



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química**

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA PARA
DETERMINAR LA CALIDAD DE LOS ABASTECIMIENTOS DE
AGUA POTABLE DE LA NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA
ZONA MEDIA URBANA DEL MUNICIPIO DE
QUETZALTENANGO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE
CLORACIÓN.**

Edwin Ottoniel Sac Escobar

Asesorado por Ing. Msc. Erwin Manuel Ortiz Castillo

Guatemala, Noviembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 03 de noviembre de 2005.

Ing. Federico Salazar..
Director de la Escuela de
Ingeniería Química.
Facultad de Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Ciudad Universitaria.
Zona 12.

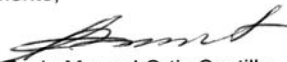
Estimado Ing. Salazar.

Por este medio comunico a Ud., que he asesorado y supervisado el trabajo de graduación titulado: EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE DE LA NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA MEDIA URBANA DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CLORACIÓN, del estudiante Universitario Edwin Ottoniel Sac Escobar con número de carne 8210608.

En mi calidad de asesor, procedí a supervisar el trabajo de protocolo, a supervisar el desarrollo del mismo y a revisar el informe final que resume lo efectuado por Edwin Ottoniel Sac Escobar y llego a concluir que es una información útil e importante para el Municipio de Quetzaltenango. Por lo que dejo constancia de mi aprobación para su impresión y posterior divulgación.

Agradezco a la Corporación Municipal del Municipio de Quetzaltenango por la oportunidad de desarrollar este trabajo de graduación.

En espera de que ustedes queden igualmente satisfechos con el presente trabajo, me suscribo atentamente,


Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo.
Msc. Ing. Sanitaria.
ASESOR.

cc. archivo.

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 10 de noviembre de 2,005

Ingeniero
Federico Salazar Rodríguez
Director Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Salazar.

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de Graduación titulado: "EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE DE LA NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA MEDIA URBANA DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CLORACIÓN" desarrollado por el estudiante Edwin Ottoniel Sac Escobar, después de haber realizado la revisión del trabajo de Graduación llena los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular y agradeciéndole la atención que se sirva dar a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑADA A TODOS"



Ing. César García Guerra
REVISOR



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. **Carreras:** Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. **Centros:** de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe del Departamento al trabajo de Graduación del estudiante Edwin Ottoniel Sac Escobar titulado: "EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE DE LA NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA MEDIA URBANA DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CLORACIÓN", procede a la autorización del mismo.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Salazar'.

Ing. Federico Salazar Rodríguez
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, noviembre de 2,005

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. **Carreras:** Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. **Centros:** de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.579.2005

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE DE LA NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA MEDIA URBANA DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CLORACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Edwin Ottoniel Sac Escobar**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Orlando Paiz Rosinos DECANO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, noviembre de 2005

/cdes

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTADO DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XXI
HIPÓTESIS	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Aspectos generales sobre el municipio de Quetzaltenango	1
1.1.1 Municipio de Quetzaltenango	1
1.2 Descripción de los sistemas de abastecimiento de agua	6
1.2.1 Estado actual del servicio de agua	6
1.2.1.1 Fuentes de agua para el servicio	6
1.2.1.1.1 Sistema San Isidro	6
1.2.1.1.2 Pozos	8
1.2.1.3 Instalaciones de almacenamiento	8
1.2.1.4 Sistemas de desinfección	9
1.2.1.4 Red de distribución	9

1.2.1.4	Sistemas de impulsión y distribución de agua	10
1.2.2	Nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para el área urbana	11
1.2.2.1	Plan maestro	12
1.2.3	Demanda de agua	16
1.2.3.1	Demanda de agua en la zona urbana	16
1.2.3.2	Estimaciones de población	17
1.2.3.3	Demanda de agua en la zona rural	18
1.2.3.4	Demanda total de agua	19
1.3	El agua	20
1.3.1	Generalidades	20
1.3.2	Ciclo de agua	21
1.4	Purificación del agua	23
1.4.1	Determinación de la calidad sanitaria	23
1.4.1.1	Análisis físico	26
1.4.1.2	Análisis químico	26
1.4.1.3	Examen bacteriológico	26
2	METODOLOGÍA	27
2.1	Universo de trabajo	27
2.2	Recursos	27
2.2.1	Humanos	27
2.2.2	Físicos	28
2.2.3	Equipo y materiales	28
2.2.4	Financieros	28
2.3	Diseño del método de muestreo	29
2.3.1	Frecuencia del muestreo	29

2.3.2	Recolección, transporte y conservación de las muestras	30
2.3.2.1	Análisis físicos y químicos	30
2.3.2.2	Examen bacteriológico	30
2.3.3	Número de muestras recolectadas	31
2.3.4	Tipos de análisis y exámenes que se van a realizar	31
2.3.4.1	Análisis físicos	31
2.3.4.2	Análisis químicos	32
2.3.4.3	Examen bacteriológico	32
2.3.4.3.1	Prueba presuntiva	33
2.3.4.3.2	Prueba confirmativa	33
2.3.4.3.3	Expresión de resultados	34
2.4	Clasificación y representación de los análisis	34
2.4.1	Clasificación de Shchukarev	35
2.4.2	Diagrama aritmético	36
2.4.3	Diagrama de Collins	37
2.4.4	Índice de Langelier	37
2.4.4.1	Cálculo de pHs y de Is	39
2.4.4.2	Clasificación descriptiva del índice de Saturación	40
2.5	Medición de caudales	41
3.	DESINFECCIÓN	43
3.1	Opciones de desinfección	45
3.1.1	Desinfección por ozono	45
3.1.1.1	Mecanismos de la desinfección con ozono	46
3.1.1.2	Subproductos de la desinfección con ozono	46

3.1.2	Desinfección solar	47
3.1.2.1	Mecanismo de la desinfección solar	48
3.1.2.2	Subproductos de la desinfección solar	48
3.1.3	Radiación ultravioleta	49
3.1.3.1	Mecanismo de la desinfección por radiación ultravioleta	50
3.1.3.2	Subproductos de la desinfección con rayos Ultravioleta	51
3.1.4	Desinfección mediante el cloro	52
3.1.4.1	Ventajas de uso del cloro	52
3.1.4.2	Mecanismo de la desinfección de cloro	54
3.1.4.3	Tiempo y concentración para uso del cloro	57
3.1.4.4	Temperatura	58
3.1.4.5	pH	58
3.1.4.6	Turbiedad	59
3.1.4.7	Desinfección por medio de hipocloritos	60
3.1.4.8	subproductos de a desinfección con cloro	62

4. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CLORACIÓN 63

4.1	Bases para la sección de los puntos de aplicación del cloro	63
4.1.1	Cloración simple	63
4.1.2	Precloración	64
4.1.3	Postcloración	65
4.1.4	Recloración	65
4.2	Selección del punto de aplicación del cloro	66
4.2.1	Punto Seleccionado para la nueva red de Distribución de agua potable	67

4.3	Dosis de cloro	68
4.4	Almacenamiento de cloro	72
4.5	Manejo seguro del cloro	76
4.6	Control de la cloración	82
4.7	Equipos dosificadores de cloro gaseoso	84
4.7.1	Equipo recomendado para la desinfección del agua	87
4.7.1.1	Cloradores gaseosos de funcionamiento a vacío	87
4.7.1.2	Descripción del funcionamiento	88
4.7.1.3	Dosificación	89
4.7.2	Operación y mantenimiento de los cloradores a gas	90

5. PRESUPUESTO Y ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO

5.1	Presupuesto de inversión	93
5.1.1	Presupuesto de instalaciones	93
5.1.1.1	Presupuesto de caseta	94
5.1.1.2	Presupuesto de equipo	95
5.2	Presupuesto de operación y mantenimiento	97
5.2.1	Operación anual del sistema	97
5.2.2	Mantenimiento anual del sistema	99
5.3	Alternativas de financiamiento	99

6. RESULTADOS	101
6.1 Interpretación de resultados	104
6.1.1 Demanda de agua	104
6.1.2 Medición de caudales	105
6.1.3 Análisis físico de agua para consumo humano	105
6.1.4 Análisis químico de agua para consumo Humano	106
6.1.5 Resultados del examen bacteriológico	106
6.1.6 Clasificación del agua	107
6.1.6.1 Clasificación de Shchukarev	107
6.1.6.2 Diagrama aritmético	108
6.1.6.3 Diagrama de Collins	108
6.1.6.4 Índice de Langelier	109
6.1.7 Resultado total de concentraciones	109
6.1.8 Costo del clorador gaseoso al avacío	110
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFIA	117
APENDICES Y ANEXOS	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Sistema de nacimientos de agua San Isidro	122
2.	Localización de los pozos área urbana	123
3.	Localización del proyecto nueva red de distribución de agua potable Zona Media urbana	124
4.	Sistema de impulsión y distribución de agua 2008	125
5.	Muestreo de pozo Pacaja	126
6.	Muestreo de pozo las Américas	126
7.	Muestreo de pozo el Zoológico	127
8.	Muestreo de pozo el Paraíso	127
9.	Muestreo de pozo la Democracia	128
10.	Muestreo de pozo San Isidro	128
11.	Muestreo de pozo Ciprésada	129
12.	Muestreo en el sistema de nacimientos	129
13.	Diagrama de flujo del nuevo sistema de abastecimiento y distribución de agua	130
14.	Curva de demanda de cloro	131
15.	Plano de caseta de cloración	132
16.	Plano de caseta de cloración	133
17.	Diseño de sistema de cloración gaseoso al vacío	134
18.	Localización de punto de inyección de cloro y caseta	135
19.	Promedio aritmético de aniones pozo las Américas	136
20.	Promedio aritmético de aniones pozo Pacaja	136
21.	Promedio aritmético de aniones pozo Paraíso	137
22.	Promedio aritmético de aniones pozo Zoológico	137

23.	Promedio aritmético de aniones pozo Democracia	138
24.	Promedio aritmético de aniones pozo San Isidro	138
25.	Promedio aritmético de aniones pozo Ciprésada	139
26.	Promedio aritmético de aniones sistema de nacimientos	139
27.	Promedio aritmético de cationes pozo Las Américas	140
28.	Promedio aritmético de cationes pozo Pacaja	140
29.	Promedio aritmético de cationes pozo Paraíso	141
30.	Promedio aritmético de cationes pozo Zoológico	141
31.	Promedio aritmético de cationes pozo Democracia	142
32.	Promedio aritmético de cationes pozo San Isidro	142
33.	Promedio aritmético de cationes pozo Ciprésada	143
34.	Promedio aritmético de cationes sistema de nacimientos	143
35.	Diagrama aritmético acumulativo	144
36.	Diagrama aritmético acumulativo	145
37.	Diagrama aritmético acumulativo	146
38.	Diagrama de Collins	147
39.	Diagrama de Collins	148

TABLAS

I.	Datos de los pozos existentes	149
II.	Distribución de agua existente	150
III.	Zonas de distribución existentes y fuentes de agua	151
IV.	Actual producción en las fuentes de agua	152
V.	Demanda de agua	153
VI.	Demanda de agua en la zona rural	154
VII.	Demanda de agua proyectada	154
VIII.	Medición de caudales de los pozos	155
IX.	Medición de caudales de los nacimientos	156
X.	Frecuencia de muestreo bacteriológico	157
XI.	Análisis físico del agua	158
XII.	Análisis físico del agua	159
XIII.	Análisis químico del agua	160
XIV.	Análisis químico del agua	161
XV.	Análisis Bacteriológico del agua	162
XVI.	Análisis físico de agua valores promedio	163
XVII.	Análisis físico de agua valores promedio	164
XVIII.	Análisis químico del agua valores promedio	165
XIX.	Análisis químico del agua valores promedio	166
XX.	Índice de Langelier	167
XXI.	Análisis químico de agua índice de langelier	168
XXII.	Clasificación del índice de saturación	169
XXIII.	Balance de aniones y cationes	170
XXIV.	Análisis de los principales aniones y cationes	171
XXV.	Análisis de los principales aniones y cationes	172

XXVI. Análisis químico del agua clasificación de Shchukarev	173
XXVII. Concentraciones físicas y químicas	174
XXVIII. Concentraciones físicas y químicas	175
XXIX. Concentraciones físicas y químicas	176
XXX. Concentraciones físicas y químicas	177
XXXI. Costo de diseño	178

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
mg	miligramo
g	gramos
Kg	kilogramo
Lbs	libras
mL	mililitros
L	litros
m ³	metros cúbicos
meq	miliequivalente
pH	potencial de hidrogeno
pH _s	potencial de hidrogeno de saturación
I _s	índice de saturación
°C	grados Celsius
s	segundos
hr	horas
Km	kilómetros
m	metros

GLOSARIO

- Aerobio** Organismo que requiere oxígeno.
- Agar-agar** Extracto polisacárido desecado del alga roja Rhodophyceas, usado en microbiología como solidificante de los medios de cultivo. Se le conoce, comúnmente, como agar.
- Agua potable** Es aquella libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas perjudiciales para la salud. También, se le conoce como, sanitariamente segura.
- Anaerobio** Organismo que se desarrolla en ausencia de oxígeno molecular.
- Antiséptico** Agentes químicos que retardan el crecimiento o multiplicación de las bacterias.
- Facultativo** Bacteria que se desarrolla tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas.
- Bacilo** Bacteria de forma de bastón o alargada.
- Bacteria** Microorganismo que pertenece al Reino Monera,

Colonia Desarrollo visible macroscópicamente de microorganismos en un medio de cultivo sólido.

Contaminación Entrada de microorganismos indeseables en algún objeto o material. También, puede interpretarse como la mezcla o llegada de sustancias o materiales indeseables a un cuerpo o fuente de agua.

Cultivo Población de microorganismos desarrollados en un medio.

Desinfectante Agente que elimina la infección por matar a las células vegetativas de los microorganismos.

Desinfección Acción de aplicar un agente desinfectante.

Esterilizar Es destruir absolutamente todos los organismos vivos a través de distintos métodos.

Germicida Es un agente químico que mata todos los microorganismos vivientes.

Grupo

Coliforme Son todas las bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, gran negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas, en menos de 48 horas.

Incubación Mantenimiento de cultivos de microorganismos en condiciones favorables de temperatura para su desarrollo.

