales

En el municipio de Villa Nueva la mayor parte de la población es foránea, esto debido al crecimiento urbano que se da en los lugares cercanos a la ciudad capital, también ha crecido por la migración de personas que fueron afectadas por el terremoto que estremeció al país el 4 de febrero de 1976. En el municipio se profesan varias religiones, entre las cuales están, la católica, evangélica, mormona, testigos de Jehová, carismáticos, sabatistas y otras, pero la que predomina es la religión católica, el idioma que prevalece es el español.

1.12.1 Demografía

De acuerdo al último censo realizado en el mes de noviembre del año 2,002 por el instituto nacional de estadística, la población aumentó en un 86% en comparación con el censo más reciente y se estableció que la cantidad de habitantes es de 355,901 y la cantidad de viviendas es de 84,384, aunque otras organizaciones y la municipalidad creen que la población esta por encima del medio millón de habitantes.

1.12.1.1 Población por género

Villa Nueva actualmente tiene una población integrada por el 45% de hombres y el 55% de mujeres, esta comparación se ilustra en la tabla V.

Tabla V. Población total por género

Hombres	Mujeres	Total de la población
160,155 (45%)	195,746 (55%)	355,901 (100%)

Fuente: Instituto para el desarrollo urbano y rural sostenible

1.12.1.2 Población por grupo étnico

La mayor parte de la población es no indígena, el pequeño porcentaje de habitantes indígenas viven en las aldeas de Bárcenas y San José Villa Nueva, los porcentajes respectivos se muestran en la tabla VI.

Tabla VI. Población por grupo étnico en %

Indígena	No indígena
2.8	97.2

Fuente: Instituto para el desarrollo urbano y rural sostenible

1.12.1.3 Población por ubicación

Debido a que en los alrededores del municipio de Villa Nueva tanto en colonias como aldeas y caseríos viven una gran cantidad de personas, el porcentaje de pobladores rurales es bastante similar al porcentaje urbano, esto se muestra en la tabla VII.

Tabla VII. Población por ubicación en %

Urbana	Rural
52.7	47.3

Fuente: Instituto para el desarrollo urbano y rural sostenible

1.12.1.4 Densidad poblacional y tasa de crecimiento

En el año 1,996 se determinó que la densidad de población era de 2,760 habitantes por kilómetro cuadrado, los datos más recientes que corresponden al año 2,002 establecen que la densidad de población es de 3,122 habitantes por kilómetro cuadrado, aumentando en un 12% respecto de los datos del año de 1,996. La tasa de crecimiento poblacional se estima en un 3%.

1.13 Salud

En cuanto a servicios de salud, se muestra una situación muy precaria, ya que en este municipio no existe hospital nacional, sino que se cuenta con tres centros de salud, uno de ellos data de 1960 y cuatro sanatorios, debido a la insuficiente cobertura en materia de seguridad social, los niños que nacen poseen mayor riesgo de mortalidad puesto que no se le dan los cuidados necesarios para su bienestar; con la creación de un hospital tipo B con capacidad para atender en camas de 30 a 50 pacientes se resolvería el problema en cuanto a salud.

Actualmente se está haciendo un estudio de factibilidad para la creación de una clínica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).

Según censos realizados por el instituto nacional de estadística, el 10% de la población, generalmente se encuentra con enfermedades infectocontagiosas y de las vías respiratorias, de acuerdo a los informes del hospital regional de Amatitlán que cubre a los municipios de Villa Nueva, Villa Canales y San Miguel Petapa, el 80% del presupuesto anual es empleado en medicina curativa y el 20% en medicina preventiva, lo cual indica que un porcentaje alto de los habitantes de estos municipios, padecen de alguna enfermedad.

1.13.1 Indicadores básicos

Los indicadores básicos establecen los parámetros de sobrevivencia y mortalidad de las personas, estos datos se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. Indicadores básicos

Mortalidad bruta por 1,000 hab	Mortalidad infantil por 1,000 nacidos vivos	Mortalidad materna por 10,000 nacidos vivos	Fecundación por 1,000 mujeres en edad fértil	Esperanza de vida al nacer en años	Vacunación de niños menores de 1 año en %
4.15	44.44	27.83	91.68	71.41	99.41

Fuente: Sistema de información gerencial de salud

1.14 Educación

Uno de los fines de la educación es impulsar en el educando el conocimiento de la ciencia como medio para desarrollarse en su entorno, en el municipio de Villa Nueva según datos de censos realizados existen 100,982 hombres y 103,022 mujeres alfabetas y en contraparte existen 7,072 hombres y 18,674 mujeres que no saben leer ni escribir, de éstos últimos ninguno de ellos tiene acceso a la educación sistemática, sin embargo, saben contar, que se les hace necesario para el manejo y administración de dinero, al hacer la comparación se deduce que la mayor parte de la población al menos cuenta con educación primaria.

1.14.1 Incorporación a la primaria

La cantidad de alumnos que posee cada docente en el nivel primario es de aproximadamente 35 educandos, los establecimientos que imparten educación primaria son 137. Se determinó claramente que un alto porcentaje de la población en edad escolar, se encuentra en el nivel primario, reduciéndose el porcentaje en educación media, puesto que para los habitantes lo que más importa es la manera de subsistir, empleando su tiempo en la agricultura, artesanías y otros oficios, la tabla IX muestra la tasa de incorporación al nivel primario.

Tabla IX. Tasa de incorporación a la primaria por género en %

Hombres	Mujeres
52.92	49.35

Fuente: Ministerio de Educación

1.14.2 Escolarización

Un alto número de pobladores, cuenta con educación primaria, luego la educación media presenta un número de 52,000 estudiantes aproximadamente y un porcentaje mínimo poseen educación superior o universitaria, la tabla X muestra la tasa de escolarización.

Tabla X. Tasa de escolarización por género en %

Hombres	Mujeres
70.52	64.50

Fuente: Ministerio de Educación

1.14.3 Inscripción primaria

Alrededor de 5,724 niños son inscritos inicialmente en educación parvularia, 43,986 en el nivel primario incluyendo todos los grados, 7,602 en básicos y 1,807 en diversificado, la tasa de repitencia en el nivel primario es de 12.82% y 9.46% en hombres y mujeres respectivamente.

1.15 Servicios básicos

El municipio de Villa Nueva cuenta con los servicios básicos, los cuales pueden satisfacer las necesidades de la población, posee una oficina de correos y telégrafos la cual se inició en el año de 1949, cuenta con la cobertura de telgua y el 25% de la población tiene el servicio de telefonía, posee una estación de bomberos voluntarios que cuentan con 35 elementos y una estación de policía, existen nueve agencias bancarias, existe una compañía de transporte local siendo su recorrido Guatemala – Villa Nueva y viceversa, sirviendo también a la comunidad de San Miguel Petapa, funciona un mercado en el área urbana y algunos mercados informales, posee cuatro cementerios, uno particular y tres municipales, de los cuales uno está situado en la parte de atrás del altar mayor contiguo al convento.

1.15.1 Servicio de agua

En el año de 1948 se introduce el agua potable a la cabecera del municipio de Villa Nueva, el cual tiene una gran deficiencia en el vital líquido por no existir un buen servicio, los habitantes deben proveerse en forma individual a través de pozos, toneles y de ríos, o bien, pagando un alto costo por metro cúbico de agua a las personas particulares que la suministran, lo que incide en la precaria economía de los hogares.

Un gran porcentaje de personas se abastece por medio de la producción de los pozos que administra la municipalidad, la cual se utiliza para consumo y actividades productivas.

El agua que se provee a la población por medio de pozos tiene muy poco tratamiento, las industrias que se abastecen de agua, contribuyen a la explotación de agua subterránea; la siguiente tabla muestra el porcentaje de viviendas que cuenta con el servicio.

Tabla XI. Hogares con servicio de agua entubada en %

Sin sistema	Con sistema	No especificado
4.1	89.6	6.3

Fuente: Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM)

1.15.2 Drenajes

En el municipio de Villa Nueva una gran parte de los pobladores no cuenta con el servicio de drenaje sanitario, poseen letrinas o los denominados pozos ciegos y también fosas sépticas con su respectivo pozo de absorción, en algunas colonias cuentan con plantas de tratamiento las cuales procesan y tratan los desechos, lodos y sedimentos, para que posteriormente se pueda evacuar el agua con un menor grado de contaminación, las aguas negras que se recolectan en el municipio desfogan en el río Villalobos, en la tabla XII se muestra el porcentaje de los hogares que cuentan con el servicio antes mencionado.

Tabla XII. Hogares con drenajes y letrinas en %

Sin sistema	Con sistema	No especificado
27.27	54.55	18.18

Fuente: Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM)

1.15.3 Tren de aseo

La mayor parte de viviendas cuentan con el servicio del tren de aseo el cual es manejado y administrado por la empresa ecorecuenca, esta empresa presta el servicio para que los pobladores no tiren la basura y formen basureros clandestinos, la tabla XIII muestra el porcentaje de los hogares que cuentan con este servicio.

Tabla XIII. Hogares con servicio de tren de aseo en %

Sin tren	Con tren	No especificado
15.15	75.76	9.09

Fuente: Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM)

1.15.4 Energía eléctrica

De acuerdo a los censos realizados en los siete municipios que conforman la cuenca del lago de Amatitlán, hay 431,977 hogares que cuentan con el servicio de energía eléctrica, de los cuales 80,100 corresponden a Villa Nueva, en el municipio existe una agencia de la empresa eléctrica, en la cual se pueden realizar todo tipo de gestiones, en la tabla XIV se muestra el porcentaje de los hogares con este servicio.

Tabla XIV. Hogares con servicio de energía eléctrica en %

Sin conexión	Con conexión	No especificado
5	94	1

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

1.16 Aspectos económicos y de infraestructura

1.16.1 Actividades económicas

El municipio de Villa Nueva concentra el 12% de la industria a nivel nacional, en el ramo de la construcción los proyectos habitacionales han tomado mucho auge debido al crecimiento migratorio por la cercanía a la ciudad capital, se efectúa la explotación de arena principalmente del río Villalobos y sus afluentes, el municipio cuenta con un total de 91 industrias de diferente tipo de producción, entre las que figuran, 22 de alimentos, 6 de plástico, 1 de yeso, 5 de textiles, 38 de metalurgia, 11 de químicos y pesticidas, 8 de papel y madera, en menor escala se encuentran los cultivos de maíz, frijol y café.

1.16.2 Infraestructura básica

La actual corporación municipal ha mejorado en gran manera la infraestructura del municipio, se han ejecutado varios proyectos de pavimentación y asfalto, mejoramiento del sistema de drenajes, apoyo para la construcción de escuelas, canchas deportivas, además cuenta con la infraestructura existente como mercados, cementerios, 1 planta de tratamiento, ubicada en la colonia paraíso del frutal, 1 rastro, actualmente se realiza la remodelación del parque central, centro de salud, y el reordenamiento de las vías de tránsito.

1.17 Mapa de localización

Figura 1. Mapa de la República de Guatemala

Fuente: Luisa Serrano, Calidad del agua en el municipio de Villa Nueva pág. 72

1.18 Mapa de ubicación

Figura 2. Mapa del departamento de Guatemala

Fuente: Luisa Serrano, Calidad del agua en el municipio de Villa Nueva pág. 73

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN VILLA NUEVA

2.1 Información general

La población del municipio de Villa Nueva se abasteció de escorrentías provenientes de la parte alta de la aldea Bárcenas hasta la década de 1950 la primera fuente se llamó el nacedero, la cual se amplió según acuerdo gubernativo del 7 de septiembre de 1928 . Por tratarse de una fuente limitada, las siguientes introducciones importantes tenían como origen el agua subterránea.

En el año de 1948 se introduce el agua potable a la cabecera del municipio con su correspondiente red de distribución, construida con tuberías de hierro galvanizado, las que por la acción de la corrosión, presentan condiciones de deterioro, lo que se traduce en pérdidas importantes por las fugas directas, producto de las roturas por las condiciones descritas, especialmente en el casco urbano o zona central de la población, es importantes mencionar que el 98% de agua se distribuye por medio de pozos.

Durante la década de los sesentas se inició la explotación del agua subterránea por medio de pozos mecánicos conforme aumentaba la demanda, para la década de los noventa, la producción de los pozos bajó considerablemente hasta alcanzar la crisis actual, a lo anterior se suma la insuficiente disponibilidad de caudales para cubrir las horas con mayor consumo del día, y no contarse con suficiente volumen de almacenamiento, para satisfacer la demanda de agua de una creciente población y su actividad económica generada por unos 200 comercios y 91 industrias, por otra parte los pozos municipales y los pozos privados no generan la suficiente cantidad de agua.

Con lo anteriormente expuesto se establece que no se cuenta con la disponibilidad requerida, siendo necesario tomar decisiones y acciones encaminadas a fomentar el cuidado y ahorro de tan vital líquido, tratando de minimizar las pérdidas, y mejorando el uso del recurso.

Dado que se hace necesario reducir las pérdidas de agua, se han planteado proyectos que permitan sustituir las tuberías antiguas y dañadas en el sector más antiguo, que cubre unas 232 hectáreas aproximadamente, abastecidas por 7 pozos municipales que producen 3.53 metros cúbicos por minuto, lo cual representa la tercera parte de la disponibilidad total, con una población de 24,000 personas, 7% del total, 4,000 conexiones con una densidad de 103 personas por hectárea aproximadamente.

Para obtener la menor inversión y resultados efectivos ante los proyectos que en años anteriores se han planteado, se debe desarrollar un programa que permita mejorar la administración del servicio de agua.

A todo lo anterior se puede agregar que por la ausencia de un programa permanente del mantenimiento de los equipos electro mecánicos que funcionan en los pozos, y la sobreexplotación de los recursos, la producción de agua este disminuyendo, a tal grado que se puede estimar en un 15% o más la reducción en la producción de los mismos, al igual que la reducción de la vida útil de los equipos al funcionar con bajas eficiencias de operación.

La calidad del agua suministrada es dudosa, toda vez que no se cuenta con los correspondientes equipos de aplicación de cloro en los pozos mecánicos en operación, esta situación es preocupante puesto que se hace necesario disponer de estos equipos para garantizar la potabilización del agua en su recorrido por la red de distribución.

Se cuenta con un catastro parcial de usuarios del servicio, puesto que no se tienen los suficientes recursos humanos y financieros para realizar una inspección general en las viviendas de todas las personas que se abastecen del agua, esta situación deberá ser superada en un futuro cercano ya que en algunas colonias del municipio se ha establecido que existen una gran cantidad de conexiones ilícitas, ante esta situación se perjudica a los usuarios que están debidamente registrados ya que no obtienen la misma cantidad de agua, esta problemática se da mayormente con las personas que realizan invasiones o viven en asentamientos y que no están dispuestos a cancelar la cuota respectiva, tal es el caso que en la colonia Santa Isabel 2 que se ubica a un costado de la carretera CA-9 cuentan con medidores pero sus pobladores no permiten el ingreso del personal municipal para realizar las lecturas correspondientes.

En la colonia ubicada en la zona 12 se ha determinado a través del administrador, que la cuota que cancelan actualmente los usuarios es mínima en comparación con el buen servicio de agua que se les presta y que los costos de operación y mantenimiento no se cubren con la suma total de los cobros realizados, esto implica que el sistema no es autofinanciable y que la municipalidad tiene que apoyar económicamente ante tal situación, es conveniente mencionar que la autorización del aumento por el uso del agua en esta colonia, implicaría grandes problemas pues sus habitantes se oponen rotundamente.