Índice de Langelier Este utiliza el índice de saturación como medio para predecir el comportamiento corrosivo o incrustante del agua natural.

Inoculación Introducción artificial de microorganismos o sustancias en el cuerpo o en un medio de cultivo.

Límite Máximo Aceptable (L.M.A) Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual el agua es rechazable por los consumidores, desde el punto de vista sensorial, sin que implique un daño a la salud de los mismos.

Límite Máximo Permisible (L.M.P) Es el valor de la concentración de cualquier característica de la calidad de agua, arriba de la cual el agua no es adecuada al consumo humano.

Medio	Substancia utilizada para proporcionar alimento para el desarrollo y multiplicación de los microorganismos.
Número más Probable (N.M.P)	Expresión estadística de estimar el número de células en 100cm ³ de muestra examinada.
Parámetro	Característica que sirve de medio de comparación y de guía para la evaluación de la calidad de agua.
Pasteurización	Es un procedimiento que utiliza cambios bruscos de temperatura para eliminar las bacterias. tiene el inconveniente de que no siempre destruye todas las bacterias.

RESUMEN

El presente informe de trabajo de graduación es, acerca de la evaluación de la calidad de agua de los abastecimientos de la nueva red de distribución de la zona media urbana del municipio de Quetzaltenango, estos abastecimientos son siete pozos y un sistema de nacimientos que serán integrados a un mismo sistema de recepción y distribución, llamado el sistema San Isidro que tendrá como punto de unión un vertedero con capacidad de 25m³ y tubería de distribución de agua HFD de 20" figura 13 (pág. 130), además, se midieron los caudales de los abastecimientos de agua para determinar la producción actual y, en base al crecimiento demográfico de la población, proyectar la demanda futura. Así, también, se presenta el diseño de un sistema de cloración gaseoso al vacío para garantizar la calidad de agua de la nueva red de distribución de la zona media urbana del municipio de Quetzaltenango.

Se planteo la siguiente hipótesis: La calidad de agua que proviene de los abastecimientos de la nueva red de distribución de la Zona Media urbana del municipio de Quetzaltenango cumple con la Norma COGUANOR NGO 29 001 ya que provienen de 7 pozos y un sistema de nacimientos de agua.

Para comprobar la hipótesis se elaboró un programa de investigación consistente en la toma y análisis de muestras recolectadas en los ocho puntos de abastecimiento de agua, figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, y 12, (pág. 126, 127, 128, 129) los cuales son.

1. Pozo las Américas
2. Pozo Pacaja
3. Pozo paraíso
4. Pozo Zoológico
5. Pozo Democracia
6. Pozo San Isidro
7. Pozo Ciprésada
8. Sistema de nacimientos.

El muestreo fue realizado el 30 de agosto, el 6 y 13 de septiembre de 2005.

Se obtuvieron 24 muestras para los análisis físicos y químicos; y 24 muestras par los análisis bacteriológicos. Seis muestras por cada punto de estudio para un total de 48 muestras.

Los resultados de la medición de caudales de los siete pozos tendrán un incremento de producción del 45% para el año 2008 con el nuevo sistema de unificación y distribución, sin embargo el caudal de los nacimientos será el mismo.

Los resultados del análisis físico químico y examen bacteriológico derivados de esta evaluación, llevaron a concluir que el agua de consumo humano de estos ocho abastecimientos cumple con la Norma COGUANOR NGO 29 001 en lo que respecta a los análisis físicos y químicos pues, todos los parámetros están en los límites máximo aceptable y permisible.

En lo que respecta a los exámenes bacteriológicos el pozo la Ciprésa y el sistema de nacimientos no cumplen con la Norma COGUANOR 29 001, ya que dieron positivo en las tres muestras recolectadas para cada uno de Coliformes totales y Escherichia coli. Debido a que estas fuentes se unificarán a los demás sistemas de abastecimiento se puede concluir entonces que la nuevas fuentes de abastecimiento de agua de la zona media urbana del Municipio de Quetzaltenango no cumplen con la norma COGUANOR 29 001 establecidas para el agua potable, pues, desde el punto de vista bacteriológico representa un riesgo para la salud del consumidor, es por eso la necesidad de implementar el sistema de desinfección de cloro gaseoso al vacío que se diseño en el presente trabajo para garantizar que el agua estará sanitariamente segura.

El sistema de cloración gaseoso al vacío que se propone en el presente trabajo tendrá un costo de inversión de Q 108,599.31 y el costo de operación anual será de Q 115,766.68.

OBJETIVOS

General

- Evaluar la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de la nueva red de distribución de la zona media urbana del municipio de Quetzaltenango a través del análisis y examen de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua.

Específicos

1. Determinar si los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua a evaluar, cumplen con las especificaciones de la norma COGUANOR NGO 29 001, aceptada en la república de Guatemala, relativas a la calidad de agua de consumo humano.

2. Interpretar los datos físicos, químicos y bacteriológicos de las fuentes de abastecimiento de la zona media urbana del municipio de Quetzaltenango y proponer de acuerdo a los resultados a las autoridades encargadas de administrar y proveer este servicio, algunas medidas que contribuyan a mejorar la calidad de agua de dichos abastecimientos.

- 3.** Interpretar los datos de medición de caudales (m³/día) para evaluar la disponibilidad del fluido de las fuentes de abastecimiento de agua de la zona media urbana de municipio de Quetzaltenango.

- 4.** Proponer un sistema de cloración que garantice la desinfección de las fuentes de abastecimiento de agua de la zona media urbana.

HIPÓTESIS

La calidad de agua que proviene de los abastecimientos de la nueva red de distribución de la zona media urbana del municipio de Quetzaltenango cumple con la norma COGUANOR NGO 29 001, pues, provienen de 7 pozos y un sistema de nacimientos de agua.

INTRODUCCIÓN

La rápida expansión poblacional que la ciudad de Quetzaltenango ha tenido, en los últimos años, con un crecimiento demográfico de un 3.11% acumulativo anual, ha generado como consecuencia que los servicios públicos sean afectados, especialmente la distribución de agua potable.

Un problema crítico que confronta la ciudad de Quetzaltenango, es proveer de agua en cantidad suficiente que satisfaga la demanda existente, futura y que garantice la salud y seguridad de la población en general. Siendo el servicio de agua potable esencial en el desarrollo de la ciudad, es necesaria su correcta planificación, desarrollo y evaluación periódica de su calidad.

El presente trabajo es una evaluación de la calidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable del nuevo sistema de distribución de la zona media urbana de Quetzaltenango, por medio de la determinación de las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas en que se encuentran. Estos abastecimientos consisten en siete pozos -San Isidro, Zoológico, El Paraíso, Pacaja, Las Américas, La Ciprésada, La Democracia- y un sistema de nacimientos de agua -Molino Viejo y Santa Rita- que serán integrados a un mismo circuito y tendrá como punto de recepción y distribución tres depósitos con capacidades de 1140m³, 2560m³ y 5280m³ llamados el sistema San Isidro y Zona Media.

Además, se presenta una propuesta de un sistema de cloración para la nueva red de distribución de agua de la zona media urbana que pueda garantizar la desinfección del agua, y servirle a la población de Quetzaltenango agua, sanitariamente, segura.

Se estima que 62% -/100,000 habitantes/- de la población urbana será beneficiada con el nuevo sistema de abastecimiento de la Zona Media urbana de Quetzaltenango, el proyecto de este nuevo sistema lo esta ejecutando una compañía japonesa con ayuda económica y técnica del gobierno de Japón. Los análisis y exámenes de laboratorio que se realizaron pueden clasificarse en análisis físicos, químicos y bacteriológicos, las pruebas físicas miden y registran aquellas propiedades que puedan ser observadas por los sentidos, los análisis químicos determinan la cantidad de material mineral y orgánica que hay en el agua y que afecta su calidad, los exámenes bacteriológicos indican la presencia de bacterias indicadoras de contaminación y que afectan la calidad de agua pura para consumo humano.

Para llevar a cabo la evaluación de la CALIDAD DE AGUA, se tomaron un total de 48 muestras, 24 para exámenes bacteriológicos y 24 para análisis físico-químicos, el muestreo y análisis de agua se llevaron a cabo cada 8 días durante los meses de agosto y septiembre.

Los análisis y exámenes se efectuaron en el laboratorio de agua del Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

Las norma que se empleo para evaluar la calidad de agua potable es la Norma COGUANOR NGO 29 001 ref. 9

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Aspectos generales del municipio de Quetzaltenango

1.1.1 Municipio de Quetzaltenango

La ciudad de Quetzaltenango fue fundada por don Pedro de Alvarado, el 15 de mayo de 1524. Dentro de las innovaciones administrativas efectuadas por la corona española al final del siglo XVIII, por orden de la real cédula de 24 de diciembre de 1805 se oficializo el ayuntamiento de la ciudad.

Al inicio de la vida independiente de Guatemala, el 29 de octubre de 1825, a través de un decreto de la Asamblea, se concedió la categoría de ciudad de Quetzaltenango. Con la constitución de la República Federal de 1824 nace el Estado de los Altos en 1826 y se constituye formalmente el 14 de agosto de 1838 por decreto de la Asamblea Federal, durante la presidencia de Francisco Morazán, siendo principal sede la Municipalidad de Quetzaltenango. Pero fracciones internas hacen que sus líderes sean fusilados por el ejercito de Rafael Carrera en 1840, se incorpora al Estado de Guatemala por Decreto de la Asamblea el 13 de Agosto de 1840. Finalmente creada como cabecera departamental de Quetzaltenango el 16 de septiembre de 1845.

El municipio de Quetzaltenango es la cabecera del departamento del mismo nombre, se encuentra situado en la parte Este del departamento, en la Región VI o Región Sur-Occidental.

Se localiza en la latitud 14° 50' 22'' y en la longitud 91° 31' 10'', limita al Norte con los municipios de Olinstepeque, La Esperanza (Quetzaltenango) y San Andrés Xecul (Totonicapán); al Sur con los municipios de Zunil Y el Palmar (Quetzaltenango); Al este con los municipios de Zunil, Salcaja y Almolanga; y al Oeste con los municipios de Concepción Chiquirichapa y San Mateo (todos de este departamento). Cuenta con una extensión territorial de 120 Km2 que significa el 6.2% del área departamental y 0.11% del país, se encuentra a una altura de 2,333 m sobre el nivel del mar y dista 203 Km. De la ciudad capital de Guatemala.

Al Nor-Este, se encuentra el eje principal de acceso a la ciudad, para los flujos de la Costa Sur, el Occidente, Norte y la Ciudad Capital de Guatemala.

Actualmente la ciudad de Quetzaltenango constituye el centro más importante de la Región Occidente (y segundo del país), por su tradición, peso demográfico y grado de industrialización, por esta razón se ha convertido en un área metropolitana y centro nodal de crecimiento.

Debido a su elevación (2,333 Mts. sobre el nivel del mar), la ciudad presenta un clima frío con temperaturas que oscilan entre 6 y 22° C., habiéndose observado valores de temperatura mínima absoluta hasta de -7.2° C.; la temperatura media anual es de 12° C. La humedad relativa es del orden del 75%.

El número de días con precipitación durante el año es cercano a 115 días, repartidos en 9 días durante la época seca y 106 en la época húmeda. La precipitación media anual es del orden de los 840 mm.

Los suelos del área urbana de Quetzaltenango y alrededores, son de origen volcánico, formados sobre depósitos de cenizas de más de 100 metros de profundidad, de una composición relativamente uniforme. La capa superficial es de color claro, con una textura franco-arenoso friable, con drenaje moderado.

En el año 2,002 la población urbana censada del Municipio fue de 120,496 habitantes y la población en el área rural 7,073 habitantes, y según estimaciones del Instituto Nacional de Estadística para el año 2005 se contara con una población de 156,419 habitantes para el área urbana, ref. 8

La ciudad de Quetzaltenango está bien articulada a la red vial nacional, por medio de tres rutas de primer orden (asfaltadas):

- Carretera CA1 o ruta Interamericana.
Principal vía de comunicación entre Quetzaltenango y la Capital de la República.

- Carretera CITO que une transversalmente la CA1 y la CA2 (del pacífico).

- Carretera RN1 que une Quetzaltenango con San Marcos y Totonicapán.

Cuenta además con rutas de segundo orden, que la comunican con todos los municipios del Departamento.

Al Norte de la ciudad se encuentra localizada una pista de aterrizaje con las siguientes características:

Nombre	Orientación	Dimensiones (m)	Elevación Pies
Quetzaltenango	NE-SW	2300x60	7872

Propietario	Calidad Terreno	Habilitado	Latitud N
El Estado	Firme-Grama	sí	14°52'

Longitud W

91°50'

Cuenta además con otros servicios tale como: Correos, Telégrafos, servicio de Telefax, Compañías de Telefonías celulares, Medios de Comunicación Escritos, Televisivos, Radiales e Internet.

En el área urbana, la principal actividad económica está relacionada con la industria, comercio y servicios, contando el Municipio con 1,033 Establecimientos Industriales, 4,549 Comercios y 1,759 Servicios.

Otra fuente importante de ingresos para los habitantes del Municipio lo constituye el Turismo, contando para ello con una infraestructura hotelera que son consideradas aptas para el turismo internacional.

Quetzaltenango es además, un centro importante de comercio y el principal centro de servicios de la Región Occidental del país.

La ciudad de Quetzaltenango cuenta con servicios públicos y privados tales como: hospitales, sistemas de abastecimiento de agua, luz eléctrica, mercados, transportes, bancos, cementerios, instalaciones deportivas, instituciones educativas a nivel primario, secundario, ha nivel superior se encuentra el Centro Universitario de Occidente extensión de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y varias Universidades Privadas.

La ciudad de Quetzaltenango ha sido por tradición y por sus especiales características, el centro educativo más importante de la Región de Occidente, atendiendo sus establecimientos educativos de nivel primario, secundario y superior no solo a gran parte de la población del municipio que demanda esos servicios, sino también a niños y jóvenes del departamento y de otros departamentos, para lo que cuenta con la infraestructura adecuada y de primer orden.

1.2 Descripción de los sistemas de abastecimiento de agua

1.2.1 Estado actual del servicio agua potable

1.2.1.1 Fuentes de agua para el servicio

El agua para el suministro de la Ciudad de Quetzaltenango, es captada de nacimientos de colinas a 10 Km al oeste de la ciudad y conducida al depósito San Isidro ubicado en la zona urbana a través de un conducto. El agua subterránea proviene de 21 pozos profundos perforados dentro del perímetro urbano, distribuyéndose a través de una red de antigua construcción.

1.2.1.1.1 Sistema San Isidro.

El sistema San Isidro se abastece de los manantiales, “Molino Viejo” localizado en el municipio de San Juan Ostuncalco; y “Santa Rita”, localizado en el municipio de La Esperanza.

El caudal del primer nacimiento es conducido a través de tubería de asbesto cemento de 18” de diámetro, hasta la entrada de un túnel, a donde también llega el caudal de “Santa Rita”, a través de tubería de hierro fundido de 18” de diámetro; ya reunidos estos caudales, son conducidos hacia el depósito San Isidro por medio de una tubería de 18”, asbesto cemento, colocada en el interior del túnel, figura 1 (pág. 122).

Los caudales de los dos nacimientos obtenidos en los aforos más recientes, así como las fechas en que se efectuaron, se detallan en la tabla IX (pág.156).

El depósito San Isidro tiene forma cilíndrica con un volumen de almacenamiento de 2560 m.³ y dimensiones de 24.3 m. de diámetro y 7m. de altura (altura útil: 6.40 metros).

Del depósito San Isidro salen dos líneas de distribución: la primera de ellas con un diámetro de 14" de hierro fundido, abastece directamente la red de distribución; la segunda, de las mismas características, abastece el depósito Villa Mercedes, el cual también alimenta la misma red de distribución.

El tanque de Villa Mercedes tiene forma de un paralelepípedo Rectangular, cuyas dimensiones son las siguientes: largo 14.00 m; ancho 14.00 m; alto 3.30 m; con una capacidad de almacenamiento de 568 m³

El sistema San Isidro es el de mayor cobertura dentro de la Ciudad de Quetzaltenango: su área de influencia abarca parcialmente las zonas 1, 2, 3, 6, 7, 8 y 10 y es la razón del presente estudio.

1.2.1.1.2 Pozos

El área urbana del municipio de Quetzaltenango cuenta con 68 principales pozos profundos de los cuales 21 son de la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju (EMAX) y están en zonas urbanas, 2 pertenecientes a comités de agua (Cipresada y Choqui Bajo), 9 privados de fábricas de cerveza y refrescos; y 36 privados de condominios y hoteles. La localización de los pozos y el estado de los mismos pertenecientes a la Empresa Municipal de Agua de Xelaju se presentan en la figura 2 (pág. 123) y la tabla I (pág. 149).

El caudal de los pozos pertenecientes a la Empresa Municipal de Agua de Xelaju es de 5.2-34.8 L/s., con un promedio de 17.5 L/s. El diámetro de los tubos de revestimiento varía entre 6" y 10", siendo 8" el mayoritario que presenta el 82%. La profundidad de los pozos es de 31-46 m en el centro urbano con menor altitud y alcanza hasta 259 m en zonas marginales del oeste del área urbana con mayor altitud, siendo 128 m el promedio. El nivel estático de aguas subterráneas se encuentra en un rango de 2310-2325 m sobre el nivel del mar. Aunque la profundidad de los pozos es variada, el promedio esta por 2200 m sobre el nivel de mar, tabla I (pág. 149). Estos pozos tienen una producción de aguas subterráneas.

1.2.1.3 Instalaciones de almacenamiento

Las instalaciones de almacenaje que actualmente existen en el área urbana son 19 indicados en la tabla II (pág. 150) con una capacidad total de 7265 m³.

La mayor parte de instalaciones de almacenaje o depósitos tienen relativamente poca capacidad y no están a una altitud suficientemente alta lo que provoca falta de presión de agua en las conexiones domiciliarias. Los depósitos se abastecen directamente de pozos.

1.2.14 Sistemas de desinfección

En el año 2000 con la cooperación del gobierno de Austria se instalaron trece sistemas de cloración con sus respectivas casetas, estos sistemas de cloración fueron instalados en 12 pozos y uno en el sistema de recepción de agua de los nacimientos en el depósito San Isidro. Estos sistemas cloración funcionan al vacío por inyección en tubería y usan cloro gaseoso.

1.2.1.4 Red de Distribución

Por una serie de circunstancias entre las que destacan la falta de recursos económicos y técnicos, la red de distribución se ha ido conformando con tuberías de los más diversos materiales, pudiéndose encontrar partes de asbesto cemento, hierro fundido, hierro galvanizado, PVC, así como de diámetros que no responden a un cálculo técnico, sino a decisiones empíricas, lo que ha provocado en algunas áreas situaciones tales como falta de presión, escasez de agua, necesidad de frecuentes reparaciones y contaminación del agua.

La extensión total de las tuberías de distribución existentes es de 318 Km. El diámetro máximo es de 14" y el mínimo, menos de 2" y no hay una clara clasificación entre la tubería de impulsión y la de distribución.

A esto debe sumarse, lo antiguo de la red, situación que determina en gran parte lo precario del estado en el que se encuentra la misma.

Es oportuno también mencionar la escasez y mal estado de las válvulas de control, así como de hidratantes estratégicamente colocados, que permitan afrontar una emergencia, sobre todo en una ciudad, que como Quetzaltenango, muestra una importancia industrial y un ritmo de crecimiento conocido.

1.2.1.4 Sistemas de impulsión y distribución de agua

La red de tubería de distribución en el área urbana viene extendiéndose en torno al depósito de San Isidro que es el punto de llegada del agua conducida de los nacimientos y los pozos profundos dispersos conforme el desarrollo urbanístico, formando así las actuales zonas de distribución. La tabla III (pág. 151) presenta las zonas de distribución existentes y el área urbana servida está divididas en 15 zonas de distribución. En muchas de las zonas de distribución del área urbana las tuberías no están instaladas de manera que permita una distribución adecuada, lo que ocasiona un abastecimiento de agua excesivo en algunas zonas y la inestabilidad del horario de servicio y la deficiencia en el caudal y la presión de agua en muchas otras zonas.

1.2.2 Nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para el área urbana

El municipio de Quetzaltenango con el apoyo económico y técnico de Austria en 1999 trazaron un plan maestro de abastecimiento de agua potable para el año objetivo 2018 y en el año 2000 fundó la Empresa Municipal aguas de Xelaju (EMAX) que es la institución ejecutora del presente proyecto.

En el año 2003 en respuesta a la solicitud del gobierno de la republica de Guatemala el gobierno del Japón decidió implementar un estudio de Diseño Básico sobre el proyecto para el Abastecimiento de Agua Potable del Área Urbana del Municipio de Quetzaltenango y encargo la ejecución de dicho estudio a la agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Después de las evaluaciones y estudios respectivos el gobierno del Japón considera factible y viable el proyecto. En el año 2004 las empresas consultoras Kyowa y Nihon Suido se hacen cargo del proyecto como consultores y en febrero del año 2005 la empresa constructora Hasama Corporation empieza los trabajos de ejecución de la primera fase del proyecto con la cooperación financiera no reembolsable del gobierno de Japón.

El objetivo principal del proyecto es mejorar los sistemas de abastecimientos de agua de la zona urbana de Quetzaltenango y aumentar la producción de agua para cumplir con las demandas de agua para los años objetivos 2008 y 2018 tomando en cuenta el aumento demográfico de la población.

Para cumplir con el objetivo del proyecto es necesario cambiar la forma de abastecimiento de agua actual que consta de una distribución directa de los pozos, por un cambio drástico que consista en enviar el agua producida a los depósitos y luego distribuirla a las zonas del servicio mediante los depósitos, suprimiendo el abastecimiento directo de los pozos.

1.2.2.1 Plan Maestro

El Plan Maestro tienen previsto un período de ejecución de 20 años desde 1999 hasta 2018, dividiéndolo en planes para la construcción de instalaciones. Conforme a las características del contenido de la construcción, estos planes pueden ser divididos a grandes rasgos en dos fases: La primera fase (1999-2007) es para construir infraestructura básica para solucionar problemas del sistema actual de abastecimiento de agua con el fin de realizar un servicio con apropiado nivel de abastecimiento de agua -/servicio de 24 horas, presión de agua adecuada, etc./- y la segunda fase (2008-2018) es para construir la red de tubería de distribución de agua para cubrir el posterior aumento de la población.

El Plan Maestro divide la parte urbana en 4 grandes zonas de distribución -/Zona alta1, Zona Alta, Zona Media, Zona Baja/- según la diferencia del nivel entre la zona alta y la baja por cada 40m, además de 2 zonas de distribución -/Zona Rosario Bajo y Zona Baúl/- que son apartadas topográficamente, estableciendo en total 6 zonas de distribución, y planea construir depósitos exclusivos para cada zona de distribución.

Además, pretende mejorar la eficiencia del uso de agua de las fuentes por reunir el agua de los pozos dispersos y los nacimientos en estos depósitos (depósitos de San Isidro, Zona Media y Zona Alta en el área urbana occidental y depósitos de Colonia Molina, Rosario Bajo y Chirriez en el área urbana oriental), lo que permitirá una distribución igualada para las zonas de distribución. Este método presenta la forma ideal para la zona objeto y el presente Proyecto trazará un plan de instalaciones según las zonas divididas en el Plan Maestro, figura 3 (pág. 124).

Para ejecutar el proyecto establecieron las dos siguientes alternativas y se hizo la comparación y análisis. La alternativa A cubre como objeto toda la zona de servicio de agua en el área urbana y contempla una distribución de agua según los dos sistemas de San Isidro y de Colonia Molina. La alternativa B cubre como objeto las zonas servidas del sistema San Isidro, que tiene alta prioridad en la Zona Media y Zona Baja -/La zona objeto será la totalidad de la zona 1, 3 y 4 y zona media de zona 8, 9 y 10/-. Por decisiones económicas y técnicas se optó por la alternativa B.

La alternativa B es un plan basado principalmente en el sistema San Isidro y consiste en lo siguiente: Instalación de válvulas de aire en 10 lugares en el túnel de aducción de los nacimientos, renovación de bombas en los pozos de Pacaja y el Zoológico (incluyendo paneles de control), será construido una nueva estación de bombeo en San Isidro para el depósito de la zona media, 3 unidades (5,5 m³/min. X 75 Kw).

Reemplazo de panel de control en cinco pozos, renovación de tubería alrededor de cuatro pozos -/válvula de aire, medidor de presión, flujo metro válvula de compuerta, válvula de cheque etc/-, dos depósitos nuevos, uno en San Isidro con una capacidad de 1,140 m³ y otro en la zona media con una capacidad de 5,280 m³ - / un deposito con dos compartimentos/- . Junto con estas nuevas instalaciones, los depósitos existentes, las fuentes de agua que son los nacimientos y 7 pozos -/Pacaja, las Americas, El Paraíso, el Zoológico, La Democracia, San Isidro, La Cipresada/- formarán un sistema orgánicamente unificado a través de una nueva tubería de impulsión. La tubería de impulsión HFD tendrá un diámetro de 150 a 500mm y una longitud de 7.8Km, y la Tubería de distribución será de HFD y PVC la primera tendrá un diámetro de 350-600mm y longitud de 4.5Km y la segunda un diámetro de 75-300mm y una longitud de 28.1km, la figura 4 (pág. 125) presenta los planes de impulsión y distribución de agua para 2008.

Junto con el mejoramiento del sistema de impulsión y distribución de agua, será necesario encontrar medidas para solucionar la pérdida de agua y el caudal no cobrado y establecer tarifas apropiadas con el fin de mejorar la administración de la empresa. Las medidas a tomar serán para la reducción del porcentaje de fugas y conexiones ilegales, el reemplazo de medidores de agua, el mejoramiento de la recaudación de las tarifas, y se establecerán medidas contra estos problemas.

El sistema de impulsión y distribución de agua proyectado será el sistema San Isidro, ya que el principal objeto de la distribución será la Zona Media y Baja. Por consiguiente, la población urbana beneficiada serán las que habitan en la Zona 1, 3, 4 y Zona Media de zonas 8, 9 y 10.

La población beneficiada directa en el año objetivo 2008 es de 100,000 habitantes -/62% de la población total del área urbana de 162,179 habitantes/-

El aumento de la producción en las fuentes de agua para las zonas objeto del proyecto es de 7,532 m³/día, tabla VIII (pág. 155).

Las zonas excluidas en la primera fase del proyecto, continuaran el abastecimiento con los sistemas de distribución existentes. Las zonas excluidas son: sistema de la Colonia Molina y Zona Alta -/Zonas 2, 5, 6, 7 y 11 y parte occidental de las zona 8, 9 y 10/-, donde presentan una densidad poblacional relativamente baja.

Hasta fecha 30 de septiembre del 2005 la empresa Hasama Corporation lleva los siguientes avances del proyecto fase 1:

- 60% de construcción en el deposito San Isidro.
- Instalación de válvulas y accesorios en la ruta de transportación y fundición de bloques de reacción.
- 9.2 Km de instalación de tubería de distribución.

- Reemplazo de bombas y renovación de las instalaciones eléctricas y mecánicas de los pozos Pacaja y Zoológico.

1.2.3 Demanda de agua

1.2.3.1 Demanda de Agua en la Zona Urbana:

Se establecieron las siguientes condiciones básicas para pronosticar la demanda de agua para el año 2005, 2008 y 2018.

Existe el censo poblacional del Instituto Nacional de Estadística (INE) del año 2002. Por medio del método geométrico y con los datos proporcionados por el INE, se estimara la población para los años 2005, 2008 y 2018. Sin embargo a demás de estos datos, existe una población no contada en el censo debido a una subestimación, por lo que se agregará el 12% de la población.

El promedio de la tasa de crecimiento demográfico municipal del 3.11% se adoptara para realizar los cálculos.

Los siguientes datos fueron proporcionados por la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju (EMAX).

El actual servicio de abastecimiento de agua de EMAX cubre el 75% de la población urbana.

El consumo de agua domiciliario es de 150 L./día en 2005, y será 155 L./día en 2008 y 160 L./día en 2018, aumentando conforme el mejoramiento del nivel de vida.

El consumo del agua industrial y comercial por llave será el mismo que el valor actual y el número de usuarios aumentarán a razón del 3% anual.