En la década de los sesentas el instituto de fomento municipal desarrolló un proyecto de introducción y distribución de nuevos caudales de agua para la ciudad de Villa Nueva, que permitió mejorar el servicio de agua en esa época, en este estudio se levantó un censo de vivienda y uso habitacional que permite, al compararlo con el actual, observar que el aumento acelerado de la población y cambio en el uso de la tierra, plantea la necesidad de ejecutar proyectos orientados a cubrir los requerimientos propios de un sector que recibe la influencia de la ciudad capital en su desarrollo.

2.2 Parámetros del sistema

En el municipio de Villa Nueva la continuidad del servicio de agua potable es variable de 1 a 24 horas al día, no existe tratamiento de potabilización y la cloración es parcial, de acuerdo a la producción de los pozos se establece que esta no da abasto para la demanda actual, sin embargo, análisis hidrogeológicos indican que hay alguna disponibilidad de agua subterránea dentro del municipio, no hay mediciones ni macro ni micro, ni controles de presión en el servicio, existe un alto nivel de pérdidas en el sistema de distribución, se carece de capacidad para almacenamiento del vital líquido, el sistema de tarifas es insolvente e insostenible, además no son autofinanciables, no se sabe como fueron calculadas ni como se actualizan

2.3 Infraestructura administrativa del servicio

La infraestructura administrativa presenta una organización inadecuada, falta de coordinación, baja productividad, planta de personal sobredimensionada, los recursos informáticos y tecnológicos insuficientes, lentitud del personal en cuanto a los trámites para realizar una conexión, reconexión o autorización del servicio, mala calidad en la atención al cliente, no cuentan con un registro de usuarios confiables, no es posible asignar recursos por actividad.

2.4 Marco normativo

En el marco normativo e institucional la ley le entrega a la municipalidad la obligación de velar por la calidad y universalidad de los servicios de agua potable, sin embargo no hay normas claras ni obligatorias, prácticamente no hay fiscalización, la regulación es pobre a nivel municipal, el reglamento sobre el servicio no se encuentra actualizado y la calidad del servicio queda a la buena voluntad del operador.

2.5 Sondeo con los usuarios

Los usuarios del servicio tienen preocupación por el tema del agua puesto que con dicho servicio efectúan muchas de sus actividades diarias, muestran desconocimiento y no hay percepción de que existe un problema serio en el abastecimiento de agua, muchos se han acostumbrado a la cantidad, calidad y continuidad con que reciben el servicio aunque este sea deficitario, solamente presionan cuando las fallas en el sistema son permanentes, las personas no están de acuerdo en pagar más por el servicio actual, es conveniente mencionar que algunos pobladores compran agua en toneles con un gasto mensual que varía de Q 270.00 a Q 420.00.

Respecto a la organización comunitaria o vecinal existe poca o ninguna organización que vele por los intereses comunales, para los usuarios un servicio de calidad significa que haya agua, que esta sea limpia, que se cuente con un abastecimiento de 24 horas. Una buena parte de los habitantes manifiestan que si consideran posible que otro prestador que no sea la municipalidad pueda dar un mejor servicio debido a que los entes no gubernamentales tienen una mejor administración, tienen mas recursos para dar capacitación interna y tienen más conciencia de la importancia del cliente en los servicios.

Con respecto a la disposición de pagar por un servicio de calidad, alrededor del 55% indicó no tener una idea precisa de lo que podrían pagar, otra parte importante de usuarios indican que estarían dispuestos a pagar el doble o más de lo que actualmente, se paga por mejorar el servicio, los grandes usuarios y las personas de mayor nivel educativo son las personas que están dispuestas a pagar más.

2.6 Pérdidas de agua en el sistema

Cuando se hace mención sobre pérdidas de agua se debe referir al conjunto de factores debidos a los cuales se desperdicia el vital líquido, en el sistema actual de distribución de agua en Villa Nueva las pérdidas no solo se originan por causas físicas en las tuberías sino además se presentan otros factores entre los que se tienen, pérdidas debido a la falta de medición y estimación del agua producida, pérdidas debido al agua no controlada, esto se debe al consumo en la operación y lavado de tanques, consumos públicos, es decir agua no medida en parques, chorros públicos, consumos clandestinos por causa de las conexiones ilícitas. Pérdidas de agua debido a fugas visibles y no visibles en el sistema de abastecimiento, otro aspecto importante es el mal funcionamiento de los medidores domiciliarios y falta de control de servicios.

En las tuberías principales y secundarias debido a juntas defectuosas, corrosión en los tubos, antigüedad de las tuberías, mala calidad de materiales utilizados, en tuberías abandonadas por las que aún circula agua, en la red interna de las viviendas debido a rotura de tuberías, mal estado de accesorios y de artefactos hidráulicos o sanitarios.

Respecto a la magnitud de las fugas de agua se puede mencionar las fugas muy pequeñas, que se caracterizan por goteos en las uniones y accesorios de las tuberías, se pueden presentar en la red de distribución, en las redes de las viviendas, las fugas pequeñas que al ser integradas pueden representar altos porcentajes de pérdida de agua en un determinado sector, no representan evidencia de su origen a menos que se realice una inspección cuidadosa, las fugas grandes se evidencian a través de agua fluyendo en la calle, estas fugas son controladas rápidamente a partir del momento de su localización, entre las causas más comunes que provocan fugas se tienen la corrosión, la alta presión en algunos casos, que provoca desgaste en los accesorios.

Otra de las causas que provocan fugas son las cargas externas en tuberías enterradas, las cuales se colocan en una zanja excavada que posteriormente se rellena o bien se ponen sobre la superficie del terreno y se cubren con tierra, en cualquiera de los aspectos se impone una carga vertical a la tubería, que en algunos casos produce daños o roturas. Es importante mencionar que los materiales y accesorios para la construcción de sistemas de abastecimiento de agua en determinado momento no cumplen con la calidad establecida, esto por falta de conocimiento por parte de las personas encargadas de recibir dichos materiales, este aspecto y un bajo control sobre los instaladores de las tuberías reducen la vida útil del sistema.

Cualquiera que sea el origen de las fugas, éstas tendrán un impacto económico tanto en los usuarios del servicio, cuando las fugas se encuentren en las viviendas, como en las instituciones de abastecimiento de agua en este caso la municipalidad, con lo que se puede registrar déficit entre el volumen de agua facturado y el volumen de agua producido.

2.7 Costo de funcionamiento del sistema

El costo que se pretende utilizar para el año 2003 incluye el funcionamiento, mantenimiento, operación y ampliación del sistema, en la siguiente tabla se ilustran los costos respectivos.

Tabla XV. Costo de funcionamiento del sistema, año 2003

Materiales	Mantenimiento	Cloración	Energía eléctrica	Total
Q 240,000.00	Q 2,760,000.00	Q 324,417.14	Q 10,272,000.00	Q 13,596,417.14

Fuente: Departamento de agua potable Municipalidad de Villa Nueva

2.8 Costo de inversión

La municipalidad ha previsto un costo de inversión para que el departamento de agua potable pueda realizar diferentes obras que contribuyan al mejoramiento del sistema actual, entre las cuales pueden mencionarse perforación de pozos, introducción de energía eléctrica, equipamiento de pozos y construcción de tanques elevados, en la siguiente tabla se muestra el costo respectivo de cada etapa mencionada.

Tabla XVI. Costo de inversión año 2003

Perforación de pozos	Introducción de energía eléctrica	Equipamiento de pozos	Construcción de tanques elevados	Total
Q 1,200,000.00	Q 800,000.00	Q 850,000.00	Q 1,105,000.00	Q 3,955,000.00

Fuente: Departamento de agua potable Municipalidad de Villa Nueva

2.9 Evaluación del sistema

Para llevar a cabo el desarrollo de la apreciación del sistema actual de agua en el municipio de Villa Nueva se realizaron investigaciones de los diferentes archivos y documentos con que cuenta el departamento de agua potable, también se hicieron visitas de campo a gran parte de los pozos que abastecen del vital líquido a la población.

También contribuyeron los supervisores y encargados del mantenimiento de la red existente, los operadores, fontaneros y el asesor del departamento mencionado anteriormente.

2.9.1 Fuentes de agua disponible

Todas las fuentes con las que cuenta el municipio son pozos, con los cuales se realiza la explotación de agua subterránea, muestra de ello es que el 98% del abastecimiento se hace de la forma mencionada, solamente se cuenta con una fuente natural denominada nacimiento piedras moradas, la cual abastece de agua al parcelamiento platanitos ubicado en la aldea Bárcenas.

El crecimiento de la población de Villa Nueva en los últimos 20 años obedece al incremento de diferentes sectores en la actividad económica, esto repercute en el consumo del agua, lo cual incrementó el número de pozos de abastecimiento, los que hacen un total de 32, 30 de los cuales son municipales y 2 son privados que son administrados por la municipalidad, con una producción de 5,258 galones por minuto; es conveniente mencionar que la municipalidad cuenta con 7 pozos más que únicamente se encuentran perforados pero no están habilitados y equipados por falta de recursos financieros. Respecto a los pozos privados se encuentran en las colonias Residenciales Villa Nueva y Cerro Alto.

Se debe tomar en cuenta que algunos pozos tienen más de 20 años de servicio, cuya vida útil puede no ser conveniente para el funcionamiento óptimo. Para el casco central, son cinco los pozos que abastecen y cuya producción es aproximadamente de 1,300 galones por minuto que representa el 25% de la disponibilidad total, los nombres de los pozos son, San Miguelito, el parque, San Francisco, Santa Clara y el Tabloncito, las siguientes tablas muestran información sobre los pozos de abastecimiento.

Tabla XVII. Pozos de abastecimiento

Identificación	Profundidad (pies)	Diámetro (pulgadas)	Caudal (galones por minuto)
San Antonio	600	8	140
Paraíso del frutal	500	8	90
Los planes	600	8	115
Enriqueta I	600	8	90
Enriqueta II	1,000	8	250
Callejón Martínez	400	6	50
San Luis	500	6	80
Eterna Primavera I	650	8	58
Eterna Primavera II	713	8	82
Eterna Primavera III	1,100	8	228
Las Orquídeas	1,000	10	250
San Miguelito	600	8	150
El Tabloncito	600	8	150
Parque Central	600	8	150
Residenciales Villa Nueva	500	8	60
San Francisco I	810	10	300
San Francisco II	750	8	135
San Francisco III	800	8	200
Canaán	600	8	150
Santa Isabel 1 I	1,200	8	190
Santa Isabel 1 II	600	8	70
Santa Isabel 2 I	1,000	10	300

Continuación

Identificación	Profundidad (pies)	Diámetro (pulgadas)	Caudal (galones por minuto)
Santa Isabel 2 II	1,000	10	300
Santa Clara	1,000	10	350
Seres	600	8	150
Bárcenas I	600	8	160
Bárcenas II	800	8	200
Tierra de Promisión 2	800	8	240
San José Villa Nueva	800	8	260
Cerro Alto	600	8	80
Monte María	800	8	130
Ciudad Real	600	8	100

Fuente: Departamento de agua potable Municipalidad de Villa Nueva

Tabla XVIII. Pozos no habilitados

Identificación	Profundidad (pies)	Diámetro (pulgadas)	Caudal (galones por minuto)
Paraíso del frutal	800	8	105
Los planes	800	8	280
Marianita	500	8	215
Apsa	800	8	282

Continuación

Identificación	Profundidad (pies)	Diámetro (pulgadas)	Caudal (galones por minuto)
Santa Isabel 2, sector 3	1,000	10	300
Bárceñas, termibús	1,100	8	165
Monte María, Prados	1,100	8	225

Fuente: Departamento de agua potable Municipalidad de Villa Nueva

Tabla XIX. Información de los pozos que abastecen a la zona central

Pozo	Elevación (metros sobre el nivel del mar)	Latitud (norte)	Longitud (oeste)
San Miguelito	1,322	14°31'29''	90°34'42''
El parque	1,342	14°31'31''	90°35'18''
San Francisco	1,375	14°31'04''	90°35'37''
Santa Clara	1,433	14°32'18''	90°36'12''
El Tabloncito	1,342	14°31'32''	90°34'53''

Fuente: Departamento de agua potable Municipalidad de Villa Nueva

Además de la información que se ha mostrado en las anteriores tablas acerca de los pozos que abastecen de agua potable a todo el municipio de Villa Nueva, se puede mencionar que la potencia de los motores y bombas oscila entre 20 y 80 caballos de fuerza, siendo éstas últimas sumergibles o denominadas centrífugas, el voltaje puede ser de 230 o 440 voltios, dependiendo de la potencia de la bomba, en la siguiente tabla se muestra el tiempo de funcionamiento de los pozos que abastecen a la zona central.

Tabla XX. Tiempo de funcionamiento de los pozos que abastecen a la zona central

Pozo	Tiempo de funcionamiento en años
San Miguelito	24
El parque	19
San Francisco	21
Santa Clara	23
El tabloncito	23

Fuente: Departamento de agua potable Municipalidad de Villa Nueva

2.9.2 Operación y mantenimiento del sistema actual

Dentro de los materiales que se usan para la reparación y ampliación de la red existente se encuentran, tuberías de cloruro de polivinilo y hierro galvanizado de diferentes diámetros, accesorios, como codos, tees, abrazaderas domiciliarias, reductores, uniones, llaves de compuerta y otros, el mantenimiento comprende la limpieza de los pozos, lo cual se realiza eventualmente o cuando sea necesario, también comprende el cambio de los sistemas de bombeo cuando éstos se encuentran defectuosos, para ello se contrata a la empresa Hidrosa, todos los problemas relacionados con el sistema eléctrico, corresponden a la empresa Equival, puesto que tienen contratos anuales firmados con la municipalidad, para que puedan prestar sus servicios, la cloración de los pozos existentes es realizado por la empresa proserquímicos, es conveniente mencionar que la municipalidad tiene una deuda millonaria con la empresa que le presta el servicio eléctrico, el personal que opera los sistemas posee la experiencia obtenida en el tiempo de labores en el departamento de agua y para resolver problemas cuentan con la asesoría de los ingenieros de dicho departamento.

2.9.3 Calidad del agua

El agua juega un papel primordial en el desarrollo de los seres vivientes sobre la tierra, es la base de la vida, ejerce una gran influencia en el desarrollo del ser humano, en el municipio de Villa Nueva el agua que se brinda a la población se utiliza principalmente para consumo humano, esta a la vez sirve para cocinar, beber, y para uso doméstico, debido a esto la calidad con la que debe abastecerse a la población debe ser la mejor o al menos que no pueda causar enfermedades, para el uso mencionado anteriormente es imperativo que la calidad debe ser esencial, ya que ligeras variaciones en el contenido de alguna de las sustancias presentes puede alterar su calidad, la puede convertir en inservible y a veces altamente peligrosa para la salud.

Debido a que el agua potable que abastece a toda la población es extraída de pozos, es importante dar a conocer la definición del agua subterránea, la cual está contenida en la zona de saturación y es la única parte de toda el agua del subsuelo de la cual se puede hablar con propiedad como agua subterránea, otros términos empleados para definirla, son los de agua del subsuelo y agua profunda, pero se prefiere el de agua subterránea. La zona de saturación podría asimilarse a un gran embalse natural o sistemas de embalses cuya capacidad total es equivalente al volumen conjunto de los poros o aberturas de las rocas que se hallan llenas de agua.

El agua subterránea se encuentra en forma de un solo cuerpo continuo o también en estratos separados, el espesor de la zona de saturación varía desde unos pocos metros hasta varios cientos, los factores que determinan su espesor son tales como la geología local, la presencia de poros en las formaciones, la recarga y el movimiento o desplazamiento del agua desde las áreas de recarga hasta las de descarga.

Para una buena comprensión del agua subterránea, como recurso natural, se hace necesario conocer las condiciones estructurales del subsuelo y los diversos factores que determinan la manifestación y el movimiento del agua dentro de las formaciones geológicas.¹

La parte del agua pluvial que el terreno absorbe es importante en muchos aspectos, si se considera un caso normal, la parte de lluvia que penetra en el terreno puede subdividirse en la que absorben directamente las plantas; la que se mueve por la acción capilar hasta la superficie donde se evapora; la que fluye directamente hacia el mar a través de manantiales y canales subterráneos; la que escapa hacia la superficie de la tierra a través de manantiales o alimenta a los ríos y la que retiene la tierra.

Los principales componentes disueltos en el agua superficial y subterránea son los sulfatos, cloruros, bicarbonato de sodio y potasio, y los óxidos de calcio y magnesio.

Las aguas superficiales suelen contener también residuos domésticos e industriales, las aguas subterráneas poco profundas pueden contener grandes cantidades de compuestos como nitrógeno y cloruros, derivados de los desechos humanos y animales, generalmente las aguas de los pozos profundos en este caso el de las fuentes de abastecimiento del municipio sólo contienen minerales en disolución, casi todos los suministros de agua potable natural contienen fluoruros en cantidades variables.

Las impurezas en el agua que la vuelven insegura o de una u otra forma inservible para ser usada, son microorganismos; los cuales pueden causar enfermedades o impartir color, sabor y olor al agua; los minerales, que causan dureza y otros efectos; gases disueltos; que pueden causar acidez o alcalinidad; material suspendido, que causa turbiedad y con esto imparte color, sabor y olor a la misma.

Las fuentes subterráneas abastecen a la mayoría de las casas rurales, por lo que es importante que la fuente de agua subterránea esté lejos de las posibles fuentes de contaminación como letrinas, fosas sépticas y patios de granjas y corrales, el agua que se designa para consumo humano debe estar bien investigada y de ser necesario algún tratamiento deberá aplicarse antes de su distribución, estos tratamientos pueden ser de varios tipos y se determinan según los resultados de las pruebas bacteriológicas, físicas y químicas que se le aplican al agua.

Todo sistema de agua potable debe llevar regularmente una investigación sanitaria que consiste en:

- a) Inspección de la fuente sin tratar y las condiciones que fluyen en su calidad.
- b) Inspección de las operaciones de la planta purificadora o la construcción del pozo.
- c) Inspección del mecanismo para la distribución del líquido a los consumidores.

Las investigaciones revelan si el agua se produce en las condiciones estipuladas, puesto que estas condiciones varían, dependiendo del lugar donde se encuentra el sistema, la potabilidad del agua sólo se puede determinar por medio de las pruebas físicas, químicas y bacteriológicas de la misma.²

Como en la mayoría de los casos, el agua subterránea presenta cierto grado de contaminación, es necesario que el agua suministrada a todos los pobladores del municipio de Villa Nueva sea tratada a través de medios de desinfección y potabilización, por medio de cloración, ya sea cloro líquido, sólido, o cualquier otro elemento que evite enfermedades y brotes infecciosos; es importante mencionar que el agua tratada que recorre la red, tiene características físicas y químicas, en su mayoría, aptas para consumo humano.

2.9.3.1 Comportamientos físicos

Dentro de estos se encuentra la temperatura; a partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo que anteriormente se ha hecho a los pozos, se determinó que la temperatura promedio mínima es de 21.2 grados centígrados, y la temperatura promedio máxima de 23.2 grados centígrados, la temperatura de los pozos se mantiene dentro del rango del límite máximo aceptable por la norma coguanor, no existe un comportamiento constante de la temperatura en función del tiempo.

El color que presenta el agua en los pozos oscila en un rango de 1 a 2 unidades con excepción del pozo la Enriqueta el cual tiene un rango de color mas amplio y elevado, de 8 a 16 unidades, esto se debe a la concentración elevada del hierro en el agua puesto que este elemento de por sí, es de color café ladrillo.

El parámetro de turbiedad en los pozos de los Planes y San Francisco es menor de 0.1 UTN , en los pozos restantes oscila en un rango de 0.1 a 0.3 UTN, en el caso del pozo de la colonia Enriqueta el rango de turbiedad que se determinó es de 2.5 a 3.2 UTN este es el pozo que maneja los valores de turbiedad mas altos.

La conductividad eléctrica que presentan los pozos se encuentran en un rango de 180 a 800 microhmios por centímetro.

El parámetro del potencial de hidrógeno en los pozos está dentro del límite permisible que la norma coguanor establece de 6.5 a 8.5 unidades, sin embargo, no así el límite máximo aceptable de 7.0 a 7.5 ya que en algunos pozos se alcanzó un ph mínimo de 6.8 y 6.9 . Los sólidos totales disueltos encontrados en los pozos se encuentran en un rango de 90 a 399 miligramos por litro.

2.9.3.2 Comportamientos químicos

El parámetro de dureza total se encuentra en el rango de 100 a 360 miligramos por litro, el agua que presenta alta concentración de dureza puede ocasionar problemas a nivel industrial de incrustaciones en tuberías y equipos.

La concentración de cloro residual es nula, no se cumple con los requerimientos que indica la norma coguanor de mantener un límite máximo permisible de 1.0 miligramo por litro, o como mínimo un límite máximo aceptable de 0.5 miligramos por litro. La alcalinidad total se mantiene en un rango de 140 a 180 miligramos por litro.

La concentración de cloruro, al que la norma coguanor hace referencia, indica que el límite máximo aceptable es de 100 miligramos por litro y el límite máximo permisible es de 250 miligramos por litro, el rango en que se encuentran los pozos respecto a este parámetro es de 6 a 14 miligramos por litro, se puede ver que está dentro del límite máximo aceptable.

La concentración de fluoruro mantiene un cambio de 0.3 a 0.62 miligramos por litro; el nitrato que se encuentra en los pozos varía de 2.5 a 20 miligramos por litro, a diferencia del pozo de Monte María que se encuentra entre 25.3 a 26.7 miligramos por litro; el nitrito en la mayoría de pozos tienen valores nulos, a excepción del pozo de las Orquídeas que mantienen valores entre 0.019 a 0.020 miligramos por litro; el hierro total en los pozos varía de 0.01 a 0.35 miligramos por litro, la concentración de este parámetro en cantidades significativas ocasiona problemas de corrosión en tuberías y equipos a nivel industrial; respecto a los sulfatos se encuentra en el rango de 8 a 81 miligramos por litro, lo cual está entre los límites máximos aceptables y permisibles.

2.9.3.3 Normas sobre la calidad del agua

Para que el agua sea de buena calidad, existen reglamentos para establecer los niveles adecuados o máximos que deben tener aquellos componentes o características del agua que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua.

Actualmente, se conocen los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos mediante los cuales establecen la calidad del agua, estos a su vez, tienen valores asociados cualitativos y cuantitativos, que deben estar comprendidos entre los límites que el estudio y la experiencia ha encontrado necesario o tolerable para el consumo humano, los cuales en su mayor parte, han sido fijados por normas.

En Guatemala han sido escritas todas estas normas y son publicadas por la Comisión Guatemalteca de Normas Coguanor, y las denomina Norma Coguanor ngo 29 001 y son especificaciones para agua de consumo humano.

Existen dos valores que definen los límites máximos; límite máximo aceptable y límite máximo permisible, para las concentraciones de sales y para los datos físicos como color, olor, turbiedad, color, etc.

El límite máximo aceptable, se refiere al límite arriba del cual el valor de cualquier característica de calidad del agua indicada que pasa a ser rechazable para el consumidor, pero no implica daños a la salud.

El límite máximo permisible , se refiere al límite arriba del cual el valor de cualquier característica de calidad del agua indica que el agua no es adecuada para el consumo humano.

En cada país se tiene una norma establecida que regula la calidad del agua potable, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, sometiéndola a tratamientos de potabilización; cada norma establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano.

Debido a que el agua con la que se abastecen los pobladores de Villa Nueva no es en su totalidad apta para consumo humano, esta debe de tener un tratamiento mínimo, el cual al aplicarse debe dejar el agua en condiciones favorables de acuerdo a las normas propuestas por la comisión guatemalteca de normas, los análisis físico-químicos y examen bacteriológico, son realizados para la municipalidad por dos instituciones nacionales las cuales son, el Instituto de Fomento Municipal, y por el Laboratorio de Química del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

2.10 Diagnóstico sobre fuente existente sin explotación

Puesto que el abastecimiento de agua potable para la población del municipio de Villa Nueva es deficitario, se han realizado estudios y análisis hidrogeológicos los cuales indican que existen áreas que tienen gran disponibilidad de agua subterránea dentro del municipio, con lo cual se podría mejorar y proporcionar continuamente el servicio, mayormente en las colonias que padecen de la escasez del vital líquido.

2.10.1 Zonificación del abastecimiento

Para resolver el problema del abastecimiento de agua, eficientemente, se ha propuesto la división del área del municipio en tres zonas, clasificadas principalmente por su diferencia de altura.

En primer término se limitó el área que está localizada a mayor distancia del centro del municipio de Villa Nueva y se le denominó, zona periférica, la cual está ubicada a mayor altura sobre el nivel del mar y cuyo desarrollo urbanístico se ha llevado a cabo, en su mayoría, por medio de lotificaciones y parcelamientos particulares que cuentan con el servicio de agua en forma separada para cada proyecto.

Luego se definieron las áreas donde el servicio de agua lo proporciona principalmente la municipalidad, para lo cual se decidió utilizar una altura media que resultó ser la elevación de 1,380 metros sobre el nivel del mar que topográficamente separó en dos a la ciudad de Villa nueva, denominándose como zona alta, las áreas localizadas a mayor elevación; y por último la zona baja, la cual comprende las áreas de menor elevación de la altura media establecida.

Dentro de la zona alta quedó incluida la aldea Bárcenas, y toda el área de la aldea de San José Villa Nueva.

La zona baja presenta características especiales para iniciar en ella el posible programa de abastecimiento de agua en el municipio, pues con la construcción de un tanque de almacenamiento con la capacidad adecuada y localizado a la altura media de 1,380 metros sobre el nivel del mar, que es indispensable para contar con las presiones adecuadas y que además debe estar localizado lo mas cerca posible a la mayor fuente de agua subterránea de este municipio.

La zona baja cuenta con un área de 700 hectáreas y una población actual de 96,000 habitantes, con una proyección para el año 2,015 de 166,600 vecinos que incluye el centro de la ciudad, los circuitos identificados como Santa Clara, San Francisco, la Enriqueta, los Planes, Panorámica el Frutal, Renacimiento, San Antonio y sectores aledaños.

La recomendación media del consumo de agua potable en litros por habitante por día, de acuerdo a la Organización mundial de la salud es de 150 litros, lo cual significa que se contará con un servicio de abastecimiento continuo las 24 horas del día, lo que implicaría una demanda media de 166 litros por segundo.

2.10.2 Abastecimiento del municipio

Según datos recabados, el abastecimiento de agua para la ciudad de Villa Nueva se inició con las escorrentías provenientes de la aldea Bárcenas, posteriormente la tecnología permitió la construcción de pozos mecánicos que fueron perforándose de acuerdo con la demanda.

El deterioro del abastecimiento de agua, se debió en primer término al acelerado crecimiento de la población del municipio, al grado que a mediados de los años noventa, alcanzó el 13.1% de crecimiento, el que aunado a la drástica disminución de los caudales producidos por los pozos cuyos rendimientos, por diferentes razones, han disminuido su producción desde el 20 hasta el 30% del volumen obtenido inicialmente, lo que dio como resultado un drástico racionamiento en el abastecimiento domiciliar del agua.

La falta de agua provoca que al vaciarse las tuberías de la red, estas succionan impurezas que contaminan todo el sistema domiciliar, dando origen a las enfermedades gastrointestinales, que no podrán erradicarse, hasta que no se preste un servicio continuo, que haga que el agua fluya en un solo sentido, garantizando así su potabilidad.

A pesar de los esfuerzos realizados por la presente administración municipal, el déficit del caudal de agua al servicio se debe principalmente a las fugas directas de la red domiciliar, a la falta administrativa de la micro medición y a las captaciones o conexiones clandestinas de caudales.

2.10.3 Demanda hídrica

La demanda actual de la denominada zona baja debe satisfacer con un abastecimiento de 160 litros por segundo, proveniente de la zona hídrica del municipio, además deberán de diseñarse las conexiones a los diferentes circuitos; para el año 2,015 el municipio de Villa Nueva con la población proyectada de medio millón de habitantes y para satisfacer los 150 litros por habitante al día recomendado por la organización mundial de la salud, el sistema de agua necesitaría un abastecimiento de 800 litro por segundo, de los cuales el 36% o sea 290 litros servirían para abastecer la zona baja.

2.11 Características hidrológicas

2.11.1 Zona hídrica de Villa Nueva

Existe en el municipio de Villa Nueva un área conocida como ojo de agua, en la cual el manto acuífero de la cuenca del río Villalobos afloraba en forma natural satisfaciendo las necesidades de las fincas, el ingenio la amistad y el Frutal, hasta que en el año de 1,958 la municipalidad de Guatemala compró el derecho del caudal artesiano, más adelante empagua perforó varios pozos mecánicos alrededor del nacimiento y que actualmente extraen 880 litros por segundo.

Se estima que debido a las formaciones geológicas y la estratificación de gran parte de la cuenca del río Villalobos, las aguas subterráneas concurren a la zona del ojo de agua, donde antes emergían hasta la superficie, a través de las fracturas o en los puntos de contacto entre un estrato permeable y otro subyacente impermeable y tomando en cuenta que además el manto acuífero se localiza en un estrechamiento de la depresión que formó el antiguo lecho del lago de Amatitlán.

En un lugar en el que existe una considerable diferencia de nivel entre la meseta que se ubica la ciudad de Guatemala, el área propuesta, que también forma parte de la cuenca del sur, se considera como el lugar con las condiciones más favorables para la explotación de significativos caudales.

Las características hidrológicas más importantes de la cuenca del río Villalobos son las relacionadas con el régimen del flujo derivado de la textura y estructura de la fase sólida del medio subterráneo, de sus condiciones de continuidad y carga hidráulica a que está sometida el agua subterránea, generalmente se presentan dos tipos de estructura, la granular con porosidad y la del medio fracturado con porosidad y fisuras, en la granular el flujo es lento y laminar, en cambio en el medio fracturado el flujo es rápido y turbulento.

De acuerdo con los indicios obtenidos sobre la base de una geología superficial y del reconocimiento de algunos perfiles en el área mencionada, esta puede estar comprendida dentro de la estructura de un medio fracturado con porosidad y fisuras, que comúnmente se encuentran en las rocas volcánicas y en los sedimentos clasificados, que son un medio adecuado para una zona con una alta producción hídrica.