Las pilas públicas son instalaciones tradicionales y continuará el abastecimiento de ahora en adelante, con 30m³ de consumo de agua unitario para cada lugar.

Además, se agregará el consumo de agua para las instituciones públicas aplicándole el 5% del consumo de agua domiciliario.

El volumen de agua no recaudado se considera el 40% en 2005, el 30% en 2008 y el 20% en 2018, suponiendo que las fugas serán el 20%, el 17% y el 15%, las conexiones ilegales, el 12%, el 8% y el 3%, y otras pérdidas, el 8%, el 5% y el 2% respectivamente.

Como relación el consumo máximo diario – el consumo medio diario se establece 1,2, un valor bajo, debido a que hay poca variación entre las estaciones del año.

Los resultados del cálculo del pronóstico de demanda de agua urbana se encuentran en la tabla V (pág. 153).

1.2.3.2 Estimaciones de población

Tomando como fuente de información el censo de la población del año 1994 que da una población total de 126,405 habitantes y una población urbana de 108,605 habitantes; y el censo poblacional del año 2002 que da una población total para el municipio de Quetzaltenango de 127,569 habitantes, y una población urbana de 120,496 habitantes, ref. 8; se proyecta la población urbana para el año 2005, 2008 y 2018

Método Geométrico

$$Y_m = Y_2 * (1 + r)^{(T_m - T_2)} \quad (1.1)$$

$$r = \frac{Y_2/Y_1 - 1}{T_2 - T_1} \quad (1.2)$$

Donde

Y_m = Población a estimar

Y_1 = Población del censo anterior en T_1

Y_2 = Población del censo posterior en T_2

T_m = Año a estimar

r = Tasa de Crecimiento

T_1 = Año de censo anterior (1994)

T_2 = Año de censo posterior (2002)

Los resultados se muestran en la tabla V (pág. 153).

1.2.3.3 Demanda de Agua en la Zona Rural

De los pozos ubicados en la zona urbana, los 4 pozos de Salida a San Marcos, Cenizal, Seúl Alto y Cefemerq abastecen también a la zona rural donde no cuenta con la fuente de agua propia. La demanda de agua en la zona rural se presenta en el tabla VI (pág. 154).

1.2.3.4 Demanda Total de Agua

La demanda total de agua será la suma de la demanda de agua de la zona urbana y la de la zona rural antes mencionada, tabla VII (pág. 154).

Según los resultados la demanda de agua en la zona urbana es de 35,143 m³ como abastecimiento promedio diario y 42,779 m³ como abastecimiento máximo diario. Por otra parte, tal como se indica en la tabla IV (pág. 152), al estimar la producción diaria en las fuentes de agua a partir de la producción en las fuentes de agua por hora unitaria y las horas de la operación actual de los pozos, los nacimientos producen 11,491 m³/día y los pozos -/21 pozos/-, 23,796 m³/día, en total 36,287 m³/día, algo superior a la demanda promedio diaria de 2005. Además, el actual sistema de distribución de agua contiene muchos sistemas de abastecimiento independientes que dependen de sus propios pozos y muchos de los depósitos tienen capacidad deficiente, por lo que existen muchas zonas con déficit de abastecimiento al observarlos según los bloques de abastecimiento y la producción actual en las fuentes de agua no es satisfactoria.

Para 2008, año objetivo del presente Proyecto, la producción actual representa sólo el 79% de la demanda máxima diaria de 45,779 m³/día. Aunque se haya mejorado la situación existente y conseguido la operación de 24 horas, la producción será de 42,581 m³/día, tabla VII (Pág. 154) por lo que hará falta aumentar la producción de aguas subterráneas de pozos.

De esta manera es necesario aumentar la producción actual de 35.287 m³/día a 45,779 m³/día para 2008 y a 60,440 m³/día para 2018

El plan Maestro de abastecimiento de agua para Quetzaltenango, tiene contemplado estas demandas futuras de agua por lo que al finalizar la primera fase del proyecto se podrá cumplir con la demanda de agua del 2008 y al finalizar la segunda fase con la demanda de agua del 2018.

1.3 El Agua

1.3.1 Generalidades:

El agua se está convirtiendo en un elemento cada día más escaso. Las mismas propiedades que hacen del agua un buen solvente o agente dispersante en sistemas biológicos, ha contribuido al apareamiento de la contaminación en los cuerpos receptores de agua. Gran parte del agua, en sus fuentes naturales, ha sido siempre inadecuada para el consumo humano y para la irrigación de tierras. Las fuentes subterráneas abastecen la mayoría de las casas rurales, por eso es importante que la fuente de agua subterránea esté lejos de posibles fuentes de contaminación como letrinas, fosas sépticas y patios de granjas o corrales.

El agua que se designa para consumo humano debe evaluarse y de ser necesario algún tratamiento, el cual deberá aplicarse antes de su distribución. Estos tratamientos pueden ser de varios tipos y

se determinan según los resultados de los ensayos bacteriológicos, físicos y químicos que se pueden aplicar al agua.

El agua se presenta comúnmente en condiciones naturales en uno de los tres estados: gaseoso, líquido o sólido. Su importancia físico-químico es tal, que las temperaturas de transformación de un estado a otro han sido tomadas como puntos fijos.

1.3.2 Ciclo del Agua

El agua de la tierra está en constante circulación; esta circula en forma de vapor desde los océanos, lagos y ríos hacia la atmósfera, su condensación y precipitación a la superficie de la tierra; su flujo sobre el suelo y su utilización por plantas que devuelven una parte de ella a la atmósfera por medio de la evapotranspiración, y su retorno al mar por debajo de la superficie de la tierra, se conoce como CICLO HIDROLÓGICO.

El agua que se aprovecha del ciclo hidrológico se divide en tres tipos de fuentes:

- a) Agua Atmosférica: está formada por la humedad de las nubes que se precipita como nieve, aguanieve, granizo, rocío y lluvia. Su flora microbiana proviene del aire; el aire es lavado por el agua atmosférica, que la carga con las partículas de polvo en las cuales están los microorganismos. La mayoría de los microorganismos son separados del aire al iniciarse la precipitación pluvial.

- b) Agua Superficial: lagos, corriente, ríos y océanos representan el agua superficial susceptible de ser contaminada periódicamente, en mayor o menor grado, por los microorganismos provenientes del agua atmosférica; por la que corre, y por todos los desperdicios que son arrojados deliberadamente. La población microbiana varia tanto en número como en clase, de acuerdo con el origen del agua; la composición de ésta en relación con las sustancias geográficas, biológicas y climáticas.
- c) Agua Subterránea: es la que se acumula cuando todos los poros del suelo o las rocas se saturan de materiales. Las bacterias y las partículas en suspensión son separadas del agua por filtración en varios grados, según la permeabilidad del suelo y la profundidad a la que penetra. Los manantiales son aguas profundas que afloran a la superficie, por una fisura en las rocas o en el suelo.

Los pozos se hacen enterrando un tubo que penetre hasta el nivel del agua profunda. Hablando bacteriológicamente, los pozos y manantiales bien localizados producen agua de muy buena calidad. Si se toman precauciones para evitar la contaminación, el contenido microbiano es desestimable.

1.4 Purificación del agua

El agua, que además de ser agradable a los sentidos, se encuentra libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas perjudiciales para la salud, se denomina potable; y la formada con desechos líquidos domésticos e industriales es el agua no potable o contaminada.

Para obtener el agua potable hay que eliminar los microorganismos perjudiciales y las sustancias químicas no deseables. Estas medidas se deben aplicar a los pozos o manantiales que surten a pocas personas, así como a los sistemas que abastecen a centenares o miles de ellas.

1.4.1 Determinación de la Calidad Sanitaria

El agua puede ser perfectamente clara, libre de olores y sabores, y sin embargo estar aún contaminada. Obviamente, se necesitan procedimientos especiales para determinar su calidad sanitaria.

Las Investigaciones Sanitarias Incluyen:

- a) La fuente sin tratar y las condiciones que influyen en su calidad.
- b) Las operaciones de la planta potabilizadora o la construcción del pozo.
- c) El mecanismo para la distribución del líquido a los consumidores.

Las condiciones de la comunidad o municipio que influyen en la calidad del líquido varían, pues hay cambios en la población; para determinar los tipos de las industrias y la cantidad de aguas negras, así como la forma de eliminarlas, se requiere de investigaciones son muy valiosas, ya que indican cualquier cambio en las operaciones para prevenir complicaciones, y para encontrar las causas de dificultades futuras.

Las investigaciones sanitarias revelan si el agua se está produciendo en las condiciones estipuladas. No obstante, la potabilidad sólo se puede determinar a través de los análisis físicos, químicos y exámenes de laboratorio. El análisis químico indica si está contaminada, y proporciona otras informaciones útiles, sin embargo, no es tan preciso como para detectar pequeños grados de contaminación con aguas negras, Por otro lado, las pruebas bacteriológicas se han diseñado, de manera que sean muy sensibles y específicas para revelar cualquier contaminación.

Se presupone que el objetivo de los análisis rutinarios son para determinar la existencia de microorganismos patógenos en el agua. Sin Embargo, esto no es verdad por las siguientes razones:

- a) Los organismos patógenos llegan al agua en forma esporádica y no sobreviven mucho tiempo; por lo tanto, podrían no estar en una muestra que se envíe al laboratorio.
- b) Si se encuentran en pequeñas cantidades, pueden pasar inadvertidos en los procedimientos empleados.

- c) Se necesitan 24 horas o más para obtener resultados de los exámenes, y si se encuentran microorganismos patógenos, muchas personas pueden haber tomado agua antes de que se conocieran resultados, y haberse expuesto a la infección.

Se sabe que los microorganismos patógenos que llegan a los depósitos de agua, proceden de las descargas intestinales de humanos y animales. Además, ciertas especies de bacterias, particularmente *Escherichia coli*, y varios microorganismos similares, denominados coliformes, estreptococos y fecales, son habitantes normales del intestino grueso de humanos y animales, y la presencia de cualquiera de estas especies en el agua es evidencia de contaminación fecal y el camino está abierto a los patógenos, ya que probablemente se encontrarán en las heces fecales.

Puesto que los exámenes de laboratorio para encontrar microorganismos patógenos en el agua tienen las desventajas enumeradas, se han desarrollado técnicas para detectarlos en las excretas, particularmente los del grupo coliforme. Este propósito ha probado ser satisfactorio en la práctica y tiene las siguientes ventajas:

- a) Los microorganismos coliformes, sobre todo *E. Coli*, habitan constantemente en el intestino humano en grandes cantidades. Se estima que una persona, en promedio, excreta al día miles de millones de estos microorganismos.
- b) Estos microorganismos viven más tiempo en el agua que los patógenos.

c) Obviamente, una persona sana en general no elimina microorganismos patógenos, pero puede desarrollársele una infección intestinal y esos microorganismos aparecerán en las materias fecales. Así, la presencia de coliformes en el agua se toma como señal de alarma, pues ha sido contaminada peligrosamente.

1.4.1.1 Análisis Físico

Las pruebas físicas miden y registran aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos.

1.4.1.2 Análisis Químico

Los análisis químicos determinan las cantidades de materia inorgánica y orgánica que hay en el agua y que afecte su calidad, proporcionando datos acerca de contaminaciones o mostrando las variaciones ocasionadas en el caso que se apliquen tratamientos.

1.4.1.3 Examen Bacteriológico

El objetivo de estos exámenes rutinarios es determinar la existencia de contaminación de origen fecal o presencia de los gérmenes del grupo coliforme.

2. METODOLOGÍA

2.1 Universo de trabajo

Está formado por siete pozos (Pacaja, Las Américas, El Paraíso, El Zoológico, La Democracia, San Isidro y La Cipresada) y una fuente de nacimientos de agua (Molino Viejo, Santa Rita) que es tan ubicados dentro del perímetro urbano de la Ciudad de Quetzaltenango, y que serán las principales fuentes de abastecimientos de la Zona Media urbana del municipio.

2.2 Recursos

2.2.1 Humanos

- Asesor del trabajo de graduación, Ing. Msc. Erwin Manuel Ortiz Castillo.
- Estudiante realizador del trabajo de graduación, Edwin Ottoniel Sac Escobar.
- Personal técnico que labora en la Empresa Municipal de Agua de Xelaju.
- Personal Obrero que labora en la Empresa Municipal de Agua de Xelaju.

2.2.2 Físicos

- Laboratorio de Control de Calidad de Agua del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM).
- Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju.
- Computadora Portátil Toshiba.
- Impresora Canon BJC-1000
- Hojas tamaño carta (papel bond).
- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de san Carlos de Guatemala, del Centro Universitario de Occidente y de La escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.

2.2.3 Equipo y Materiales

- En la toma de muestras y en los análisis físicos, químicos y exámenes bacteriológicos, las normas y métodos correspondientes requirieron la utilización del siguiente equipo: de laboratorio y de campo, cristalería, reactivos, recomendados por ref. 1 y 9
- En la determinación de caudales en el área de nacimientos se utilizo el caudalímetro helicoidal de velocidad lenta.

2.2.4 Financieros

- La Empresa Municipal de Aguas de Xelaju patrocinará los gastos incurridos en los análisis físicos- químicos y exámenes microbiológicos.

2.3 Diseño del Método de Muestreo

La selección de los sitios de muestreo se estableció de acuerdo con los objetivos de este estudio la evaluación de la calidad de agua de los abastecimientos de la nueva red de distribución de la Zona Media urbana del municipio de Quetzaltenango.

A la nueva red de distribución se le unirá un nacimiento de agua y siete pozos.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente se establecen ocho puntos de muestreo, figura 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 12 (pág. 126, 127, 128 y 129).

1. Pozo de Pacaja ubicado en la zona 10
2. Pozo de las Américas ubicados en la zona 1
3. Pozo de la Colonia el Paraíso ubicado en la zona 1
4. Pozo del Zoológico ubicado en la zona 3
5. Pozo de la Colonia la Democracia ubicado en la zona 3
6. Pozo de San Isidro ubicado en la zona 8.
7. Pozo la Cipresada ubicado en la zona 8.
8. Medidor de Flujo de Nacimientos San Isidro zona 8

2.3.1 Frecuencia de Muestreo

Los muestreos se realizaron en un período comprendido del 30 de agosto, 6 y 13 de septiembre del 2005, en un intervalo de 8 días por muestra

En cada sitio y fecha de muestreo se tomaron dos muestras, una destinada al análisis físico y químico, y otra destinada al examen bacteriológico.