2.11.2 Balance hidrológico

La cuenca del río Villalobos abarca una superficie de 313 kilómetros cuadrados y recibe una precipitación promedio anual de 1,200 milímetros con lo que se pueden hacer las siguientes deducciones, a través de la tabla XXI, la cual muestra todos los factores o parámetros que influyen en el balance hidrológico y con ello poder determinar si existe disponibilidad de agua subterránea para poder explotarla racionalmente.

Tabla XXI. Balance hidrológico de la cuenca del río Villalobos

Parámetro	Volumen (m ³ /año)	Volumen (m ³ /seg)
Precipitación anual	375,600,000	11.91
Evapotranspiración	238,506,000	7.56
Explotación actual	18,706,300	0.59
Explotación para bombeo	17,165,584	0.54
Escorrentía promedio	35,761,800	1.13
Explotación en el ojo de agua	27,751,680	0.88
Volumen total en uso actual	337,891,364	10.71

Fuente: Información hidrológica INSIVUHME

De acuerdo al balance descrito anteriormente se determina que el caudal disponible de agua subterránea es de 1.20 metros cúbicos por segundo, equivalentes a 1,200 litros por segundo, con lo cual el potencial hídrico subterráneo estimado, en el área de la finca El Frutal, en la cuenca del río Villalobos puede satisfacer favorablemente las necesidades de la zona baja, puesto que en esta zona son necesarios 160 litros por segundo de suministro de agua, quedando la posibilidad de explotar, en forma racional, un caudal adicional aproximado de 500 litros por segundo para las fases subsiguientes.

Debido a la disponibilidad existente el tanque de almacenamiento se podría localizar en un área municipal en el lugar denominado Llano Alto, con una altura de 1,378 metros sobre el nivel del mar, suficientemente elevada para producir las presiones de trabajo requeridas.

2.11.3 Reserva hidrológica

Según datos obtenidos de los informes del INSIVUHME, la reserva hídrica subterránea que existe en el extremo noreste del municipio es de 1,200 litros por segundo, con lo cual, se puede satisfacer la demanda de toda la población del municipio de Villa Nueva por muchos años. Si se cuenta con un abastecimiento de agua seguro y de calidad, la plusvalía general se elevará, con los beneficios para los vecinos, sin que el uso y destino de los recursos hídricos provoque conflictos.

2.12 Obras a cargo de la municipalidad

Las obras que deberá realizar la Corporación Municipal, para llevar el agua a la red, están el tanque de almacenamiento, la línea de abastecimiento y la interconexión a los diferentes circuitos, para lo cual deberán realizarse previamente los estudios técnicos necesarios para diseñar las capacidades, especificaciones y costos de los aspectos a considerar.

El tanque tendrá capacidad de almacenamiento para cubrir cualquier emergencia y no afectar el servicio continuo.

La cota del tanque deberá garantizar que las presiones de servicio se encuentren entre en un rango permisible y adecuado.

La Municipalidad deberá disponer del área señalada para la construcción del tanque y establecer el libre paso de la línea de abastecimiento.

La línea de abasto deberá tener el diámetro adecuado para llevar el volumen proyectado.

2.13 Propuesta de la recarga natural

La recarga natural es la infiltración del agua superficial sin la intervención del hombre, ésta se puede hallar con base en los datos de precipitación y evapotranspiración, tomando en cuenta las características geológicas y topográficas de la zona a recargar, la recarga inducida consiste en crear situaciones favorables a la infiltración natural, sus métodos pueden consistir en preparar y establecer superficies, áreas y plantaciones adecuadas, o bien la sobreexplotación controlada de los puntos favorables a la infiltración, para lograr una penetración de mayor volumen de agua en el acuífero; este es uno de los métodos de recarga más antiguos que se pueden emplear en la actualidad; debido a que en el municipio de Villa Nueva el descenso de los niveles y la producción de agua en los pozos ha sido significativo, aunado a esto el crecimiento urbano y por lo tanto, áreas llenas de elementos que no colaboran con la infiltración natural, como lo son viviendas, carreteras y todo tipo de obra civil, es conveniente establecer varios lugares en lo posible, para inducir de la mejor forma la recarga natural y así poder minimizar los descensos de los niveles del agua subterránea.

2.14 Propuesta de la recarga artificial

La recarga artificial de acuíferos consiste en disponer agua superficial en balsas, surcos, zanjas o cualquier otro dispositivo, desde donde se infiltra y alcanza el acuífero, la recarga artificial requiere suelos permeables, por lo que se debe recurrir a zanjas en la zona no saturada, o bien inyectar el agua directamente en el acuífero por medio de pozos. En ocasiones, el agua que se extrae por bombeo de un pozo puede reponerse artificialmente, el reabastecimiento artificial se ha venido practicando por décadas y se halla en aumento, en esta forma se puede detener o minimizar la declinación de los niveles del agua subterránea.

Las operaciones de reabastecimiento deben llevarse a cabo de manera que aumentan la reserva del depósito de agua subterránea, pero en tales condiciones que no desmejoren la calidad de ésta, hasta el extremo de volverla inadecuada, la recarga artificial requiere que el terreno tenga zonas porosas y vacías que no se drenen rápidamente al exterior y que almacenen convenientemente el agua. La recarga artificial consiste en crear unos dispositivos especialmente diseñados para este fin, son dos los sistemas para llevar a cabo la recarga artificial; sistema de recarga en superficie y sistema de recarga en profundidad, el primer sistema puede consistir en zanjas y surcos por donde circule el agua, dichos elementos pueden seguir las curvas del nivel del terreno y tener de 0.30 a 1.80 metros de ancho, también se puede realizar por medio de balsas, hoyas o fosas, las cuales permiten almacenar el agua para dejarla infiltrar lentamente.

Los sistemas de recarga en profundidad son esencialmente los pozos verticales, este sistema tiene un mayor costo para su mantenimiento y necesita agua de mejor calidad para disminuir los problemas de colmatación, una ventaja de recarga por pozos es que la ocupación de terreno es pequeña en comparación con la recarga por extensión y ello es fundamental en los puntos donde el terreno es caro y en zonas urbanas; a través de un pozo se pueden recargar todas las capas, en ocasiones no se recargan directamente las capas que más se bombean, sino indirectamente a través de otras menos explotadas, pues con ello se logra un mayor recorrido del agua en el acuífero, evitando problemas de contaminación y logrando mayor homogeneidad.³

Debido a que en el municipio de Villa Nueva, todas las fuentes de abastecimiento han bajado su producción, la recarga artificial es una opción que se puede tomar en cuenta; para minimizar los descensos de dicha producción y en algunos casos poder realizar balsas o fosas con la misma intención.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COLONIA MARIANITA

3.1 Métodos estadísticos para estimar la población futura

3.1.1 Estudios de población y pronósticos de crecimiento

Estos estudios indican la población actual que existe en una comunidad determinada, así como la tasa de crecimiento poblacional por año y el número aproximado de personas que existirán en el futuro, y así saber cual será la densidad poblacional con la cual se calculará el proyecto, dependiendo del período de diseño.

Es indispensable conocer datos de censos realizados en años pasados, si no existiera ningún dato, es necesario realizar el censo en la población directamente.

Existen varios métodos para calcular la población futura algunos de ellos son:

- a) Método de incremento aritmético
- b) Método de incremento geométrico
- c) Método por saturación
- d) Método de incremento ponderado a ojo

Todos los métodos anteriormente mencionados se basan en poblaciones actuales y poblaciones o censos realizados en años anteriores.

3.1.2 Método de incremento aritmético

El método aritmético tiene la desventaja de que se considera un crecimiento lineal de la población y los resultados obtenidos pueden estar fuera de la realidad.

3.1.3 Método de incremento geométrico

Este método se acopla más a las poblaciones en vías de desarrollo, como en el caso de nuestro país y específicamente en el municipio de Villa Nueva, debido a que éstas poblaciones crecen a un ritmo geométrico o exponencial, con este método se obtiene un incremento que se comporta mas aproximado al crecimiento real de la población, el incremento de los habitantes con este método es constante en un factor de proporcionalidad de población con respecto al tiempo.

Es posible que la estimación de la población futura esté arriba de la realidad y como consecuencia se podría estar sobre diseñando el proyecto, la desventaja es que si la estimación está muy por encima de la realidad traerá como consecuencia una mayor inversión inicial en el proyecto.

3.1.4 Método de saturación

Para utilizar éste método, se tiene que realizar previamente un censo de la población actual, tomando en cuenta el número de lotes y el número de habitantes por lote.

3.1.5 Método de incremento ponderado a ojo

Este es un método promedio de los métodos de incremento geométrico y de incremento aritmético, se calcula con base en las estimaciones de los dos métodos anteriormente descritos.

3.1.6 Período de diseño

El período de diseño se define como el tiempo durante el cual un sistema ya sea de alcantarillado o de agua potable funcionará eficientemente. Para determinar el período de diseño real, se debe realizar un análisis económico, el cual dará como resultado un período de diseño óptimo.

El periodo de diseño recomendado por el Instituto Nacional de Fomento Municipal, es de veinte años; para este proyecto se tomará como período el dato mencionado más el tiempo para trámites, gestiones y ejecución de dicho proyecto.

3.2 Cálculo de la población futura

El método que se recomienda utilizar es el geométrico, que por sus características es el que proporciona un resultado más cercano a la realidad.

Para conocer con exactitud el número de habitantes actuales en la colonia Marianita, se realizó una visita para determinar la cantidad de casas actuales y conocer las diversas formas y perfiles del terreno puesto que es necesario conocer la topografía y establecer algunos aspectos importantes para desarrollar el diseño tanto de la línea de conducción como la línea de distribución del proyecto de agua potable, la fórmula que se utilizará para calcular la población futura se basa en la población actual.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Pf = Pa (1 + r) ^n$$

En donde:

Pf = población futura

Pa = población actual

n = período de diseño del proyecto en años

r = tasa de crecimiento poblacional para la región en estudio

3.2.1 Cálculo de la población futura para la colonia Marianita

Puesto que es necesario conocer la cantidad de habitantes que se encuentran en la colonia, para determinar la población futura se estableció que la población actual es de 1200 habitantes, con base en este dato se procede a calcular la población futura de la siguiente manera.

$$Pf = 1200 (1 + 0.03) ^{21}$$

$$Pf = 2,232 \text{ habitantes}$$

3.3 Estudio topográfico

El objeto de este estudio es proveer información y generar los datos sobre los cuales se ha de trabajar la línea de conducción y distribución, dando a conocer la configuración del terreno, lo cual servirá para el diseño del proyecto, es conveniente mencionar que la topografía de la colonia es variable puesto que tiene pendientes pronunciadas y sectores semiplanos en la zona central.

3.3.1 Planimetría

Abarca los trabajos efectuados para obtener la proyección del terreno sobre un plano horizontal, también se realiza con el fin de obtener las distancias entre una y otra estación, y para ubicación de obstáculos que requieren un tratamiento especial, así como la ubicación de viviendas, obteniendo como resultado la planta del terreno donde se desarrollará el proyecto de abastecimiento de agua.

3.3.2 Altimetría

Según sea el caso, las necesidades del proyecto y los recursos con que se cuente para llevarla a cabo, se puede realizar con niveles de precisión, o por el método taquimétrico, en el caso de acueductos, es preferible el método taquimétrico, dado que no es necesaria una nivelación muy detallada y por la rapidez con que se realiza el levantamiento.

Por medio de la altimetría se registran las variaciones en elevación, que tiene el terreno, esto es de mucha importancia en el diseño, ya que la información obtenida servirá para un mejor manejo de las presiones; es importante mencionar que el levantamiento topográfico se realizó con un teodolito digital marca sokkia dt5, con los trazos altimétricos se puede conocer el perfil del terreno.

3.4 Fuente de abastecimiento y captación

Con base en los únicos recursos hídricos de la zona, la forma de abastecer de agua a la colonia Marianita es a través de un pozo mecánico y un sistema de bombeo, dicho pozo fue perforado hace 2 años, el cual no se encuentra en funcionamiento puesto que aun no se ha equipado.

3.5 Tipo de servicio

Dependiendo del lugar que se desea abastecer de agua, los tipos de abastecimiento pueden ser.

- a) Por llenacántaros o chorros públicos.
- b) Por conexiones domiciliarias.
- c) Mixto.

3.5.1 Servicio por llenacántaros

El servicio por llenacántaros o chorros públicos permite la instalación de un grifo o unidad de llenacántaros para abastecer a no más de 5 viviendas, ubicándose generalmente en áreas de acceso público y a distancias no mayores de 100 metros entre ellos.

3.5.2 Servicio por conexión domiciliar

La conexión domiciliar se divide en.

- a) Conexión predial.
- b) Conexión intradomiciliar.

La conexión predial se hace casi solo en el área rural; consiste en colocar un grifo en un lugar visible del predio, de preferencia en el frente, para que los organismos encargados puedan supervisar el uso del agua, ya que en estos sistemas no se permite utilizar el agua para cualquier servicio, sino solamente para alimentación, aseo personal y lavado de vestimentas.

La conexión intradomiciliar es la que se utiliza en las áreas urbanas; consiste en colocar los chorros que sean necesarios dentro del predio, a este sistema si se le puede dar cualquier uso al agua; este tipo de servicio se dará en la colonia Marianita.

3.5.3 Servicio mixto

Las conexiones mixtas son sistemas compuestos por llenacántaros y conexiones prediales, los llenacántaros se colocan cerca de las zonas donde hay casas hasta donde no sube el agua.

3.6 Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada habitante, se expresa en litros por habitante por día, la dotación debe satisfacer las necesidades de consumo de todos los pobladores, para que éstos desarrollen sus actividades de la mejor forma posible.

3.6.1 Dotación según normas

Una forma de obtener la demanda de agua de una población, es eligiendo una dotación por habitante por día tomada de algunas normas para abastecimientos de agua potable, debido a que no se dispone de estudios que proporcionen normas propias para determinada zona o región de nuestro país.

Generalmente para asignar las dotaciones se utilizan los siguientes valores.

Servicio a través de llenacántaros	30 a 60 litros
Servicio de conexiones prediales	60 a 120 litros
Servicio mixto de llenacántaros y conexión predial	60 a 90 litros

Servicio de conexiones intradomiciliares	90 a 170 litros
Servicio de pozo, con bomba manual	mínimo 15 litros

Los factores que influyen en la determinación de la dotación de agua, algunos influyen en forma más directa que otros, de tal manera que la clasificación de las poblaciones puede hacerse atendiendo a los siguientes factores.

- a) Clima.
- b) Costumbres.
- c) Condiciones socio-económica.
- d) Estándar de vida.

El clima es uno de los factores que mas hace variar la dotación de agua, pues en un lugar con clima cálido es mayor el consumo que en aquellas poblaciones con clima frío.

Las costumbres son el conjunto de actividades diarias realizadas por una población, forman el carácter de un determinado lugar, unos difieren de otros; estos hacen que la dotación sea diferente para cada caso, generalmente la dotación para el medio rural es menor que para el medio urbano.⁴

Las condiciones socio-económicas se refieren a la ocupación de sus habitantes, el mayor o menor desarrollo industrial, comercial y agrícola, con lo cual hace variar la cantidad de agua consumida por cada población.