2.3.2 Recolección, Transporte y Conservación de las Muestras

2.3.2.1 Análisis Físicos y Químicos

Se recolectaron las muestras en recipientes de polietileno con capacidad de 1 litro. La técnica del muestreo recomienda enjuagar tres veces el recipiente con agua antes de recolectar la muestra. Para que ésta tenga representatividad: se toma la muestra evitando contaminarla y se identifica. Luego las muestras pueden ser transportadas al laboratorio para sus respectivos análisis.

2.3.2.2 Examen Bacteriológico

Las muestras se recolectan en frascos de vidrio, de boca ancha con tapón esmerilado de 125 cm³, debidamente esterilizados. El tapón y el cuello del frasco son protegidos por medio de una cubierta de papel Kraft atada con un cordel ref. 1.

La muestra se identifica anotando los datos requeridos y se guardan en bolsas plásticas, se sellan las mismas y se colocan en una hielera; de esta forma las muestras se mantendrán a baja temperatura hasta el momento de realizar el examen bacteriológico. Para evitar posibles contaminaciones de la muestra en el punto de muestreo, se toma primero la muestra para el examen bacteriológico y después la muestra para el análisis físico-químico.

2.3.3 Número de muestras recolectadas

Por cada fecha programada de muestreo, se tomaron 16 muestras, 8 para análisis físico-químicos y 8 para los exámenes microbiológicos.

Al complementar el programa de muestreo, se recolecto un total de 48 muestras, 24 para los análisis físicos-químicos y 24 para los exámenes microbiológicos.

2.3.4 Tipos de análisis y exámenes que se van a realizar

Los métodos de análisis y examen que se aplicaron al agua para determinar sus características físicas, químicas y bacteriológicas, son los recomendados por la norma COGUANOR NGO 29 001 ref. 9.

2.3.4.1 Análisis Físicos

- Olor en frio
- Olor a 60°C
- Color aparente
- Color verdadero
- Temperatura
- Turbiedad
- Potencial de Hidrógeno
- Sólidos Disueltos totales
- Sólidos en Suspensión
- Sólidos totales
- Conductividad

2.3.4.2 Análisis Químico

- Alcalinidad debida al bicarbonato
- Alcalinidad debida al carbonato
- Alcalinidad debida al hidróxido
- Alcalinidad total
- Cloro residual
- Cloruros
- Dureza total
- Dureza de calcio
- Calcio
- Acidez
- Fluoruros
- Hierro total
- Manganeseo
- Magnesio
- Potasio
- Sodio
- Sulfatos
- Dióxido de carbono
- Nitrato
- Nitritos

2.3.4.3. Examen Bacteriológico

El grupo coliforme es el principal indicador de la potabilidad del agua. La presencia de gérmenes del grupo coliforme da un indicio de contaminación fecal, tal como la *Escherichia coli*, y que representa la aplicación de medidas urgentes.

Otra especie clásica de este grupo es el *Enterobacter aerogenes*. La presencia de microorganismos del grupo coliforme indica una alta posibilidad de presencia de organismos patógenos en el cuerpo de agua.

Estas bacterias son de forma alargada: bacilos no formadores de esporas y fermentación la lactosa con formación de gas a 35°C, en menos de 48 horas.

2.3.4.3.1 Prueba Presuntiva

Consiste en sembrar volúmenes apropiados de la muestra de agua en tubos con un medio de cultivo de caldo lactosado: si hay producción de gas después de un período de incubación de 24-48 horas a 35°C, la prueba es positiva. La ausencia de gas después de 48 horas es prueba de que no existen bacterias coliformes en la muestra analizada. La presencia de gas en los tubos de caldo lactosado constituye una prueba positiva, pero no necesariamente confirma la presencia de coliformes, ya que existe la posibilidad de que la formación de gas se deba a otro tipo de microorganismos; por eso es necesario realizar la prueba confirmativa ref. 11.

2.3.4.3.2 Prueba Confirmativa

Todos los tubos que resultaron positivos en la prueba presuntiva, se pasan a la prueba confirmativa. Para el grupo coliforme total, el medio es caldo con verde brillante, lactosa y bilis; y para el coliforme fecal se utiliza el medio EC.

La presencia de gas después del período de incubación constituye una prueba positiva que confirma la presencia de grupo coliforme, y la ausencia de gas constituye una prueba negativa ref. 11

2.3.4.3.3 Expresión de los Resultados

El método de los tubos de fermentación por diluciones múltiples se basa en leyes probabilísticas; de esa manera los resultados se expresarán por medio de un índice denominado Número Más Probable (NMP), que representa una evaluación de gérmenes coliformes existente en 100 cm³ de agua. Se calcula por medio de diversas combinaciones de resultados positivos y negativos que se obtienen directamente de la prueba confirmativa del examen bacteriológico. Se utilizan las tablas del NMP de bacterias coliformes presentes en 100 cm³ de la muestra; Dichas tablas se haya en la norma COGUANOR NGO 29 001, ref. 9

2.4 Clasificación y Representación de los Análisis

A continuación se describen distintos tipos de diagramas y clasificación que orientan para la interpretación y expresión de resultados.

2.4.1 Clasificación de Shchukarev

Emplea, como índice de clasificación, los iones que se encuentran en un porcentaje superior al 25% del total de miliequivalentes por litro de aniones o cationes presentes en el agua.

De acuerdo con los Aniones se tiene:

- a) Aguas bicarbonatadas: si la concentración del ion HCO_3 es mayor del 25% de los aniones presentes.
- b) Aguas sulfatadas, si la concentración del ión SO_4 es mayor del 25% de de los aniones presentes.
- c) Aguas Cloruradas: si la concentración del ion Cl^- es mayor del de los aniones presentes.
- d) Aguas Bicarbonatadas-Sulfatadas: si la concentración de los iones HCO_3 y SO_4 son mayores del 25% de los aniones presentes correspondientes.
- e) Aguas Bicarbonatadas-Cloruradas: si la concentración de los iones HCO_3 y Cl^- son mayores del 25% de los aniones correspondientes presentes.
- f) Aguas Sulfato-Cloruradas: si la concentración de los iones SO_4 y Cl^- son mayores del 25% de los aniones presentes correspondientes.
- g) Aguas Sulfato-Cloruradas-Bicarbonatadas: si la concentración de los iones SO_4 , Cl^- y HCO_3 es mayor del 25% de los aniones presentes correspondientes.

De acuerdo a los Cationes se tiene:

- a) Aguas Cálcicas: si la concentración de los iones Ca^{++} son mayor del 25% de los cationes presentes.
- b) Aguas Magnésicas: si la concentración del ion Mg^{++} es mayor del 25% de los cationes presentes.
- c) Aguas Sódicas: si la concentración del ion Na^+ es mayor del 25% de los cationes presentes.
- d) Aguas Cálcico-Magnésicas: si la concentración de iones Ca^{++} y Mg^{++} es mayor del 25% de los cationes presentes.
- e) Aguas Calcio-Sódicas: si la concentración de iones Ca^{++} y Na^+ es mayor del 25% de los cationes presentes.
- f) Aguas Magnesio-Sódicas: si la concentración de los iones Mg^{++} y Na^+ es mayor del 25% de los cationes presentes.
- g) Aguas Calcio-Magnésico-Sódicas: si la concentración de iones Ca^{++} , Mg^{++} y Na^+ es mayor del 25% de los cationes presentes correspondientes.

2.4.2 Diagrama Aritmético

Se lleva sobre el eje de las abscisas (X) a intervalos regulares los distintos iones presentes en el agua: Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Cl^- , SO_4 , HCO_3 y CO_3 ; y sobre el eje de las ordenadas (Y) el número de miligramos por litro o número de miliequivalentes por litro reducidos o no a porcentajes. Al realizar este diagrama, se obtiene una gráfica lineal cuya forma es característica de la composición química del agua.

2.4.3 Diagrama de Collins

Representa a los iones presentes en el agua por columnas verticales, cuya altura es proporcional a la concentración total de aniones y cationes. Estas concentraciones vienen expresadas en miliequivalentes por litro, y las columnas se dividen en segmentos que indican las concentraciones de los aniones y cationes que contienen la muestra de agua.

Generalmente se usan seis divisiones, superponiendo en la columna de la izquierda, de abajo hacia arriba los miliequivalentes de los Cationes Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} y en la columna adyacente los miliequivalentes de los aniones HCO_3 , CO_3 , SO_4 y Cl^{-} .

2.4.4 Indice de Langelier

El profesor W. Langenier, publico en 1936, un trabajo que es actualmente aceptado, en el que propuso la utilización del Indice de saturación como medio para predecir el comportamiento corrosivo o incrustante del agua natural, ref. 3

Las características incrustantes o no incrustantes de agua, pueden ser determinadas previamente, mediante el uso de el índice de saturación como medio para predecir el comportamiento corrosivo o incrustante del agua natural.

El índice de saturación se define como la diferencia algebraica entre el valor de pH actual o determinado en el cuerpo de agua, y el pH calculado de saturación, así:

$$Is = pH \text{ (actual) - } pHs \text{ (calculado)} \quad (2.1) \text{ (ref. 3)}$$

Donde:

- Is = Índice de Saturación
- pH = Potencial de Hidrógeno actual
- pHs = Potencial de Hidrógeno de saturación.

El valor de pHs se obtiene empleando la familia de curvas de la Carta del Índice de Saturación de Langelier y la aplicación de la siguiente ecuación:

$$pHs = pCa + pAlc + C \quad (2.2) \text{ (ref. 3)}$$

Donde

- pHs = Potencial de Hidrógeno de Saturación
- pCa = Factor logarítmico de la dureza del calcio, expresado en mg/L de CaCO₃ equivalente.
- pAlc = Es el factor logarítmico de los sólidos totales expresado en mg/L a la temperatura del agua.
- C = Es el factor logarítmico de los sólidos totales expresados en mg/L, a la temperatura del agua.

Cuando I_s es cero, es decir, cuando el pH actual es igual a pH_s , existe un equilibrio de saturación y no hay formación de incrustación, y el ataque corrosivo se minimiza.

Cuando I_s es un valor positivo, es decir, cuando el pH actual es mayor que pH_s , existe una condición de sobresaturación de carbonato de calcio, respecto a la alcalinidad y a los sólidos totales, a las condiciones existentes de temperatura; habiendo tendencia a depositar incrustaciones sobre la superficie de transmisión de calor.

Cuando I_s es un valor negativo, es decir, cuando el pH actual es menor que el pH_s , el equilibrio está desbalanceado en dirección opuesta y ocurrirá corrosión del metal descubierto y se disolverá cualquier incrustación, previamente formada.

2.4.4.1 Cálculo de pH_s y de I_s

- a) Localizar el valor conocido de la dureza de calcio en la escala de mg/L, entonces, léase verticalmente hacia arriba hasta la línea diagonal para dureza de calcio, $CaCO_3$ y, luego, horizontalmente a la izquierda, hasta la escala de alcalinidad $pAlc$. Y Pca .
- b) Localizar el valor conocido de alcalinidad al naranja de metilo (M) en la escala de mg/L, entonces, léase verticalmente hacia arriba hasta la diagonal para la alcalinidad M como $CaCO_3$ y, luego, horizontalmente a la izquierda hacia la escala de alcalinidad $pAlc$ y pCa . En esta escala, se lee el valor respectivo de $pAlc$.

- c) Localizar el valor conocido de sólidos totales en la escala de mg/L y luego, léase verticalmente hasta intersectar la línea de temperatura dada. De este punto léase, horizontalmente, a la derecha hacia la escala C, en la cual se lee el valor respectivo de C.

Con los datos obtenidos, se emplea la ecuación 2.2 para obtener el valor respectivo de pHs, el cual se substituye junto con el valor de pH, en la ecuación 2.1 para obtener, el valor correspondiente del índice de saturación Is.

2.4.4.2 Clasificación Descriptiva del Índice de Saturación

Para estimar cualitativamente el grado en que una determinada agua tiene tendencia corrosiva o incrustante, se utilizó la clasificación descriptiva del Índice de Saturación, que actualmente es empleada por el personal técnico del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos. La clasificación se presenta en la tabla XXII (pág. 169)

2.5 Medición de caudales

Respecto a la producción de los nacimientos, como no cuenta con medidores de caudal no fue posible la medición de caudales, además no se pudo contar con el caudalímetro helicoidal de velocidad lenta para poder realizar los aforos, sin embargo la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju nos proporciono los siguientes datos: en 10 nacimientos de Molino Viejo se hizo un aforo utilizando el caudalímetro helicoidal de velocidad lenta en dos ocasiones: 1er. Estudio local -/época seca/- y el 2do. -/época de lluvia/-. Aunque no fue posible medir otros nacimientos debido a la estructura enterrada, según la información proporcionada por EMAX-/sobre el caudal de Molino Viejo/-, fue estimada la producción total. Debajo de la caja unión de la aducción de nacimientos de Santa Rita 1, se hizo la medición de caudal con el uso del caudalímetro de ultrasonido. Se supone un aumento del 10% en el caudal de la estación de lluvias con relación al de la estación seca. Según los resultados del estudio del Plan Maestro realizado en marzo de 1998, se midió un caudal de 133 l/s en la aducción de nacimientos, y estudio realizado por EMAX en la época seca presento un valor similar al mismo, tabla IX (pág.156).

La producción de los pozos que nos interesan en el presente estudio son siete -/Pacaja, Las Américas, El Paraíso, El Zoológico, San Isidro, La Democracia y La Cipresada/-, de estos siete pozos seis cuentan con medidores de flujo -/Caudalímetros/-, por lo que fue sencillo medir los caudales de cada pozo.

En el momento de los muestreos para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, se tomaron los tiempos en que las agujas del caudalímetro proporcionan un metro cúbico de agua y así a través de conversiones obtener los litros por segundo de producción en cada pozo. Con respecto al pozo de la Cipresada fue imposible medir su caudal debido a que la tubería de abastecimiento es subterránea y la lleva directo al depósito, por lo tanto se supuso el caudal bombeado a partir de la capacidad de su bomba, tabla VIII (pág. 155).

3. DESINFECCIÓN

Para asegurar que el agua es potable y hasta donde sea posible, permanezca así, debe desinfectarse o esterilizarse. La esterilización, hablando estrictamente, consiste en eliminar todos los organismos; la desinfección, consiste en eliminar a los organismos que puedan provocar enfermedades. El material utilizado en la desinfección debe ser de preferencia uno que retenga su efecto durante un tiempo considerable, permitiendo así alguna protección en contra de una recontaminación.

La desinfección de las aguas, es decir la destrucción de los microorganismos patógenos hídricos, no se logra a través de medios biológicos, sino físicos y químicos. Además, la desinfección química ofrece mayores posibilidades de éxito que la desinfección física.

La desinfección del agua es sin duda, el arma más poderosa que puedan usar las autoridades encargadas de la sanidad y el control de las aguas, en contra de las infecciones hídricas. La desinfección intencional de las aguas tiene la misión específica de matar, en forma selectiva si es necesario, aquellos organismos vivientes que pueden difundir o transmitir infecciones a través de ella.

Los desinfectantes del agua, para que sean de utilidad práctica, deben poseer las siguientes propiedades:

- Deben destruir las clases y números de patógenos que se pueden introducir a las aguas y además, hacerlo dentro de un lapso razonable de tiempo, a la temperatura del agua y tomando en cuenta las posibles fluctuaciones en composición, concentración y adición de las aguas sujetas a tratamiento.
- En las concentraciones requeridas, no deben ser tóxicos al hombre ni a sus animales domésticos, ni de sabor desagradable u objetable por alguna otra razón.
- Deben ser aplicables a un costo razonable, ser seguros y fáciles de almacenar, transportar, manipular y aplicar.
- Su concentración en el agua tratada debe ser determinable con facilidad, rapidez y de preferencia, automáticamente.
- Deben persistir en el agua desinfectada con la concentración suficiente para proporcionar una protección residual razonable contra la posible recontaminación del agua antes de utilizar; o bien, debido a que ésta no es una propiedad que se obtenga normalmente, la desaparición de los residuos será un aviso de que ha tenido lugar la recontaminación.

3.1 Opciones de Desinfección

3.1.1 Desinfección por Ozono

El ozono (O₃, de la palabra griega Ozem, oler), es corrosivo y venenosos en concentraciones fuertes en la atmósfera, y su generación, patoquímica; junto con los vapores de gasolina de los escapes de los automóviles, produce las brumas (smogs), que irritan los ojos, garganta y pulmones, sobre todo en las poblaciones grandes. Sin embargo, en concentraciones adecuadas y tomando las precauciones necesarias para su uso, se puede emplear como un efectivo desodorante, decolorante y desinfectante en las plantas de purificación de agua potable.

Desde el punto de vista de su empleo como desinfectante, se dice que el Ozono posee propiedades que pueden ser de una efectividad total o también nula, indicando con ello que usado en concentraciones por debajo de un “nivel crítico”, su efecto desinfectante es casi nulo, y pasada esa concentración su efecto es completo. El Ozono destruye los coliformes y otras bacterias durante el lapso que se puede detectar un residual de Ozono y en concentraciones que varían de 1.0 a 2.0 mg./L.

A temperaturas normales los residuales del Ozono desaparecen del agua con rapidez, lo que constituye una seria limitante para su uso en sistemas públicos de abastecimiento de agua. Otra limitante lo constituye el que los costos de capital y de operación del equipo de ozonización son considerablemente superiores a los que requiere un equipo de cloración; sin embargo puede ser factible su utilización, cuando sea necesario remover olores, sabores, o reducir el color en el agua.

3.1.1.1 Mecanismos de la desinfección con ozono

El mecanismo de desinfección en la ozonización se basa en el alto poder del ozono como oxidante protoplasmático general. Esta condición convierte el ozono en un eficiente destructor de bacterias y la evidencia sugiere que es igual de efectivo para atacar virus, esporas y quistes resistentes de bacterias y hongos.

Una planta de Ozono incluye limpiadores, sopladores y secadores de refrigeración para el aire a usarse; un transformador para elevar el voltaje y una cámara de contacto o torre de Ozono, que es donde se efectúa la transferencia del Ozono desde la fase gaseosa a la fase del agua, además del ozonizador.

3.1.1.2 Subproductos de la desinfección con ozono

Respecto al nivel de concentración del ozono para la desinfección del agua de consumo humano no se conoce ningún efecto adverso directo sobre la salud. Sin embargo, al igual que el cloro, el ozono puede producir subproductos (SPD) como los bromatos, el bromoformo, el ácido bromoacetido, los aldehidos, las cetonas y los ácidos carboxílicos.

Entre ellos los aldehidos son probablemente los de mayor inquietud para la salud, pero la información aun es insuficiente para evaluar los riesgos de la exposición a los mismos en agua potable.

3.1.2 Desinfección solar

Uno de los métodos de desinfección más simples y menos costosos para suministrar agua de calidad aceptable para el consumo humano es la radiación solar, que algunos técnicos han dado en llamar SODIS (del inglés “solar desinfection”). Este método es ideal cuando las condiciones económicas y socioculturales de la comunidad ponen en riesgo la sostenibilidad de otras alternativas de tratamiento y desinfección, como la filtración o uso de cloro, aun cuando estas también sean reconocidas como simples y económicas. Es necesario aclarar que la técnica es más adecuada para el tratamiento de agua en el ámbito familiar o para grupos de viviendas, antes que para sistemas convencionales o más complejos. Obviamente, solo es viable en aquellos lugares donde exista conveniente radiación solar.

El proceso de desinfección solar es un proceso térmico que consiste en elevar la temperatura del agua por un espacio suficiente de tiempo en contenedores acondicionados para lograr la absorción del calor proveniente de la radiación solar. Estos conductores pueden ser de diversos materiales conductores de calor. El color oscuro permite un aumento acelerado de la temperatura del agua y la conservación de calor por más tiempo.

La tecnología de la SODIS usa equipos como el calentador solar (de producción continua) y los sistemas en tanda, entre los que figuran la cocina solar, el concentrador solar y una gama de destiladores. Todos estos equipos son sencillos, económicos y fáciles de operar.

3.1.2.1 Mecanismo de la desinfección solar

Existe un par de trabajos que postulan que buena parte del poder de desinfección de la SODIS se debe a la acción fotoquímica. La radiación ultravioleta tiene el poder de aniquilar microorganismos y por ello se ha argumentado que la porción ultravioleta que acompaña a la porción visible cuando se expone al agua a la luz del sol sería la responsable de la acción bactericida. Decididamente, la SODIS no opera bajo el pretendido mecanismo de la fotoquímica. El funcionamiento de la SODIS se basa en la pasteurización, que es un proceso térmico. Si bien la susceptibilidad al calor se encuentra condicionada por factores como la turbiedad del agua, la concertación de células, estado fisiológico y otros parámetros, el proceso de pasteurización destruye coliformes y otras bacterias no termotolerantes y esto es afortunado, ya que la mayor parte de los patógenos se encuentran en este grupo.

3.1.2.2 Subproductos de la desinfección solar

El conocimiento actual de la SODIS y los estudios que se han realizado hasta el presente no reportan la presencia de subproductos de desinfección (SPD)

3.1.3 Radiación ultravioleta

Aunque conocida desde hace mucho tiempo, la desinfección por radiación ultravioleta ha cobrado importancia en los últimos tiempos debido al avance de la tecnología de producción de nuevas lámparas e instrumentos de control.

Si bien la radiación no produce un residual, su acción no altera la calidad del agua, ni química ni organolépticamente; y ello contribuye a su actual éxito.

La radiación ultravioleta (o luz ultravioleta o UV) es el único método físico práctico que puede usarse para la desinfección del agua en comunidades pequeñas. Las aplicaciones prácticas de la radiación ultravioleta comenzaron en 1901 cuando se consiguió producir esta luz artificialmente. Esta técnica se consideró para la desinfección del agua de bebida cuando se comprobó que el cuarzo era uno de los pocos materiales casi totalmente transparente a la radiación ultravioleta, lo que permitió la envoltura protectora de los tubos.

La aparición de los subproductos de la desinfección (SPD), sobre todo aquellos asociados a la desinfección con cloro, hicieron que numerosos sistemas pasaran de este a la UV.

3.1.3.1 Mecanismo de la desinfección por radiación ultravioleta

El mecanismo de desinfección se basa en un fenómeno físico por el cual las ondas cortas de la radiación ultravioleta inciden sobre el material genético (ADN) de los microorganismos y los virus, y los destruye en corto tiempo, sin producir cambios físicos o químicos notables en el agua tratada.

Se cree que la inactivación por luz ultravioleta se produce mediante la absorción directa de la energía ultravioleta por el microorganismo y una reacción fotoquímica entracelular resultante que cambia la estructura bioquímica de las moléculas (probablemente en las nucleoproteínas) que son esenciales para la supervivencia del microorganismo.

La mayoría de los equipos de desinfección ultravioleta utilizan una exposición mínima (en el agua) de 30,000 uWs/cm². Esto es adecuado para inactivar las bacterias y virus patógenos, pero quizá no sea suficiente para ciertos protozoos patógenos, quistes de protozoos y huevos de nematodos, que pueden requerir hasta 100,000 uWs/cm² para su inactividad total.

La desventaja de la UV es que su acción desinfectante depende de la calidad de agua. La temperatura del agua tiene poca o ninguna influencia en la eficacia de la desinfección con luz ultravioleta, pero afecta el rendimiento operativo de la lámpara de luz ultravioleta, cuando la misma está inmersa en el agua.

La energía ultravioleta es absorbida por el agua, pero en mucho mayor grado es absorbida por los sólidos en suspensión o disueltos, turbiedad y color. En el agua para consumo humano los sólidos en suspensión es generalmente inferior a 10 ppm. nivel al que empieza a experimentar problemas con la absorción de la luz ultravioleta. La turbiedad debe ser tan baja como sea posible y en todo caso, deben evitarse turbiedades mayores de 5 UTN.

3.1.3.2 Subproductos de la desinfección con rayos ultravioleta

Como se ha expresado, la luz ultravioleta tiene la capacidad de tratar el agua sin producir cambios físicos o químicos considerables en el agua tratada. No se conoce efectos directos adversos sobre la salud de los consumidores de agua desinfectada con luz ultravioleta. En el proceso de desinfección no se le agrega ninguna sustancia al agua, por lo que no hay riesgos de formación de SPD y la luz ultravioleta no altera el sabor ni el olor de agua tratada. Ala dosificación y frecuencia utilizada para la desinfección, no se conoce que exista la formación de derivados. La sobredosis de luz ultravioleta tampoco resulta en ningún efecto nocivo.

3.1.4 Desinfección mediante el cloro

La práctica más difundida actualmente para la desinfección de aguas para consumo humano y de aguas residuales, la constituye la aplicación de Cloro, debido principalmente a su efectividad, bajo costo, facilidad de aplicación y acción residual, condiciones deseables en cualquier desinfección.

Los productos de la familia del cloro disponibles en el mercado para realizar la desinfección del agua son:

- Cloro gaseoso
- Cal clorada
- Hipoclorito de sodio
- Hipoclorito de calcio

3.1.4.1 Ventajas del uso del cloro

Basándose en estudios y experiencias, se ha concluido que el Cloro y sus compuestos, son activos desinfectantes para la destrucción de la flora bacteriana que se encuentra en el agua. Las principales razones que se pueden citar para aconsejar la aplicación del Cloro al agua como desinfectante, son: fácil aplicación; bajo costo; efecto inocuo para el hombre en las dosis utilizadas en la desinfección del agua; facilidad para mantener un Cloro residual en la red de distribución y efectiva acción.

En los cambios de su utilización, el Cloro se agregaba casi siempre al agua cruda o coagulada antes de su filtración. A medida que se desarrolló la desinfección del agua en forma práctica, se hizo más común la adición de Cloro al agua efluente del filtro. En nuestros días se conoce el valor de la cloración antes y después de la filtración, puesto que proporciona de esta manera medios adicionales para lograr, a la salida, un líquido satisfactorio.

La cloración es la introducción de Cloro en el agua, no sólo para desinfectarla, sino también para lograr otros resultados biológicos o químicos. La cloración mejora la coagulación en muchas aguas, especialmente las que contienen complejos coloreados y Hierro.

En los últimos años, se ha llegado a la conclusión que un falso sentido de seguridad puede resultar de residuos de Cloro insuficientes en cantidad y en tipo. Debidamente sostenida y controlada, la cloración del agua, puede dar un líquido de salida perfectamente seguro en toda ocasión.

La adaptación de un tratamiento con cantidades más importantes de Cloro, marcará la pauta en el futuro, puesto que la cloración intensiva logra unas normas más efectivas de calidad bacteriana y mejora la operación de las Plantas, incluyendo la eliminación de ciertos tipos de sabores y olores.

Desde luego, debe entenderse que la elaboración no es sustituto para un tratamiento más general.

Las aguas que tienen mucho color o una turbiedad apreciable, o que llevan desperdicios industriales en solución, requieren una coagulación preliminar, sedimentación y filtración, con lo que se obtendrán resultados finales satisfactorios, siempre que la cloración sea una parte integral del tratamiento general. Como ocurre con otros elementos de un tratamiento de agua completo, es esencial que el equipo diseñado para añadir el Cloro al agua, sea instalado en forma duplicada para garantizar la continuidad del tratamiento.

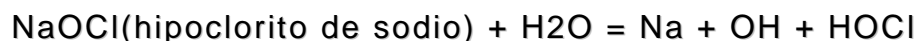
3.1.4.2 Mecanismo de la desinfección con cloro

La cloración del agua potable se lleva a cabo mediante el burbujeo del cloro gaseoso o mediante la disolución de los compuestos de cloro y su posterior dosificación. El cloro en cualquiera de sus formas, se hidroliza al entrar en contacto con el agua, y forma ácido hipocloroso (HOCl) de la siguiente forma:

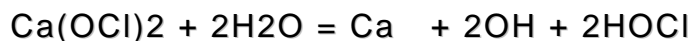
- En el caso de cloro gaseoso, la reacción que tiene lugar es:



- En el caso del hipoclorito de sodio, la reacción que tiene lugar es:



- En el caso del hipoclorito de calcio y la porción activa de la cal clorada, la reacción es:



Durante el proceso químico de la desinfección se producen compuestos tales como cloramidas, dicloramidas y tricloramidas en presencia de amoníaco en el agua. Las cloramidas sirven igualmente como desinfectantes aunque reaccionan de una manera sumamente lenta. Asimismo, se forma el ácido clorhídrico (HCl) y los hidróxidos de calcio y sodio, los cuales no participan en el proceso de desinfección.