De acuerdo al consumo en un día, se estableció que la dotación está dada por 70 litros para bañarse y lavarse, 5 litros para bebida, 7 litros para preparación de alimentos, 8 litros para uso en la cocina, 40 litros para lavado en general.

Además de lo anterior, el estándar de vida de la colonia Marianita y de acuerdo a las normas del Ministerio de Salud Pública, el cual establece que la dotación intradomiciliar puede variar entre 90 y 150 litros por habitante por día, se determinó que la dotación será de 130 litros por habitante por día.

3.7 Calidad del agua

Ya que la única fuente de abastecimiento de agua en la colonia Marianita es un pozo mecánico, el cual solamente fue perforado y en la actualidad esta sellado por que no cuenta con el equipo electromecánico para su funcionamiento, debido a esto, los análisis físico-químicos y exámenes bacteriológicos no se llevarán a cabo, pero la corporación municipal pretende habilitar el pozo el siguiente año, cuando esto ocurra se deberán realizar dichos análisis y exámenes para determinar la calidad del agua, y proceder a la implantación de un sistema de desinfección si esta fuera dudosa en su composición.

3.8 Factores de variación

3.8.1 Factor de día máximo

Está definido como la relación entre el valor de consumo máximo diario registrado en un año y el consumo medio diario relativo a ese año; para el factor de día máximo se tienen los siguientes parámetros, dependiendo de la zona en la que se realizará el proyecto.

Área rural	1.2 - 1.8
Área urbana	1.2 - 2.25
Área metropolitana	2.0 - 3.0

3.8.2 Factor de hora máxima

El consumo de agua no es uniforme en todas las horas del día, por ejemplo, en la noche es casi nulo, y en el transcurrir de las horas se va modificando el valor del consumo, el número de veces que se incrementa el caudal medio diario para satisfacer la demanda se conoce como factor de hora máxima; para este factor dependiendo de la zona en la que se realizará el proyecto se tienen los siguientes parámetros.

Área rural	1.8 - 2.0
Área urbano	2.0 - 3.0
Área metropolitana	3.0 - 4.0

3.9 Caudal de diseño

3.9.1 Caudal medio diario

Es el consumo de agua promedio diario de una población, el cual se calcula multiplicando la dotación por el número de habitantes futuros.

$$Q_m = P_f * D / 86,400$$

En donde:

Q_m = caudal medio diario

P_f = población futura

D = dotación

86,400 = cantidad de segundos en un día

3.9.2 Caudal de conducción

También se le conoce con el nombre de caudal de día máximo, se utiliza para el diseño de la línea de conducción y se define como la demanda de caudal de la población en un día de mayor consumo, observado en un año; se calcula multiplicando el caudal medio diario por el factor de día máximo

$$Q_c = Q_m * F_{dm}$$

En donde:

Q_c = caudal de conducción

Q_m = caudal medio diario

F_{dm} = factor de día máximo

3.9.3 Caudal de distribución

También se le conoce con el nombre de caudal de hora máxima, se define como la demanda de caudal de la población en la hora de mayor consumo; este se utilizará para diseñar la línea de distribución, se calcula multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

$$Q_d = Q_m * F_{hm}$$

En donde:

Q_d = caudal de distribución

Q_m = caudal medio diario

F_{hm} = factor de hora máxima

3.10 Diseño hidráulico

Este se realizó con el uso de la ecuación de Hazen Williams, las cuales describen las relaciones de flujos de agua en conductos circulares a presión o conductos que fluyen llenos; la fórmula general es la siguiente.

$$H_f = \frac{1,743.8111 * L * Q^{1.85}}{D^{4.87} * C^{1.85}}$$

En donde:

- H_f = pérdida de carga por fricción, en metros columna de agua
- L = longitud de diseño, en metros
- Q = caudal de diseño en litros por segundo
- D = diámetro de la tubería en pulgadas
- C = coeficiente de rugosidad de la tubería, el cual es adimensional

3.10.1 Diseño de la línea de conducción

Se refiere a la tubería destinada a conducir el agua de la fuente o pozo, al tanque de distribución, la conducción puede realizarse de diferente forma, dependiendo de la energía que se utilice, las cuales pueden ser.

- a) Línea por gravedad.
- b) Línea por bombeo o impulsión.
- c) Línea mixta.

Por el tipo de fuente con que se cuenta, a la línea de conducción se le denominará, por bombeo o impulsión, la cual estará conformada por tubería de cloruro de polivinilo que soportará 250 libras por pulgada cuadrada.

Es necesario conocer todos los datos para poder realizar los cálculos respectivos los cuales se detallan a continuación.

Población actual = 1,200 habitantes

Población futura = 2,232 habitantes

Periodo de diseño = 21 años

Dotación a suministrar = 130 litros por habitante por día

Factor de día máximo = 1.2 (mínimo para área urbana)

Factor de hora máxima = 2 (mínimo para área urbana)

Datos de la fuente de abastecimiento (pozo), perforado por la empresa Perfopozos, S.A.

Producción 13.56 lts/seg, diámetro del pozo 8 pulgadas, nivel de bombeo o succión 70 mts, altura de impulsión entre el pozo y el tanque de almacenamiento 75 mts, longitud de la línea de conducción 433.16 metros.

Caudal medio diario

$$Q_m = 130 * 2,232 / 86,400 + 0.18 \text{ (caudal de escuela)}$$

$$Q_m = 3.54 \text{ lts/seg}$$

Caudal de día máximo

$$Q_{dm} = 3.54 * 1.2$$

$$Q_{dm} = 4.25 \text{ lts/seg}$$

Caudal de hora máxima

$$Q_{hm} = 3.54 * 2$$

$$Q_{hm} = 7.08 \text{ lts/seg}$$

Caudal de bombeo

$$Q_b = 24 / T * Q_{dm} \quad (T = \text{tiempo de bombeo en horas})$$

$$Q_b = 24 / 12 * 4.25$$

$$Q_b = 8.5 \text{ lts / seg}$$

Selección de diámetro económico

$$D_e = 1.8675 (Q_b)^{1/2}$$

$$D_e = 1.8675 (8.5)^{1/2}$$

$$D_e = 5.44''$$

Debido a que los diámetros comerciales inmediatos son de 5 y 6 pulgadas; se realizara el chequeo de velocidades con cada uno de estos diámetros; el que se encuentre en el rango de 0.6 a 3 metros por segundo será el diámetro de la línea de conducción.

$$\begin{aligned} \text{Velocidad en } 5'' &= 1.974 * Q_b / D_e^2 \\ &= 1.974 * 8.5 / 5^2 \\ &= 0.67 \text{ mts / seg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Velocidad en } 6'' &= 1.974 * 8.5 / 6^2 \\ &= 0.46 \text{ mts / seg} \end{aligned}$$

Puesto que el diámetro de 5'' cumple con mejor velocidad será la tubería de conducción

$$\text{Carga dinámica total} = H_f + V^2 / 2g + h_m + h_i + h_s$$

En donde:

H_f = carga por fricción en la tubería de conducción

$V^2 / 2g$ = carga por velocidad

h_m = pérdidas menores

h_i = carga por impulsión

h_s = carga por succión

$$\text{Carga por fricción} = \frac{1,743.8111 * 433.16 * 8.5^{1.85}}{5^{4.87} * 150^{1.85}} = 1.47 \text{ mts}$$

$$\text{Carga por velocidad} = 0.67^2 / 2 * 9.8 = 0.022 \text{ mts}$$

$$\text{Pérdidas menores} = 8.2 * 0.67^2 / 2 * 9.8 = 0.18 \text{ mts}$$

$$\text{Carga por impulsión} = 75 \text{ mts}$$

$$\text{Carga por succión} = 70 \text{ mts}$$

$$\text{Golpe de ariete} = 145 * V / (1 + (Ea * D / Et * e))^{1/2}$$

En donde:

V = velocidad

Ea = módulo de elasticidad del agua (20,670 Kg / cm²)

Et = modulo de elasticidad de la tubería pvc (28,100 Kg / cm²)

D = diámetro interno en centímetros

e = espesor del tubo en centímetros

$$Ga = 145 * 0.67 / (1 + (20,670 * 12.46 / 28,100 * 0.83))^{1/2}$$

$$Ga = 27.99 \text{ mts}$$

$$\text{Carga dinámica total} = 146.67 \text{ mts}$$

$$\text{Potencia de la bomba} = \frac{Qb * \text{carga dinámica total}}{76 * \text{eficiencia}}$$

Potencia de la bomba = $8.5 * 146.67 / 76 * 0.70 = 23.43$ HP se colocará entonces una bomba de 25 caballos de fuerza.

3.10.2 Diseño de la red de distribución

Uno de los procedimientos que con más frecuencia son utilizados para el cálculo de redes de agua potable es el método iterativo desarrollado por Hardi Cross, el cual es un método de tanteos controlados; puesto que en la actualidad existen programas de computación, el diseño de la red de distribución se realizará con el programa loop, para la aplicación de este se deben de tomar en cuenta parámetros tales como velocidad, pérdida de carga y diámetro en sus condiciones mínimas, para obtener resultados efectivos y económicamente aceptables. Inicialmente se establecen las tuberías entre nodos, con su respectiva longitud en metros, se asumen diámetros en milímetros, se coloca el coeficiente de capacidad hidráulica de la tubería, luego se determina los puntos de consumo en la red de distribución con el respectivo caudal y la elevación del terreno, después de esto se verifican las velocidades, pérdidas y presiones en el sistema, si alguno de estos parámetros no se encuentra dentro de los rangos permitidos se realiza un cambio de diámetros, hasta establecer las mejores condiciones para la red, el factor de hora máxima que se asumió en el programa es 1 puesto que anteriormente se había aplicado el correspondiente factor al caudal de hora máxima, el programa también indica la carga piezométrica en cada nodo.

La Asociación Americana de Agua ha recomendado 60 a 75 psi como intervalo deseable para las presiones; pero en zonas de topografía abrupta, en donde las diferencias en altura son grandes, no resulta práctico un intervalo tan estrecho, también menciona que la instalación domiciliaria se diseña para soportar una presión máxima de entre 100 y 125 psi, cuando la presión en las tuberías de distribución es alta es necesario instalar reguladores de presión en cada toma para evitar daños a los artefactos.

Para realizar el cálculo hidráulico de la red de distribución de la colonia Marianita se tomaron en cuenta, 53 tramos o tuberías, 51 nodos, el error o desbalance en la estimación de caudal es de 0.004 litros por segundo, la siguiente tabla muestra todos los parámetros y datos para el diseño.

Tabla XXII. Cálculo hidráulico

Tramo	De nodo	A nodo	Longitud (mts)	Diámetro (mm)	Constante Hidráulica	Caudal (lts/seg)	Velocidad (mts/seg)	Pérdida (mts)
1	1	2	11.73	31	150	0.27	0.60	0.17
2	2	3	23.73	25	150	0.10	0.31	0.13
3	2	4	21.47	25	150	0.10	0.31	0.12
4	1	5	8.78	100	150	6.81	0.94	0.07
5	5	8	29.67	100	150	5.00	0.68	0.14
6	8	9	17.14	25	150	0.10	0.31	0.09
7	8	10	30.97	100	150	4.77	0.65	0.13
8	5	6	38.86	75	150	1.68	0.42	0.10
9	6	7	31.30	25	150	0.10	0.31	0.17
10	6	11	13.42	63	150	1.41	0.49	0.06
11	11	12	16.00	25	150	0.10	0.31	0.09
12	11	10	30.65	63	150	1.31	0.44	0.11
13	10	13	111.26	75	150	6.08	1.46	2.99
14	13	14	31.38	75	150	5.98	1.44	0.82
15	14	15	21.75	75	150	5.98	1.44	0.57
16	15	16	33.16	75	150	5.98	1.44	0.87
17	16	17	24.33	75	150	2.70	0.60	0.12
18	17	18	32.24	75	150	2.70	0.60	0.17

Continuación

Tramo	De nodo	A nodo	Longitud (mts)	Diámetro (mm)	Constante Hidráulica	Caudal (lts/seg)	Velocidad (mts/seg)	Pérdida (mts)
22	21	22	34.80	31	150	0.30	0.40	0.24
23	21	23	57.40	38	150	0.80	0.62	0.70
24	24	23	62.99	38	150	0.76	0.47	0.46
25	25	24	31.80	50	150	0.86	0.53	0.21
26	16	25	72.10	75	150	3.28	0.84	0.70
27	20	26	42.75	38	150	0.83	0.76	0.76
28	26	27	33.65	25	150	0.13	0.31	0.18
29	26	28	77.66	38	150	0.70	0.54	0.73
30	28	29	31.32	31	150	0.43	0.45	0.27
31	29	30	154.20	31	150	0.43	0.45	1.34
32	31	30	39.17	31	150	0.32	0.53	0.45
33	31	32	33.00	25	150	0.10	0.31	0.18
34	23	31	88.00	31	150	0.69	0.72	1.81
35	23	33	30.00	25	150	0.10	0.31	0.16
36	25	34	74.30	50	150	1.22	0.62	0.65
37	34	35	66.91	50	150	1.02	0.51	0.42
38	35	36	45.00	38	150	0.48	0.41	0.26
39	36	37	54.65	31	150	0.31	0.40	0.37
40	25	38	38.64	63	150	1.20	0.45	0.14
41	38	39	35.00	25	150	0.13	0.31	0.19
42	38	40	35.73	50	150	0.94	0.57	0.27
43	40	41	30.00	25	150	0.17	0.35	0.20
44	40	42	36.10	25	150	0.10	0.31	0.19

Continuación

Tramo	De nodo	A nodo	Longitud (mts)	Diámetro (mm)	Constante Hidráulica	Caudal (lts/seg)	Velocidad (mts/seg)	Pérdida (mts)
45	40	43	46.10	50	150	0.57	0.35	0.14
46	43	44	32.00	25	150	0.10	0.31	0.17
47	43	45	32.17	38	150	0.37	0.41	0.19
48	50	51	34.30	25	150	0.17	0.35	0.23
49	48	50	24.58	25	150	0.17	0.35	0.27
50	48	49	35.20	25	150	0.10	0.31	0.19
51	46	48	21.54	31	150	0.27	0.42	0.16
52	46	47	33.12	25	150	0.10	0.31	0.18
53	45	46	32.17	38	150	0.37	0.41	0.19

Tabla XXIII. Presiones en los nodos

Nodo	Caudal (lts/seg)	Elevación (mts)	Piezométrica (mts)	Presión
1	7.08	157.14	168.00	10.86
2	0.07	157.16	167.83	10.67
3	0.10	157.13	167.70	10.57
4	0.10	157.19	72.00	10.53
5	0.13	156.96	93.00	10.97
6	0.17	152.95	167.82	14.87
7	0.10	152.94	167.66	14.72
8	0.13	156.56	167.79	11.23

Continuación

Nodo	Caudal (lts/seg)	Elevación (mts)	Piezométrica (mts)	Presión
9	0.10	156.60	167.69	11.09
10	0	151.98	167.65	15.67
11	0	152.86	167.77	14.91
12	0.10	151.50	167.68	16.18
13	0.10	137.16	164.66	27.50
14	0	129.13	163.84	34.71
15	0	127.28	163.27	35.99
16	0	119.92	162.40	42.48
17	0	111.48	162.28	50.80
18	0.27	104.51	162.11	57.60
19	0.50	114.68	161.27	46.59
20	0	103.02	161.88	58.86
21	0	102.12	161.74	59.62
22	0.30	102.29	161.51	59.22
23	0.77	99.60	161.04	61.44
24	0.10	101.15	161.50	60.35
25	0	102.78	161.70	58.92
26	0	105.52	161.12	55.60
27	0.13	107.49	160.94	53.45
28	0.27	115.95	160.39	44.44
29	0	124.74	160.12	35.38
30	0.75	105.89	158.78	52.89

Continuación

Nodo	Caudal (lts/seg)	Elevación (mts)	Piezométrica (mts)	Presión
31	0.27	100.38	159.23	58.85
32	0.10	99.70	159.05	59.35
33	0.10	99.52	160.88	61.36
34	0.20	106.11	161.06	54.95
35	0.54	112.05	160.64	48.59
36	0.17	119.92	168.38	40.46
37	0.31	132.65	160.01	27.36
38	0.13	102.50	161.56	59.06
39	0.13	102.53	161.37	58.84
40	0.10	102.61	161.30	58.69
41	0.17	102.60	161.09	58.49
42	0.10	102.20	161.10	58.90
43	0.10	102.10	161.15	59.05
44	0.10	102.20	160.98	58.78
45	0	102.89	160.97	58.08
46	0	102.10	160.78	58.68
47	0.10	102.05	160.61	58.56
48	0	102.00	160.62	58.62
49	0.10	101.90	160.43	58.53
50	0	101.50	160.45	58.95
51	0.17	101.35	160.22	58.87

3.11 Tanque elevado de almacenamiento

3.11.1 Definición

Los tanques elevados se emplean cuando no es posible construir un tanque superficial, por no tener en la proximidad de la zona a que servirá, una elevación natural adecuada, el tanque elevado se refiere a la estructura integral que consiste en el tanque, la torre y la tubería elevadora, los mas comunes se construyen de acero, aunque los hay también de concreto reforzado, tanto el tanque como la torre.

El tanque de distribución es la parte del abastecimiento que permite enviar gasto constante y satisfacer las demandas variables de la población, este tiene tres funciones básicas que son, cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, regular las presiones en la red de distribución, atender emergencias.

3.11.2 Descripción

En los tanques de almacenamiento abastecidos por sistemas de bombeo, se tendrá en cuenta el periodo de bombeo, periodo de diseño y las variaciones horarias de consumo, debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos, que el nivel mínimo del agua en el tanque sea suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución, la tubería de rebose debe descargar libre.

3.11.2.1 Accesorios y dispositivos

Todos los tanques deberán proveerse de los siguientes dispositivos, tubo de entrada al tanque, se colocará el tubo de salida con respecto al tubo de entrada en tal forma que haya circulación de agua en el tanque y se reduzca a un mínimo la posibilidad de cualquier desperfecto.

Debe poseer un tubo de rebose de capacidad igual a la máxima entrada, un tubo de desagüe con su correspondiente llave de paso que permita vaciar el tanque cuando este sea lavado, tendrá dispositivos para ventilación convenientemente protegidos, escaleras interiores y exteriores en caso de las dimensiones excedan 1.20 metros de alto, para facilitar la operación de las llaves y válvulas del tanque, éstas deben ubicarse en lo posible en una caja común o cámara seca.

3.11.2.2 Componentes del tanque metálico elevado

Los tanques elevados constan de cuerpo, torre y accesorios, el cuerpo está conformado por cubierta, paredes, y el fondo del tanque, las paredes y el fondo son los elementos que soportarán las presiones internas ejercidas por el agua, el fondo del tanque casi siempre tiene forma de cono invertido para soportar mayores presiones.

3.11.3 Características generales

3.11.4 Cimentación

Está constituida por cuatro zapatas aisladas cuadradas reforzadas en ambos sentidos, las cuales sirven para transmitir la carga al suelo, cuatro pedestales para unir las columnas metálicas a las zapatas, y por un cimiento corrido, el que sirve para unir entre si los cuatro pedestales de concreto.

3.11.5 Torre metálica

Los tanques elevados se apoyan sobre el terreno por medio de una torre metálica, la cual está constituida generalmente por cuatro columnas, con una ligera inclinación y una serie de elementos diseñados a compresión y tensión, las columnas tendrán una inclinación sobre el eje vertical.

3.11.6 Cilindro del tanque

Se contemplará lámina de acero con un espesor de 3/16" en el cuerpo y 1 / 8" en la tapadera, para el fondo la lámina será de ¼" de espesor, el acero tendrá una resistencia de 36,000 psi.

3.11.7 Accesorios

Es necesario que el tanque cuente con una escalera exterior tipo marineró con aros protectores, escalera interior con hierro de diámetro de 5/8", se dejara un agujero de entrada en la parte de arriba denominado manhole, contará con un respiradero de 6", niple de entrada y salida de 4", rebalse de diámetro de 4".

3.11.8 Capacidad del tanque

El volumen o capacidad del tanque esta en función del caudal de día máximo se optó por un 30 por ciento de este, con este volumen será suficiente para satisfacer alguna emergencia o demanda, es conveniente mencionar que no es posible colocar un tanque elevado más grande del propuesto puesto que el terreno destinado para este no es grande, el volumen será de 110 metros cúbicos.

3.11.9 Ubicación del tanque

El tanque elevado se colocará en la fracción 53 de la colonia Marianita este lugar se encuentra en la parte mas alta de la colonia puesto que de esta forma se contarán con las presiones necesarias en todos los puntos, el terreno destinado es de 100 metros cuadrados aproximadamente, con esta área no se tendrán problemas para la colocación del tanque.

3.11.10 Pintura anticorrosiva

3.11.10.1 Definición

Es el líquido oleoso que sirve para proteger de la herrumbre las partes metálicas del sistema, susceptibles a la oxidación.

3.11.10.2 Descripción

Es pintura de aceite, usualmente en colores rojo, negro o gris

3.11.10.3 Requisitos de aplicación

Deben pintarse todas las partes metálicas del sistema susceptibles a la oxidación, con dos manos de pintura anticorrosiva los tanques metálicos deberán ser protegidos en su interior con pintura que no contenga tóxicos, especialmente plomo, esta pintura será de base asfáltica especial para tanques de agua potable, la superficie exterior de los tanques metálicos deberá ser acabada después de las dos manos de pintura anticorrosivo, la pintura deberá aplicarse a las superficies metálicas hasta que éstas se encuentren debidamente limpias de herrumbre, polvo o grasa, asimismo la segunda mano de pintura deberá aplicarse solo hasta que la primera haya secado completamente, es decir después de 24 horas.

3.12 Estructuras complementarias

En las instalaciones hidráulicas se utilizan muchos tipos de válvulas, que se clasifican según la función que desempeñan, las dos clasificaciones principales de las válvulas para agua resultan de su función según sean aisladoras y de control.

Las válvulas aisladoras se utilizan para separar o aislar secciones de tubo, bombas y aparatos de control, del resto del sistema para su inspección y reparación, los principales tipos de válvulas aisladoras son de compuerta, émbolo, esclusa y mariposa; una válvula de control se usa normalmente para el control continuo de presiones y flujos, las válvulas de protección, globo, de alivio de aire, reguladoras de presión, de alivio de presión y de altitud se consideran por lo general como válvulas de control.

Las válvulas de compuerta son de aislamiento de mayor uso en los sistemas de distribución, principalmente por su bajo costo, disponibilidad y baja pérdida de carga cuando están abiertas totalmente, tienen un valor limitado como válvulas de control o de reducción.

Las válvulas reguladoras de presión se utilizan para reducir en forma automática las presiones; una válvula de descarga de aire permite que este escape, puesto que el aire que se acumula en los puntos altos en un tubo entorpece la circulación del agua y debe dejarse escapar a través de una válvula de desahogo de aire en ese lugar.

Las válvulas de globo suelen ser de tamaño pequeño para usos en instalaciones domésticas, el mecanismo de la válvula consiste en un disco accionado por un tornillo que se empuja hacia abajo contra un asiento circular, debido a las grandes pérdidas de carga, las válvulas de globo rara vez se usan para aislamiento, mas bien se utilizan para regular la presión en los sistemas de distribución de agua, muchas válvulas automáticas de control, como las válvulas reguladoras de presión y altura, retención y alivio, tienen cuerpos en forma de globo con diversos tipos de mecanismos de control, las válvulas también tienen la función de regular el caudal; las válvulas de retención se utilizan en las tuberías para permitir solo flujo unidireccional, estas válvulas colocadas en los tubos de succión de las bombas centrífugas se llaman válvulas de aspiración o de pié.

3.13 Sistema de tratamiento del agua potable

El cloro en forma líquida, gaseosa o de hipoclorito, es el principal producto químico para destruir las bacterias en las fuentes de agua, otros desinfectantes son el yodo, el bromo, el ozono, dióxido de cloro, la luz ultravioleta y la cal viva, para este proyecto se tiene previsto la cloración. La desinfección se aplica a aquellos procesos en los cuales microorganismos patógenos son destruidos, el propósito primario de la desinfección del agua es el de impedir la diseminación de enfermedades hídricas, la popularidad del cloro como desinfectante se debe a las razones siguientes, existe disponible como gas, líquido o en forma granular, es relativamente barato, es fácil de aplicar por cuanto es relativamente de solubilidad alta, en concentraciones que son insaboras para consumo humano deja un residual en solución, es un agente oxidante poderoso, es altamente corrosivo en solución.

El cloro ha sido usado principalmente como desinfectante para el control de microorganismos en aguas de consumo, así como para la oxidación de hierro y manganeso, para el control de olores y sabores, oxidación de sulfuros, remoción de amoníaco y color orgánico y oxidación de cianuros.

Los cuidados que se deben tener al manejar el cloro son los siguientes; puesto que es una sustancia tóxica y por lo tanto presenta un riesgo potencial para la salud si este no se usa en forma adecuada, el cloro es un agente irritante del sistema respiratorio detectado por una persona en concentraciones de 3 a 5 miligramos por litro, en altas concentraciones el cloro irrita los ojos, las membranas mucosas y la piel, provocando vómitos, picazón y otros efectos; los compuestos clorados en presencia de humedad son corrosivos de igual manera que las soluciones cloradas, por lo que deben almacenarse en depósitos plásticos o de vidrio; es conveniente mencionar que la empresa que prestará el servicio de cloración para la colonia Marianita es Proserquímicos.

3.14 Equipo de bombeo

3.14.1 Definición

Son sistemas proyectados con el objeto de elevar agua mediante un dispositivo impulsor.

3.14.2 Descripción

El equipo de bombeo consistirá, en una unidad impulsora y un motor, elementos complementarios son las tuberías de succión y descarga así como todas las válvulas del sistema de bombeo desde la succión hasta la válvula de alivio.

3.14.3 Requisitos del equipo de bombeo

El equipo deberá satisfacer como mínimo los requerimientos del proyecto, y además los siguientes; el equipo debe incluir en el caso del sistema eléctrico el tablero de control y si fuera necesario el transformador y elementos de protección auxiliar para el equipo como lo es el pararrayos, forman parte del equipo de bombeo el manómetro necesario así como una caja metálica de herramientas que contenga, brazo con trinquete extensor, dados, copas, alicates, llaves hexagonales, calibrador de válvulas; estas herramientas deberán estar de acuerdo con las medidas del equipo a instalar; la empresa que venda el equipo de bombeo deberá proveer un manual de operaciones y mantenimiento del equipo.

Conjuntamente con lo dispuesto anteriormente la empresa que venda el equipo deberá suministrar repuestos del equipo de bombeo por un valor equivalente al 5% del costo de una unidad del equipo a instalar, estos repuestos deben corresponder a aquellos elementos de mas frecuente deterioro.

3.14.4 Aspectos a considerar

El equipo de bombeo que se instale en el pozo debe cumplir los siguientes requisitos; la capacidad de la bomba y el motor deberá ser suficiente para elevar el caudal de bombeo previsto contra la carga máxima esperada, la eficiencia de la bomba en ningún caso será menos del 60%.

Para el funcionamiento y operación de los equipos de bombeo, deberá preverse como mínimo, los siguientes dispositivos; manómetro en la descarga, tubería de limpieza y aforo, válvula de retención y de paso en la línea de descarga, junta flexible en la línea de descarga, medidor de caudal, protecciones contra el golpe de ariete.

3.14.5 Selección de bomba

La bomba que se utilizará será sumergible vertical, o denominada centrífuga puesto que esta es la más común para pozos profundos, las bombas centrífugas se utilizan en pozos de más de 6 pulgadas de diámetro; las bombas verticales tienen la ventaja de que resuelve cualquier problema de bombeo con buena eficiencia, ya que no existe limitación en cuanto al número de etapas que pueda tener y se puede obtener la velocidad específica adecuada para cada uso.

3.15 Caseta de bombeo

3.15.1 Definición

Es la estructura que se construye con el objeto de alojar y proteger todo el equipo necesario para el buen funcionamiento del sistema.

3.15.2 Descripción

Se realizará una caseta de 3 metros de largo por 2 metros de ancho, con paredes de block o ladrillo en todo el perímetro, la altura promedio de piso a cielo raso será de 2.40 metros, el techo será de losa de concreto reforzado, contará con una puerta la cual tendrá una especie de rejillas para proveer suficiente ventilación e iluminación.

3.16 Presupuesto del proyecto

Dentro de un presupuesto general de cualquier proyecto, se deben considerar varios renglones que son importantes, por lo que la integración del presupuesto del presente proyecto se realizó de la siguiente forma:

- a) Materiales
- b) Mano de obra
Prestaciones del 40%
- c) Costo directo
 - Materiales
 - Mano de obra
 - Transportes y fletes
 - Imprevistos
- d) Costo indirecto
 - Supervisión
- e) Costo total

Los precios para las tuberías y accesorios fueron tomados de folletos de empresas que se dedican a la fabricación de todo tipo de sistemas para agua potable como los son amanco y durman esquivel, en la tabla XXIV se muestra el presupuesto del proyecto.