La especie desinfectante es el ácido hipocloroso (HOCl), el cual se disocia en iones hidrogeno (H⁺) e hipoclorito (OCl⁻) y adquiere sus propiedades oxidantes.

La acción bactericida del Cloro depende de una serie de variables que tienen gran importancia en el rendimiento del desinfectante, entre las cuales cabe mencionar:

- a) Naturaleza de los organismos que han de destruirse.
- b) Grado de concentración de estos microorganismos.
- c) Tiempo de contacto entre el desinfectante y los microorganismos.
- d) Concentración y composición del agente o agentes químicos liberados en el agua.
- e) Temperatura del agua.

f) Concentración y composición de las impurezas presentes en el agua.

g) pH del agua

h) Tipo de aguas a tratar

La aplicación del Cloro o sus derivados tiene por fin primordial matar las bacterias y otros microorganismos patógenos para el hombre.

La teoría fisicoquímica es la que tiene mayor aceptación. El Cloro reacciona con las proteínas y el grupo amino de la célula, alterando las características químicas de sus constituyentes. La susceptibilidad de los diferentes tipos de bacterias, se identifica con la resistencia que la célula presenta a la difusión. La dificultad para inactivar las esporas y quistes está relacionada con la resistencia que sus envolturas oponen a este proceso. Las formas de resistencia no son destruidas con las dosis que se aplican normalmente al agua potable para la desinfección, pero se eliminan por medio de la filtración.

A continuación se discuten algunos de los factores más importantes que influyen sobre el Cloro residual deseado.

3.1.4.3 Tiempo y Concentración para uso del Cloro

Estos dos factores deben considerarse como mutuamente ligados, pues por medio de ambos se toma en consideración la duración del período de reacción disponible para la desinfección, así como la cantidad y clase de Cloro residual.

En las aguas normales, existe una demanda de Cloro que debe satisfacerse antes de que éste sea un desinfectante efectivo; dicha demanda será la diferencia entre el Cloro agregado y la cantidad remanente al final de un período de contacto específico y se debe al contenido orgánico o al contenido de Hierro, Manganeso, Nitratos del agua.

Conforme se le agrega Cloro al agua, las primeras reacciones causan la destrucción de los compuestos reductores de Cloro; al continuar agregando Cloro se forman los compuestos Cloro-orgánicos y Amoníaco-Cloro que tienen una acción desinfectante lenta; al agregarse más Cloro, estos compuestos se destruyen y finalmente se tiene que el Cloro libre disponible aumenta casi en una relación de 1 a 1, conforme se agrega más Cloro, teniendo este Cloro libre una rápida acción desinfectante.

Encontrado que una desinfección efectiva necesita residuos de Cloro libre de 0.2 mg./Lt. Bajo las condiciones; para un agua que tenga un pH no mayor que 7, debe tener un residuo libre de 0.2 mg./Lt. Después de 10 minutos de período de contacto o, un residuo combinado de 1.0 a 1.5 mg./Lt.

Después de 60 minutos; para agua con pH de 8, se debe tener un Cloro libre de 0.4 mg./Lt. o un residuo combinado de 1.8 mg./Lt.

Respecto a la destrucción de los virus por el Cloro, se han hecho estudios sobre su eficiencia y parece ser que el virus de la Poliomiелitis con un 0.1 mg./Lt. De residuos de Cloro libre después de 30 minutos con un pH de 7.

Los organismos de la Tuberculosis han sido destruidos con residuos de unos 3.0 mg./Lt. Con 30 minutos de contacto.

3.1.4.4 Temperatura

La temperatura del agua afecta sensiblemente la acción desinfectante del Cloro residual. Para lograr la misma acción bactericida con una temperatura de 4.5°C, en comparación con la temperatura de 21°C, siendo iguales todos los demás factores, la concentración del Cloro residual combinado, debe ser más del doble de la concentración del Cloro residual libre.

3.1.4.5 pH

El pH del agua afecta la acción desinfectante del Cloro, particularmente la del Cloro residual combinado. Un pH de 6.5 y una temperatura de 21°C, más 0.3 mg./Lt. De Cloro residual combinado, causan un efecto total de 100% en las bacterias. A la misma temperatura y un pH de 7.0, el Cloro residual combinado debe aumentarse hasta 0.6 mg./Lt. A un pH de 8.5, debe aumentarse aún más, hasta 1.2 mg./Lt. Para lograr el mismo efecto total sobre las bacterias.

En general como se ha señalado, la efectividad del Cloro como desinfectante depende de un sin número de variables, entre éstas el tipo de agua, concentración de Cloro, período de contacto, pH, temperatura, etc.; por lo que comúnmente se ha aceptado como una desinfección efectiva el tener al menos una concentración de 0.3 mg./Lt. De Cloro libre en el punto más alejado de la red de distribución de un suministro de agua.

Por esta razón, cuando se monitorea el cloro, del agua, es aconsejable vigilar el pH, ya que esto dará una idea del potencial real bactericida de los desinfectantes presentes. En tal sentido, es importante mencionar que la OMS recomienda para una desinfección adecuada un pH < 8. ref. 6

3.1.4.6 Turbiedad

La turbiedad es otro factor de peso en la desinfección, ya que una excesiva turbiedad reducirá la efectividad por absorción del cloro y por otro lado protegerá a las bacterias y virus de su efecto oxidante. Por tal, la OMS recomienda una turbiedad menor de 5 UNT, siendo lo ideal menos de 1 UNT.

3.1.4.7 Desinfección por medio de hipocloritos

Una práctica muy usual de desinfección, la constituye el uso de compuestos de Cloro, tales como el Hipoclorito de Sodio o el Hipoclorito de Calcio. Estos se agregan usualmente al agua en forma de solución.

Los Hipocloritos de Sodio y Calcio se utilizan para clorar el agua en instalaciones pequeñas y para esterilizar las líneas de aguas principales y redes de distribución, cuando entran en operación o cuando es necesario realizar reparaciones.

Debido a la estrecha relación que guarda el contenido de Cloro disponible, con la efectividad como desinfectante de los Hipocloritos es conveniente aclarar que el término "Cloro disponible" se refiere al potencial de oxidación total de un Hipoclorito y es igual al valor de OCL (Oxígeno-Cloro) del compuesto o dos veces el peso del Cloro presente como OCL- en el compuesto. Un átomo de Cloro desplazaría un átomo de Yodo en una solución de Potasio-Yodo, pero una molécula de Hipoclorito de Calcio, que tiene dos átomos de Cloro desplazaría cuatro átomos de Yodo del Yoduro de Potasio.

Un Hipoclorito no tiene un contenido de Cloro real, indicado por el porcentaje de Cloro disponible mencionado previamente. Sin Embargo, debido a la habilidad de la molécula de Hipoclorito de Calcio, con dos átomos de Cloro, para desplazar dos veces más Yodo del Potasio, de lo que desplazarían dos átomos de Cloro Líquido, la habilidad de cloración real se representa por el término "Cloro disponible".

Las soluciones de Hipoclorito de Sodio se expenden bajo diferentes denominaciones comerciales y sus concentraciones varían desde el 3 al 15% de Cloro disponible. El Hipoclorito de Calcio se encuentra disponible en el comercio en concentraciones del 25 al 37% del Cloro disponible.

Cabe señalar, sin embargo, que estos compuestos son poco estables y poco prácticos debido a la escasa cantidad de Cloro disponible; es por ello que lo más usual sea la utilización de Hipocloritos de Calcio, tales como HTH, Perclorón, CCH y otros productos que contienen de 65 a 75% de Cloro en peso, con la ventaja de que son más estables y se deterioran menos rápidamente durante el almacenamiento; sin embargo, su costo es relativamente más alto.

Estos compuestos actualmente son ampliamente usados en Guatemala en piscinas y sistemas de tratamiento de agua.

Los Hipocloritos se aplican al agua en forma de solución, mediante un aparato alimentador de Hipocloritos, que puede ser desde lo más simple, y que básicamente es un orificio alimentado de carga constante, hasta otros que incluyen pequeñas bombas de capacidad apropiada; ambos son fácilmente controlables a través de la concentración del Hipoclorito y del caudal que entregan.

No importa el medio de desinfección escogido, en todo suministro de agua es conveniente tener a mano un Hipoclorador de emergencia, que en determinado momento pueda substituir el sistema principal de desinfección, así como suficiente Hipoclorito, que pueda servir para la desinfección de tanques, tuberías, etc., dada la versatilidad y facilidad de su uso.

A pesar de la baja inversión en equipo que representa la implementación de un sistema de Hipocloración y que al igual que el Cloro, el Hipoclorito tiene un efecto residual, su principal desventaja respecto a éste es su alto costo, ya que para desinfectar una misma cantidad de agua, se requiere gastar casi cinco veces más en la adquisición de los compuestos químicos, presentando así mismo más problemas de operación.

3.1.4.8 Subproducto de la desinfección con cloro

El cloro da lugar, entre otros, a una larga lista donde los más visibles son tríhalometanos (THM), los haloacetatos, acetonitrilos, halogenados y clorofenoles. Algunos de estos producen cáncer en cantidades excesivas.

4. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CLORACIÓN

4.1 Bases para la selección de los puntos de aplicación del Cloro

El término cloración denota en todas las plantas de agua el empleo del Cloro. En la práctica, las denominaciones: cloración sencilla, precloración, postcloración y recloración, entraron al lenguaje común para especificar el punto o el sitio donde se emplea y aplica el cloro.

4.1.1 Cloración Simple

La cloración simple se define como la aplicación de Cloro a un agua que no ha sido tratada de otro modo, cuando entra en el sistema de distribución o en la tubería que a él conduce.

En la cloración simple de aguas de embalse o de aguas de superficie elevadas naturalmente, el Cloro se aplica a la tubería que conduce el agua desde estas fuentes de gravedad. Generalmente hay que bombear para introducir la solución de Cloro en la tubería. Cuando la cloración simple se emplea para tratar el agua que se bombea en el sistema, el Cloro se aplica generalmente a la parte de aspiración de la bomba, empleando la presión del otro lado de la bomba para los cloradores. La cloración simple del agua que baja por gravedad, se controla mejor por una alimentación proporcional al gasto de la corriente.

La cloración del agua que requiere bombeo se controla de un modo similar o con un mecanismo automático de “arranque y detención”, según la disposición del sistema distribuidor.

Puesto que la cloración simple se emplea para el agua que no recibe ningún otro tratamiento de purificación, es la única salvaguardia de desinfección.

4.1.2 Precloración

La precloración es la aplicación de Cloro al agua antes de cualquier otro tratamiento. Tiene muchas ventajas porque puede emplearse para mejorar la coagulación; para suprimir la descomposición de las materias orgánicas en los sedimentos de los estanques de coagulación; para el control de algas y otros organismos microscópicos en estos estanques; para quitar sabores y olores oxidando las materias orgánicas y para mantener al mínimo el crecimiento biológico de los filtros.

En la precloración del agua de superficie llevada por gravedad, el Cloro se aplica a la toma de la tubería alimentada por gravedad o al agua que entra en la cámara de mezcla o en el estanque de asentamiento. En el agua cruda bombeada, ya sea de superficie o subterránea, el Cloro se aplica generalmente por el lado de aspiración de la bomba o al agua cuando ésta entra en la cámara de mezcla o en el estanque de asentamiento.

El tiempo de retención del Cloro en virtud de la precloración producirá muchos de los beneficios antes mencionados a condición de que se mantenga el tipo apropiado de Cloro residual.

4.1.3 Postcloración

La postcloración es la aplicación del Cloro al agua después de cualquier otro tratamiento. El término postcloración se aplica en general a la agregación del Cloro después de la filtración, pero cuando la precloración o cualquier otro tratamiento se emplea antes de los filtros, la postcloración puede en realidad preceder a la filtración.

Cuando la postcloración sigue a la filtración, conviene agregar el Cloro al efluente del filtro o al afluente del depósito de agua clarificada para dar al Cloro el mayor tiempo de contacto posible, antes de que el agua llegue al consumidor. Donde esto no es posible, el cloro puede ser agregado al efluente del depósito de agua clarificada.

4.1.4 Recloración

La recloración es la aplicación del Cloro al agua en uno o más puntos del sistema de distribución, después de un tratamiento anterior de cloración. El punto de aplicación puede estar al final de una larga tubería de alimentación dentro del sistema de distribución, en un punto donde la tubería principal abastece alguna población distante, en un punto del sistema donde se encuentra la bomba reforzadora o en el depósito regulador.

La recloración se emplea para ayudar a mantener un residuo adecuado de Cloro en todo el sistema de distribución y es una protección complementaria contra la solución bacteriana de los estanques y de los depósitos reguladores.

4.2 Selección del punto de aplicación de cloro

Como ya se mencionó, el punto de aplicación es de mucha importancia en la cloración del agua. La fuente de abastecimiento, el método de tratamiento, la distribución y las condiciones locales, son parámetros que deben tomarse en cuenta en la selección de los puntos de aplicación.

Para seleccionar y poder recomendar el punto de aplicación de cloro a la nueva red de distribución de la Zona Media urbana de la Ciudad de Quetzaltenango, se parte de la base que el agua a desinfectar no recibe ningún otro tratamiento de purificación, por lo que una cloración simple determinará la distribución de agua sanitariamente segura. En lo posible, se trató que el punto seleccionado llenara los siguientes requisitos.

- Donde el contacto del agua y el Cloro fuera lo más próximo a la admisión de ésta al sistema de distribución, a fin de evitar que se contamine después de clorada.
- Donde se garantice una cobertura total.
- Donde se tenga un período de contacto adecuado.

- Donde existan facilidades para la construcción de la caseta.
- Donde la adición del Cloro no produzca problemas de corrosión.
- Donde haya facilidad de acceso.
- Donde se facilite la toma de muestras de Cloro residual, antes de la salida del efluente a la red de distribución, a fin de poder controlar mejor el proceso.
- Donde sea menor la inversión.