Tabla XXIV. Presupuesto del proyecto

descripción	Cantidad	unidad	precio unitario	Total
hierro # 3	15	qq	150.00	2,250.00
hierro # 2	9	qq	150.00	1,350.00
alambre de amarre	39	libras	2.50	97.50
Cemento	86	sacos	35.00	3,010.00
arena de río	6	m ³	90.00	540.00
Piedrín	8	m ³	140.00	1,120.00
Block	495	unidad	2.70	1,336.50
puerta de caseta	1	unidad	930.00	930.00
equipo de bombeo 30 hp	1	unidad	68,000.00	68,000.00
tubería de 5" pvc	71	unidad	782.00	55,522.00
tubería de 4" pvc	11	unidad	342.00	3,762.00
tubería de 3" pvc	60	unidad	206.00	13,360.00
tubería de 2 1/2" pvc	20	unidad	139.00	2,780.00
tubería de 2" pvc	27	unidad	95.00	2,565.00
tubería de 1 1/2" pvc	49	unidad	61.00	2,989.00
tubería de 1 1/4" pvc	71	unidad	47.00	3,337.00
tubería de 1"	72	unidad	35.00	2,520.00
Accesorios	1	global	7,923.50	7,923.50
Pegamento de pvc	3	galones	334.00	1002.00
válvulas en sistema	1	Global	1,954.00	1,954.00
tanque elevado 110 m ³	1	Unidad	190,500.00	190,500.00
equipo de cloración	1	Unidad	12,350.00	12,350.00
banco de transformadores	1	Unidad	48,000.00	48,000.00

Continuación

Descripción	Cantidad	Unidad	precio unitario	Total
trabajos preliminares	1	Global	1,000.00	1,000.00
Trazo	2,215	MI	2.00	4,430
excavación a mano	886	m ³	20.00	17,720.00
colocación de tubería	436	Unidad	6.00	2,616.00
colocar accesorios	40	Unidad	4.50	180.00
colocar válvulas	7	Unidad	25.00	150.00
relleno compactado	1,018	m ³	5.00	5,090
retiro de material	6	m ³	7.00	42.00
obra civil	1	Global	7,900.00	7,900.00

	En quetzales	En dólares
Costo de materiales	Q 427,198.50	\$ 54,420.19
Costo de mano de obra	Q 39,128.00	\$ 4,984.46
Prestaciones 40%	Q 15,651.20	\$ 1,993.78
Imprevistos 5%	Q 23,316.30	\$ 2,970.23
Supervisión 5%	Q 23,316.30	\$ 2,970.23
Costo total del proyecto	Q 528,610.30	\$ 67,338.89

El cambio del día que se tomó para realizar el presupuesto es de Q 7.85

El costo total de la construcción del proyecto de abastecimiento de agua potable para la colonia Marianita se estima en la cantidad de quinientos veintiocho mil seiscientos diez quetzales con treinta centavos o el equivalente a sesenta y siete mil trescientos treinta y ocho dólares con ochenta y nueve centavos; la municipalidad cubrirá los gastos del tanque, equipo de bombeo y banco de transformadores, el costo por vivienda asciende a la cantidad de Q 1110.50.

3.17 Tabla XXV. Cronograma de ejecución

No.	Actividad a desarrollar	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos preliminares	■																			
2	Trazo	■	■	■																	
3	Excavación		■	■	■	■	■	■	■												
4	Instalación de tubería			■	■	■	■	■	■	■											
5	Colocación de accesorios					■	■	■	■	■											
6	Cajas para válvulas e instalación									■	■	■	■								
7	Fundición para zapatas de tanque									■	■										
8	Instalación de torre												■	■							
9	instalación de tanque y accesorios													■	■						
10	Zapatas y cimiento para caseta														■						
12	Muros, soleras y columnas															■					
13	Fundición de losa, piso y acabados																■				
14	Instalación de equipo de bombeo																	■	■	■	■
15	Relleno compactado														■	■	■				
16	Retiro de material																		■		

3.18 Tabla XXVI. Cronograma de inversión

No.	Actividad	Costo por renglón	Tiempo de ejecución					
			mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	
1	Trabajos preliminares	Q1760.00	Q1,760.00					
2	Trazo	Q4,430.00	Q4,430.00					
3	Excavación	Q17,720.00	Q7,594.30	Q10,125.70				
4	Red de distribución	Q171,590.00	Q21,585.00	Q94,210.00	Q34,210.00	Q21,585.00		
5	Tanque elevado	Q190,500.00			Q14,950.00	Q175,550.00		
6	Obra civil	Q26,878.00			Q15,295.00	Q9,267.00	Q2,316.00	
7	Supervisión	Q23,316.00	Q4,663.20	Q4,663.20	Q4,663.20	Q4,663.20	Q4,663.20	
8	Estructuras complementarias	Q79,945.00				Q19,595.00	Q60,350.00	
9	Actividades finales	Q12,471.30						Q12,471.30
Total		Q528,610.30	Q40,032.50	Q98,873.2	Q69,118.20	Q230,660.20	Q79,800.50	
% por mes		100.00%	7.57%	18.70%	13.07%	43.64%	15.10%	

4. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

4.1 Disposiciones técnicas

4.1.1 Limpia, chapeo y destronque

Son las operaciones previas a la iniciación de los trabajos en la obra, con el objeto de eliminar toda clase de vegetación y material indeseable; también consiste en el chapeo, remoción y eliminación de toda clase de desechos que estén dentro de los límites de la obra, con el fin de realizar y facilitar los trabajos.

Este trabajo también incluye la debida preservación de la vegetación que deba conservarse, a efecto de evitar daño en la obra y a la propiedad privada; previamente se designarán los límites del área de limpieza y chapeo. Con el objeto de evitar daños a la propiedad privada, así como la degradación ecológica se deberá disponer que vegetación deberá respetarse, lo mismo que la preservación de los árboles aún estando dentro del área de los trabajos procurando que estos no sean un obstáculo, cuando de la limpia y chapeo se produzca material indeseable, se dispondrá de este en sitios adecuados, procediendo a su incineración o entierro. Cuando la alternativa sea incinerar los desechos, se deberá velar porque esta operación se efectúe en forma apropiada para evitar la propagación del fuego; se deberá tener especial cuidado en que la disposición de los desechos se haga en zonas donde no ocasionen posteriormente contaminación, es conveniente mencionar que la línea de conducción del proyecto de abastecimiento de agua de la colonia Marianita deberá ser limpiada ya que cuenta con mucha vegetación.

4.2 Materiales

4.2.1 Agua

El agua que se utilice para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados, deberá ser limpia y libre de aceites, ácidos, sales como cloruro o sulfato, material orgánico y sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero de refuerzo.

4.2.2 Cemento

Deberá ser cemento tipo Pórtland, con una resistencia mínima de 4,000 libras por pulgada cuadrada, para el almacenamiento y manejo del cemento se deberá cumplir con los siguientes requisitos.

El cemento se deberá estibar sobre tarima situada como mínimo a 20 centímetros sobre el suelo, la altura de estibamiento máximo debe ser de 1.50 metros sobre el suelo, la bodega tendrá la amplitud necesaria para poder retirar el cemento mas antiguo durante su uso y a la vez, colocar cemento nuevo sin dificultad, ningún saco de cemento deberá permanecer en la bodega por mas de un mes.

4.2.3 Agregado fino

Este material estará conformado por arena de río, que sea consistente, libre de arcilla, o cualquier otro desecho orgánico y sales minerales que afecten la calidad del concreto, de contener materia orgánica deberá lavarse o desecharse según criterio del supervisor destacado en el área.

4.2.4 Agregado grueso

Deberá de ser triturado con diámetros que oscilen entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de pulgada, o dependiendo de su utilización, y que garantice ser un material anguloso que propicie un concreto de alta resistencia, deberá ser limpio, libre de arcilla, lodo o polvo.

4.2.5 Acero de refuerzo

El acero a utilizar deberá ser corrugado con los diámetros requeridos, grado 40, legítimo, debe almacenarse por encima del nivel del terreno, sobre plataforma, largueros, bloques u otros soportes de madera o material adecuado, y ser protegido de la intemperie y ambientes corrosivos, así como de daños físicos que pudiera tener en su transporte o almacenaje; al colocarse en la obra y antes de fundirse el concreto, todo el acero de refuerzo debe estar libre de polvo, óxido, pintura, aceite, o cualquier otro material extraño, que pueda afectar la adherencia, las barras deberán amarrarse adecuadamente en todas las intersecciones, la longitud del traslape deberá ser de aproximadamente 30 veces el diámetro de la varilla y en ningún caso será menor de 30 centímetros.

4.3 Anclajes de tubería

Los anclajes son estructuras de concreto que se construyen para fijar la tubería al terreno, estas estructuras deben diseñarse y construirse para absorber las reacciones que se producen en la tubería en los cambios de dirección, tanto verticales como horizontales, así como mantenerla fija, los anclajes serán construidos de concreto de resistencia 210 kilogramos por centímetro cuadrado, las dimensiones y su ubicación quedará a consideración del supervisor del proyecto, cuando se realice la instalación de la tubería en el terreno.

4.4 Tuberías y accesorios de pvc

Bajo esta denominación deben entenderse los tubos de cloruro de polivinilo, igualmente serán incluidos los accesorios (tees, codos, reductores, uniones, etc.) que sean necesarios y que deben satisfacer las normas, los accesorios serán de la misma clase, para una presión mínima de 250 libras por pulgada cuadrada, para tubos de diámetro mayor a 1 pulgada, y 315 libras por pulgada cuadrada para diámetros menores, para la instalación de tubería pvc, cualquiera que sea el método usado para el zanjeo, deberá tenerse cuidado de separar el suelo vegetal del material que más tarde se usará para rellenar la zanja, antes de la colocación de la tubería, el fondo de la zanja deberá emparejarse cuidadosamente, para que el tubo quede firmemente apoyado en toda su longitud, se evitará que quede desigualmente soportada y en contacto con piedras, terrones, ripio.

4.4.1 Manipulación y transporte

La tubería se manipulará a mano cuidadosamente sin golpearla, por tubos individuales o varios tubos según el diámetro, esta operación requiere un mínimo de personas para evitar que se doblen al ser transportados en vehículo; debe ir completamente fija, amarrada con lazos, nunca con alambres o elementos cortantes, filosos o desgastantes, la tubería y accesorios no se deben asolear excesivamente.

4.4.2 Almacenamiento

Se debe colocar sobre superficies suaves, sin filos ni punzantes, bajo techo, a temperaturas normales lejos de sustancias o vapores de ácidos.

4.4.3 Instalación

La tubería de pvc se puede cortar con serrucho o sierra fácilmente; antes de aplicar el cemento suavemente se debe quitar toda clase de suciedad que se encuentra en la parte donde se va a aplicar, tanto en la superficie exterior del tubo como en la parte interior del accesorio, el cemento debe ser aplicado en una capa delgada y uniforme, puede usarse cepillo o brocha, se debe hacer rápidamente ya que el cemento seca en poco tiempo, no se debe exagerar el uso del solvente sino solo darle un revestimiento a las dos piezas, seguidamente de aplicar el cemento, se inserta el tubo en el accesorio presionando y sosteniéndolo durante 30 segundos, la inserción debe hacerse recta, sin ninguna torcedura, debe quitarse el cemento que sobra, debe tenerse cuidado de no golpear las partes conectadas, es preferible no usar agua dentro del tubo por lo menos durante 24 horas, después de efectuada la conexión; la profundidad recomendable en jardines, patios, solares o campos es de 30 centímetros, en carreteras donde no pasan vehículos pesados 80 centímetros, en lugares por donde pasan camiones con mas de 5 toneladas 100 centímetros.

4.5 Mantenimiento del sistema de agua y saneamiento básico

4.5.1 Mantenimiento preventivo

Es la acción de protección de las partes de un sistema de agua potable, con la finalidad de evitar daños, disminuir los efectos dañinos, y asegurar la continuidad del servicio; cada cierto tiempo se debe limpiar la caseta de controles, revisar las conexiones eléctricas del bombeo, tableros de control, sistemas de protección y repararlos si fuera necesario; cada día se debe revisar si se está aplicando la dosificación adecuada de cloro, verificar si no existen fugas de cloro en las conexiones dentro de la caseta, cada mes se debe revisar la existencia de cloro para los meses siguientes.

Cada tres meses se debe revisar la estructura del tanque de distribución, válvulas, así como lavar el interior del tanque, cada mes se debe hacer un recorrido a las líneas de conducción y distribución para revisar y verificar la limpieza del caminamiento y si hay roturas o fugas.

4.5.2 Mantenimiento correctivo

Es la acción de reparación de daños y desperfectos, de las partes que constituyen un sistema de agua potable, los que pueden suceder por accidentes naturales, deterioro, desgaste o por otra causa similar.

4.5.3 Educación sanitaria

Dentro del esquema de desarrollo de un proyecto de este tipo, juega un papel de suma importancia la actitud que asume el usuario ante el aprovechamiento de las ventajas y beneficios de gozar del servicio de agua potable. Es en este sentido que el control sobre el buen uso del vital líquido se traduce en una disponibilidad del mismo las 24 horas del día, lo cual permite garantizar un desarrollo en las distintas actividades que generan los habitantes de una comunidad; dado que el principal objetivo de disponer de agua sanitariamente segura, significa garantizar la salud de la población, el uso racional e inteligente de este recurso obliga a proporcionar a los usuarios la capacidad de reconocer la importancia de este servicio, lo que implica establecer programas de educación que permitan aprovechar las ventajas sanitarias del mismo, aspectos tales como el uso adecuado, evitando desperdicios; un higiénico manipuleo y control de fugas internas en la vivienda, entre otras. Para la educación y participación de la comunidad el objetivo es crear una cultura del agua y lograr la concientización de la población acerca de la importancia del agua.

4.6 Operación y mantenimiento

Como en la mayoría de los casos, la municipalidad de Villa Nueva a través de fontaneros, empresas que prestan el servicio de cloración, control del sistema eléctrico y equipos de bombeo, proporcionarán el mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento de agua potable en la colonia Marianita; las personas encargadas deberán velar por el buen funcionamiento de todos los componentes, tanto de la línea de conducción como de distribución; para cualquier problema que suceda en la red general, los fontaneros contarán con la asesoría de los ingenieros del departamento de agua potable del municipio.

4.7 Sistema tarifario

Para determinar la tarifa se debe tomar en cuenta el costo de la energía eléctrica y el costo de mantenimiento y operación.

Costo del kilovatio	=	Q0.40
Horas de bombeo	=	12
Potencia de la bomba	=	25 HP

$$\begin{aligned}\text{Kilovatios de electricidad mensual} &= 0.746 \times \text{potencia} \times \text{horas de bombeo} \times 30 \text{ días} \\ &= 0.746 \times 25 \times 12 \times 30 = 6,714 \text{ kilovatios}\end{aligned}$$

$$\text{Costo de energía eléctrica mensual} = 6,714 \times 0.40 = \text{Q } 2,685.6$$

$$\text{Salario del operario} = \text{Q } 1,350.00$$

$$\text{Mantenimiento correctivo} = \text{Q } 1,000.00$$

$$\text{Costo total} = \text{Q } 5,035.6$$

$$\text{Cuota por vivienda} = \text{Q } 5,035.6 / 200 \text{ casas} = \text{Q } 25.18$$

5. DESCENTRALIZACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

5.1 Antecedentes

En Guatemala el tema de la descentralización se abrió curso con la promulgación de la constitución política de 1985 en la que se definió el funcionamiento de la administración pública como regionalizada y descentralizada, no obstante los esfuerzos que se han realizado hasta la fecha han sido fallidos por la ausencia de una visión de largo plazo y se han presentado cuestionamientos debido al mal manejo de los fondos, que se le brindan a las municipalidades.

Los problemas de gobernabilidad que se han creado en los últimos años se han incrementado, prueba de ello es que aproximadamente el 15% de todas las municipalidades han sido tomadas por la población, la mayoría de las quejas giraban alrededor del uso de las transferencias gubernamentales, por otra parte el 65% de las corporaciones municipales estaban siendo cuestionadas judicialmente por incumplimiento de sus deberes, además 55% de todos los alcaldes han sido acusados de incorrecciones particularmente en relación a los fondos que se reciben del gobierno, mas todavía 235 funcionarios municipales, alcaldes, tesoreros, secretarios, y otros han sido llevados a corte y el 4% de ellos han sido amenazados de muerte, atacados y forzados a esconderse por temor a la venganza de los vecinos. Todas las indagaciones que se han hecho respecto al uso que dan las municipalidades del aporte constitucional, apuntan a que la mayoría de las inversiones se orienten hacia infraestructura y que gran parte de éstas se dirigen hacia el área urbana del municipio.

Esta inclinación relega el área rural donde se concentra la mayoría de la población y crea una nueva centralización que se sitúa alrededor de los residentes urbanos y notables que casi siempre viven en las cabeceras municipales que son las beneficiarias de estas inversiones, debido a esto es necesario considerar la privatización de algunos servicios prestados por las entidades gubernamentales para que puedan prestar el servicio a más sectores con mayor eficiencia y equidad.

5.2 Privatización

Privatización es un término nuevo que está entrando rápidamente en el vocabulario popular, a pesar de su difícil pronunciación. La palabra privatizar apareció por primera vez a inicios de los años ochenta y se define de las siguientes maneras.

- a) Venta al sector privado de activos pertenecientes al estado.
- b) Todo cambio de lo público a lo privado en la producción de bienes y servicios.
- c) Convertir en privado, especialmente traspasar una empresa o industria del control de la propiedad pública a la privada

Pero el término ya ha adquirido un significado más amplio, ha llegado a simbolizar una nueva forma de contemplar las necesidades de la sociedad y el replanteamiento del papel del gobierno para poder prestar los servicios públicos.

La privatización pretende e implica confiar más en las instituciones privadas de la sociedad y menos en el gobierno para satisfacer las necesidades de la gente, la privatización es el acto de reducir el papel del gobierno, o aumentar la función del sector privado, en una actividad o en la propiedad de los bienes, uno de los principales problemas a los que se enfrenta la sociedad actual es el papel que tiene el gobierno ante el deterioro en la calidad de los servicios, incrementos presupuestarios insostenibles, economías inflacionarias, insolvencias estatales y otros problemas o irregularidades.

5.2.1 Fuerzas a favor de la privatización

Hay varias fuerzas, importantes tras el movimiento de privatización; pragmática, ideológica, comercial y populista, el objetivo de los pragmáticos es un mejor gobierno, en el sentido de una mayor eficiencia, el objetivo de quienes enfocan el problema ideológicamente es un gobierno mas restringido, que desempeñe una función menor en comparación con las instituciones privadas, la meta de los intereses comerciales consiste en aumentar las transacciones mediante un mayor gasto gubernamental redirigido hacia ellos, y el objetivo de los populistas es lograr una sociedad mejor otorgándoles más poder al pueblo para satisfacer sus necesidades comunes y limitar a la vez el de las grandes burocracias públicas y privadas.

Cuando los gobiernos enfrentan una grave tensión fiscal, es decir, cuando el costo de las actividades gubernamentales aumenta pero también aumenta la resistencia de la gente a pagar impuestos más altos, los funcionarios públicos buscan cualquier solución prometedora para sus aprietos, normalmente, el primer recurso consiste en una contabilidad creativa que enmascare la magnitud de las entradas, contrarias a los gastos, el segundo recurso es pedir prestado para salvar los obstáculos, pero los prestamistas no están dispuestos a apoyar empresas gubernamentales antieconómicas, particularmente en los países en desarrollo; la privatización constituye un enfoque estratégico para aumentar la productividad y por este medio dar a la gente más por su dinero; la privatización ejercida adecuadamente, propicia un gran desarrollo en la eficiencia, al mismo tiempo que mejora o por lo menos preserva el nivel y la calidad de los servicios públicos, por esta razón, los funcionarios públicos conscientes de los problemas económicos, presionados por los grupos a favor de un buen gobierno y otros que defienden la privatización, están contemplando a esta última como un importante instrumento para lograr una mejor administración pública y como la clave de un gobierno más eficiente.

La función del gobierno difiere según las distintas sociedades, e incluso dentro de la misma sociedad cambia con el tiempo, aumentando y decreciendo a través de las décadas, por definición el gobierno posee un fuerte efecto sobre la economía y ello significa que las decisiones que la afectan se tomen sobre bases políticas en lugar de económicas; en consecuencia un gobierno grande, al contrario de uno limitado, gradualmente empobrecerá más a la sociedad de lo que sucedería de otro modo, es por eso que las personas a favor de las fuerzas ideológicas pretenden la reducción de la función del gobierno y expandir el sector privado.

Otro apoyo a favor de la privatización proviene de los intereses comerciales, el razonamiento es claro, el gobierno gasta mucho dinero en salarios para sus empleados, gran parte del trabajo realizado por estos consiste en actividades comerciales de rutina que no son en modo alguno, exclusivas del gobierno, como mantenimiento de edificios, vehículos, recolección de basura y reparación de calles, los grupos empresariales defienden una mayor privatización de estas actividades domésticas y apoyan una legislación que prohíba tomar empleados gubernamentales para realizar obras que puedan llevar a cabo las empresas privadas.

La presión comercial apoya la privatización porque ven excelentes perspectivas para industrias o bienes del estado si estos fueran vendidos o integrados al sector privado, ven el potencial de una innovación, mientras que predicen el continuo estancamiento y una ineficiencia creciente si la empresa queda estática en el sector público, este razonamiento se aplica al orden total de las empresas estatales.

La fuerza populista está en contra de un gobierno y un sector empresarial de grandes dimensiones, los dos elementos de la posición populista son que el pueblo debe tener mayores opciones que las actuales en los servicios públicos y que debe tener el poder de definir sus necesidades comunes y afrontarlas sin confiar en la burocracia.

Los populistas desean confiar a un grado mucho mayor, en la familia, el vecindario, la iglesia y las asociaciones étnicas y voluntarias, además estos partidarios respaldan a la privatización porque aumenta las opciones y brinda la oportunidad de fortalecer las instituciones tradicionales y vigorizar el sentido local de comunidad.

5.3 Factores en la privatización

Los tres criterios o factores fundamentales para la implementación de un servicio son la eficiencia, la eficacia y la equidad; una de las determinantes mas fundamentales de la eficiencia y la eficacia de cualquier sistema es la competitividad, es decir, el grado de competitividad que permite un sistema determinará, en mayor medida, con que eficiencia se prestará el servicio, la competencia significa que el consumidor posee opciones, y las opciones de los ciudadanos constituyen un principio para las sociedades democráticas.

Siempre que existan suficientes productores para elegir, los sistemas de mercado, son los mas aptos para fomentar la competitividad y lograr así la eficiencia económica; en contraste con el sector privado los servicios gubernamentales operan como monopolios sin rivales; se debe recordar también que la equidad o igualdad consiste en la justicia de la asignación o distribución del servicio.

5.4 Sistemas de contratación

Los sistemas de contratación para suministrar el servicio de agua pueden ser varios los cuales difieren en la cantidad de activos que correspondan al sector público en alguna manera o al sector privado en su totalidad; los más conocidos son contrato de servicios, contrato de administración, arriendo, concesión y la venta completa de la propiedad de los activos.

Debido a que los entes gubernamentales en este caso las municipalidades cuentan con una estructura organizacional inadecuada, problemas de coordinación, baja productividad, planta de personal sobredimensionada en algunos sectores, recursos informáticos y tecnológicos insuficientes, además de esto se suma la inestabilidad política, inversiones limitadas, dependencia de transferencias del estado, existe mal servicio y corrupción; debido a esto es necesario acudir y considerar algún sistema de contratación en el sector privado que pueda mejorar y descentralizar el servicio.

Puesto que en general, la privatización permite aumentar la eficiencia de las empresas que antes estaban en manos del sector público, la opción de contratar a alguna empresa podría ser factible, para esto es frecuente que el gobierno retenga un porcentaje de control para poder bloquear ciertas actividades que perjudiquen a la sociedad benefactora, en el caso de que se privaticen empresas de servicios públicos se suele reglamentar la política de precios a seguir para evitar que la empresa actúe en contra del interés público, en la siguiente tabla se muestra la asignación de responsabilidades de acuerdo a las diferentes alternativas.

Tabla XXVII. Alternativas de contratación

Alternativa	Propiedad de los activos	Operación y mantenimiento	Inversión en capital	Riesgo comercial	Duración (años)
Contrato de servicios	Público	Público y privado	Público	Público	1 - 2
Contrato de administración	Público	Privado	Público	Público	3 - 5
Arriendo	Público	Privado	Público	Compartido	8 - 15
Concesión	Público	Privado	Privado	Privado	25 - 30
Venta	Privado	Privado	Privado	Privado	Indefinido

Fuente: Estudio realizado por la empresa Roche

5.4.1 ¿Cómo privatizar?

Se pueden seguir para este propósito, cuatro estrategias generales interrelacionadas y que se apoyan mutuamente.

- 1) El gobierno debe alentar al mercado y a las organizaciones para crear un ambiente en el que la proposición de la privatización sea alentadora y con perspectivas a largo plazo, a través de un traspaso de cargas, con el retiro parcial o completo del gobierno de una actividad, el traspaso de cargas puede llevarse a cabo mediante la desincorporación o desnacionalización de las empresas estatales.
- 2) Cuando la injerencia permanente del gobierno resulta necesaria, debe reducirse su papel mediante una devolución, es decir, mediante un uso mayor del sector privado a través de contratos de servicio, arriendos, concesiones o la venta completa.
- 3) Deben cobrarse recargos al usuario siempre que sea posible para hacer más evidente el verdadero costo de los servicios gubernamentales y estimular, de esta manera, el interés por sistemas alternativos.
- 4) Debe introducirse y promoverse la competencia siempre que sea posible, y hay que disolver los monopolios gubernamentales, la anulación de reglamentos constituye un útil instrumento para lograrlo.

Se necesitan tácticas progresivas a largo plazo para implementar una estrategia de privatización, con actividades de investigación y relaciones públicas que presionen a su favor, reformas impositivas que la fomenten y leyes que le abran espacios.

Para privatizar se debe preparar un plan maestro de inversiones que garantice el buen funcionamiento de los servicios que se desean prestar, en este caso el abastecimiento de agua potable, también se deben fijar criterios de ajustes de tarifas para no perjudicar a los usuarios, realizar auditorias en la institución municipal para conocer el ambiente económico y conocer las condiciones en las que se encuentra dicha institución, estas serán del tipo técnico y financiero; también establecer normas que puedan formar un marco regulatorio.

Las inversiones que se deben realizar estarán enfocadas para normalizar e incrementar sectores urbanos y rurales sin el servicio, para los sectores con extrema pobreza se podrá brindar un subsidio; los pasos a seguir para la descentralización será primeramente la creación de la empresa de agua potable separando así este departamento de la institución municipal, luego realizar la contratación de servicios a través de un concesionamiento o la venta parcial o total de los activos, luego establecer objetivos a corto, mediano y largo plazo que puedan satisfacer de la mejor forma las necesidades de la población, se establecerán contratos con los consumidores, de acuerdo a tarifas justas y equitativas que sean autofinanciables y puedan servir para la operación y mantenimiento del sistema, es necesario también que exista un ente normativo.

5.4.2 Decisión de contratar

La decisión de hacer contratos no es, en ningún sentido, una admisión de fracaso o una renuncia a las responsabilidades gubernamentales, aunque existan personas que puedan tratar de bloquearla afirmando que es así, la experiencia con la recolección de desperdicios o desechos sólidos resulta un buen ejemplo de contratación en el municipio de Villa Nueva, pues la contratación y otras formas de privatización están muy avanzadas y se están extendiendo, ello no significa que el gobierno abandone su participación en los servicios, pero cada vez en mayor medida.

Los gobiernos acuden al sector privado para que estos presten los distintos servicios, es conveniente mencionar que el sector público debe conservar su responsabilidad y ejercerla de una mejor manera al buscar las capacidades especializadas del sector privado y sacar provecho de sus fuerzas, con el fin de que una unidad del gobierno adopte e implemente la privatización mediante contratos, existen condiciones que deben ser satisfechas en términos generales.

La unidad gubernamental tiene serios problemas fiscales; se pueden obtener importantes ahorros económicos con la contratación, sin disminuir la calidad o el nivel del servicio; la contratación es viable políticamente, en términos del poder de la gente relacionada con el servicio, es decir los empleados y otros beneficiarios afectados; algún suceso precipitante hace imposible continuar con las condiciones existentes, desfavorables en la mayoría de los casos.

La decisión de contratar por parte del gobierno y recurrir a la privatización se debe a que ésta es la mejor opción en oposición a la recaudación de impuestos u obtención de algún préstamo, para edificar instalaciones o comprar el equipo necesario para continuar con el servicio oficial.

5.5 Singularidad del servicio de agua

Existen algunos aspectos que muestran la singularidad del servicio.

- 1) El uso del agua tiene un impacto sanitario y ambiental sustantivo e importante.
- 2) La disponibilidad y calidad del agua varía de un lugar a otro y dentro de la misma localidad.
- 3) La vida útil de los activos es muy larga.
- 4) La tecnología cambia.

5.6 Factores a considerar

Existen factores que son indispensables y que se deben considerar para crear un ambiente propicio en el manejo de los activos por parte de la entidad o empresa privada que se haga cargo de la prestación del servicio de agua si este fuera privatizado; el punto de partida debe ser la separación del departamento de agua potable de la administración municipal; crear una entidad prestadora de los servicios con cuentas y presupuestos independientes; establecer responsabilidades bien definidas, a personas con capacidades y atributos acordes al cargo, realizar gestiones independientes y evaluaciones periódicamente.

5.7 ¿Qué hay que garantizar?

Se debe verificar la eficiencia en las operaciones de la empresa, intensificar con capacitaciones al personal, conceder la subcontratación de actividades, se debe invertir en tecnología de la información, adquirir sistemas adecuados de medición, los costos que se efectúen deben establecerse dentro del mercado a través de cotizaciones y licitaciones en la cual debe haber transparencia en la información, interviniendo, clientes, empresa y la autoridad correspondiente.

5.8 Marco de operación

Se establecerá un marco de operación claro y eficiente para esto se deben considerar tarifas que garanticen autofinanciamiento, supervisar el cumplimiento del plan maestro de inversión que satisfaga la demanda futura, supervisar la aplicación de normativas de construcción y operación, enfatizar la adecuada atención a los clientes, focalizar los subsidios a los sectores con mas carencias.

5.9 Participación privada

5.9.1 ¿Porqué incorporar capital privado?

Para incorporar nuevas tecnologías y experiencia técnica y administrativa al sector existente, para mejorar la eficiencia económica, tanto operacional como de inversión, también permitir importantes inversiones de capital, para focalizar y expandir los recursos hacia los sectores con problemas en el servicio y aislar el sistema de la administración política de turno, haciéndolo mas receptivo de las necesidades reales de sus clientes.

5.10 Posibles preocupaciones

La privatización de una función gubernamental existente no es asunto sencillo, deben resolverse las inquietudes de los proveedores y beneficiarios actuales y disipar todo temor infundado, hay que aplacar o persuadir a los opositores del cambio, ganar adeptos y crear coaliciones que apoyen la transformación, cada paso hacia la privatización es objeto de importantes problemas, la imposición de recargos al usuario, que a menudo es la primera medida, está cargada de obstáculos políticos por los efectos económicos entre los beneficiarios. Una de las mayores preocupaciones podría ser la aceptación de los involucrados como los trabajadores, sindicatos, clientes y políticos; cuando se promueve la privatización se establece un clima de incertidumbre por un alza de precios en los servicios que se prestarán.