4.2.1 Punto Seleccionado para la nueva red de distribución de agua potable.

Para el la nueva red de distribución de agua potable de la Zona Media urbana del municipio de Quetzaltenango se sugiere que la caseta de cloración sea construido en San Isidro y el punto para la inyección de cloro este sobre la tubería HFD de 20 pul, ubicada a la salida del vertedero a 5 metros del tanque de recepción y distribución, figura 13 y 18 (pág. 130 y 135) tanto el punto de inyección y la caseta de cloración ofrecen las siguientes ventajas:

- Terreno municipal con dimensiones apropiadas para construcción de Caseta-Bodega de cloración.

- Por ese punto pasan los caudales de los siete pozos -/Pacaja, Las Américas, El Paraíso, El Zoológico, San Isidro, La Democracia, La Cipresada/- que formaran el nuevo sistema de abastecimiento de la Zona Media Urbana de Quetzaltenango .- /sistema San Isidro/-, sin tener ningún efluente con anterioridad.
- La tubería dúctil -/HFD: Tubería de hierro fundido dúctil/- de 20", ofrece facilidades para instalar el difusor y resistencia a la corrosión.
- Tiempo de contacto adecuado, proporcionado por el tanque de distribución de San Isidro.
- Cercanía a la red de distribución.
- Facilidad de acceso.
- Facilidad de tomar muestras de Cloro residual en el tanque de distribución.

4.3 Dosis de cloro

La dosificación del cloro, depende principalmente de la calidad y composición del agua a tratarse y se cuantifica a través de la medida de la demanda del Cloro.

La demanda del Cloro del agua es la diferencia entre la cantidad de Cloro aplicado y la cantidad libre, combinada o el total disponible al final del período de contacto.

La demanda de Cloro es diferente en todas las aguas y aún en un agua determinada va a variar con la cantidad de Cloro aplicado, al residual deseado, tiempo de contacto, pH y temperatura. El test debe ser hecho con Cloro o con Hipoclorito, dependiendo de la forma que se va a usar en la práctica.

La medida de la demanda de Cloro se puede hacer tratando una serie de muestras del agua en cuestión, usando una dosificación diferente en cada una de ellas (ente 1 y 10 mg/l) y midiendo el Cloro residual después del período de contacto deseado (30 minutos) y a la temperatura que nos interese; la determinación de Cloro residual de la muestra, nos va a mostrar cuál dosis satisface los requerimientos de la demanda, en términos del residual deseado.

Graficando las cantidades del Cloro agregado a cada una de las muestras en el eje de las abscisas y el Cloro residual medido en cada una de ellas, en el eje de las ordenadas, se obtiene una curva que nos muestra las reacciones del Cloro en el agua y de donde se puede inferir la demanda de Cloro de un agua determinada, recibiendo por ello el nombre de “Curva de Demanda de Cloro”.

El cloro en el agua es un agente químico muy activo. Si una pequeña cantidad se agrega al agua, reaccionará con la gran cantidad de sustancias disueltas o suspendidas en ella y entonces su poder como agente desinfectante quedará destruido. Por ejemplo, el Cloro reacciona rápidamente con el ácido sulfhídrico, lo cual da como resultado que no habrá desinfección; el manganeso, el Hierro y los Nitritos reaccionan en forma similar con el Cloro y por ello no se lleva a cabo ninguna desinfección, figura 14 (pág. 131).

Si se agrega la cantidad suficiente de Cloro para que reaccione con estos compuestos, llamados compuestos reductores, entonces, un poco más de Cloro que se agregue reaccionará con cualquier materia orgánica presente, para producir compuestos orgánicos de Cloro, los cuales tienen poca o ninguna acción desinfectante y pueden causar sabores y olores, figura 14 (pág. 131). Si se agrega Cloro en cantidad suficiente para que reaccione con todas las sustancias reductoras, la materia orgánica y el amoníaco, un poco más de Cloro que se agregue quedará como Cloro residual libre disponible, el cual es un agente desinfectante muy activo. La OMS considera que una concentración de 0.5 mg/l en cloro residual libre en el agua, luego de un periodo de contacto de 30 minutos, garantiza una desinfección satisfactoria ref. 6

La cantidad de sustancias reductoras, materia orgánica y amoníaco, varía para cada agua y varía también con el tiempo, en el mismo abastecimiento de agua. Consecuentemente, también varía la cantidad de Cloro que tiene que agregarse a un abastecimiento del agua para su desinfección. La cantidad de Cloro que consumen las sustancias reductoras y la materia orgánica se define como demanda de Cloro. Cuantitativamente se define la demanda de Cloro como la cantidad que se agrega, menos la cantidad que hay después del período de reacción seleccionado, generalmente de 30 minutos, según se mida con la prueba de la Ortotolidina o por el método del Dietil-Para-Fenilendiamina. La cantidad de Cloro que permanece después del período de reacción, se define como Cloro residual y se expresa en miligramos por litro o partes por millón (ppm).

El cloro residual puede existir como compuestos clorados de materia orgánica y amoníaco, en cuyo caso se conoce como “Cloro residual combinado”; puede estar presente como Cloro libre y en este caso se conoce como “Cloro residual libre”; o puede estar al mismo tiempo como “combinado” y como “Cloro residual libre” y en este caso se conoce como “Cloro residual total”. En consecuencia “Cloro suficiente” es la cantidad requerida para producir un residual deseado, ya sea combinado, libre o total, después de un período de contacto definido.

La determinación de la demanda de Cloro del agua, es un factor de mucha importancia y sirve como base para determinar el número y la capacidad de los cloradores requeridos, la cantidad de Cloro necesario y la clase de envases a usar, así como para los cuidados de su almacenaje y movimiento.

La medida del Cloro residual es usada universalmente en la práctica de desinfección para el control de la cantidad de Cloro que se debe agregar al agua, para asegurar una buena desinfección, sin desperdicio del Cloro.

Es ampliamente sabido que, a pesar de la gran utilidad que presta la curva de la demanda de Cloro para la determinación de la dosis requerida por un agua a fin de obtener el valor de Cloro residual deseado, su aplicación se hace muy dificultosa en aguas con bajo contenido de materia orgánica.

A partir de ello, de las características del agua a tratar, y de que se observó que para la misma el Cloro agregado y el residual obtenido guardan una relación proporcional muy cercana a la unidad, se creyó innecesaria la elaboración de la Prueba de la curva de la demanda de Cloro para el abastecimiento de agua de la nueva red de distribución de la Zona Media urbana de Quetzaltenango. Para la calidad de las mismas y partiendo de la base que se debe tener un Cloro residual de al menos 0.3 mg./Lt. En los puntos más lejanos de la red de distribución a fin de poder garantizar agua sanitariamente segura, se estimó conveniente tratar en el punto seleccionado con una dosis de Cloro cercana o igual a 0.7 mg./Lt.

4.4 Almacenamiento del Cloro

El Cloro envasado existe en forma de gas o de líquido, o ambos. El gas y el líquido existen en estado de equilibrio para todas las condiciones de temperatura y de presión. Cuando estos valores se encuentran por encima del estado de equilibrio, todo el gas se condensa en líquido. El nombre "Cloro Líquido" es aplicable al estado de transición.

Si un cilindro se llena hasta este límite, está completamente lleno de líquido a 67.7°C y cualquier aumento sobre esta temperatura producirá una presión peligrosa en el cilindro. Por eso los cilindros están provistos de tapones fusibles que se ablandan a una temperatura ligeramente superior a la que acabamos de mencionar y dejan escapar la presión excesiva.

Cuando el gas se extrae de un envase, la presión interior disminuye y se pierde calor debe reponerse desde alguna fuente exterior. A temperatura moderada, un envase lleno soltará el Cloro a un ritmo más rápido que cuando está parcialmente lleno, puesto que mayor superficie interior de Cloro líquido está en contacto con la pared del envase cuando ésta es llena. A 21°C en el cuarto y con suficiente circulación de aire alrededor del envase, puede garantizarse la entrega de 30 libras (13.6 Kg) cada 24 horas con un cilindro de 150 libras (68.1 Kg) y de 400 libras (181.6 Kg) cada 24 horas con un tanque de 2000 libras (907 Kg)

Si bien un aumento de la temperatura del cuarto y de la circulación de aire alrededor de la base del cilindro aumentará ligeramente el ritmo de salida del gas, debe proporcionarse otra fuente de calor cuando se es necesario un ritmo más rápido de suministro. Para ello se emplean evaporadores que dan calor a la temperatura correcta. El empleo directo de calor por una fuente que exceda de 52°C debe evitarse resueltamente.

Debido a que el gas Cloro es más pesado que el aire, cuando existe alguna fuga el Cloro tiende a asentarse en el suelo del cuarto en que éste se almacene, situación por la cual es recomendable poner ventanas con sillares a nivel del suelo y con una altura aproximada de 35 centímetros, figura 15 (pág. 132).

Los cilindros son botellas de acero sin costura, forjados de una sola pieza de metal, con una válvula normalizada del Instituto del Cloro atornillada en el cuello de la botella y provista de un capuchón protector de válvula.

La válvula aprobada tiene un tapón de seguridad con una aleación que se funde a 70-72°C para evitar que estallen los cilindros en caso de incendio. Las dimensiones aproximadas de los cilindros son:

40 pulgadas de alto para el cilindro de 100 libras; 54 pulgadas de alto para el cilindro de 150 libras; Y diez pulgadas de diámetro interior para cada uno de estos tamaños.

Atendiendo al consumo de Cloro que se estimó suficiente para desinfectar el agua proveniente de los siete pozos que abastecerán la nueva red de la zona Media Urbana de la Ciudad de Quetzaltenango, y para mantener una cantidad adecuada de cilindros de Cloro en existencia para prevenir cualquier atraso en el suministro del desinfectante, se hace necesario contar con las siguientes cantidades de cilindros en la caseta seleccionada.

Caseta San Isidro:

Volumen de agua a tratar:	15,437 m ³ /día
Consumo adoptado:	24 lbs./día
Consumo anual:	8760 libras
Número de cilindros a utilizar anualmente:	60 de 150 libras
Número de cilindros a utilizar mensualmente	5 de 150 libras

Se sugiere utilizar cilindros de 150 libras, pues éstos pueden garantizar la entrega de 30 libras cada 24 horas que cubre el consumo adecuado, además éstos tienen un precio más económico y se facilita su transporte.

Se sugiere así mismo que dadas las temperaturas mínimas observadas en Quetzaltenango (-7.2°C mínima observada) en la caseta de cloración se instalen 2 focos de 150 Watts cercanos al clorador a fin de guardar una temperatura adecuada en los cilindros.

Los focos deberán permanecer encendidos únicamente a las horas de mínimas temperaturas.

4.5 Manejo Seguro del Cloro

El Cloro es un producto exento de peligrosidad mientras se conserva encerrado. Un kilogramo de Cloro líquido (a 20°C.) producirá aproximadamente 31 litros de gas Cloro. Un kilogramo de Cloro líquido que se evapora en 310 metros cúbicos de aire ocasiona fuerte tos e irritación respiratoria. El hecho de que el Cloro, cuando se maneja sin cuidado, es peligroso para los individuos y deteriora la maquinaria, demuestra la necesidad de cuidado constante de parte de los encargados de una planta de tratamiento de agua para mantener siempre en buen estado el equipo de cloración.

Un cilindro que se recibe del fabricante puede contener legalmente alrededor de 88 por ciento de su volumen de Cloro líquido a 21°C. El 12 por ciento de volumen restante es ocupado por gas Cloro seco. Cuando se saca el gas del envase, no es corrosivo para los metales, pero si hay humedad ataca rápidamente todos los metales, menos los llamados “nobles” y el Tantalio.

El caucho, el vidrio, muchos compuestos sintéticos, los metales nobles y el Tantalio son resistentes al Cloro húmedo y sirven para el transporte de soluciones húmedas, gaseosas o acuosas.

El Cloro reacciona con los aceites para formar hidrocarburos clorados sólidos y complejos. El Alcohol Etílico y el Eter se convierten en hexacloretano, sólido céreo. Estos productos perturbaban el funcionamiento del clorador al estorbar la corriente de Cloro. Los derivados del Metano Cloroformo, Alcohol Metílico y Tetracloruro de Carbono, son los únicos disolventes seguros para la limpieza del equipo de cloración.

Los cilindros y los envases de Cloro deben manejarse con cuidado; es peligroso golpearlos o dejarlos caer. Hay que tener medios de manejo para evitarles un trato demasiado brusco. Puesto que los cilindros no vienen equipados con medios para levantarlos, debe evitarse el empleo de grúas; es preferible el uso de carretillas elevadoras con llantas de hule, Los cilindros de Cloro deben colocarse verticalmente y bien sujetos para que no se caigan. Deben guardarse en lugares alejados de equipo móvil y protegerse de los extremos de temperatura. Los cilindros y los grandes envases no deben nunca almacenarse o emplearse en la cercanía de radiadores de vapor o de tubería de vapor o cerca de materias inflamables.

Cuando el equipo de alimentación de Cloro está distante de los envases de Cloro, deben ponerse llaves o válvulas de cierre cerca de los cloradores para evitar accidentes.

Las conexiones entre las tomas de gas y los envases de Cloro o los cloradores deben inspeccionarse cuidadosamente a intervalos regulares y deberán cambiarse si se encuentra en ellas algún defecto. Es importante eliminar esfuerzos de flexión en los puntos de enlace, en los terminales o las uniones de los tubos flexibles de conexión.

El gas Cloro seco puede llevarse desde los envases hasta el lugar de aplicación por medio de tubería de hierro forjado, de acero, de cobre o de otro material, a condición de que resista una presión de 250 libras por pulgadas cuadrada (17.6 Kg./cm²). La tubería debe tener un tamaño nominal de por lo menos 200mm, sujeta firmemente a salvo de percances mecánicos y dispuesta para que se escurra, sin trampas, hacia los envases. Si esto no es posible se dispondrán escurrideros en las partes bajas de la línea para recoger el posible condensado (gas Cloro reliquidado). Si las válvulas son necesarias, deberán ser de un modelo diseñado especialmente para el Cloro. Se recomienda bridas del tipo para Amoníaco en las conexiones de tubería de hierro o de acero. Si se emplea tubería de cobre con juntas soldadas, el material de junta debe ser plomo puro, puesto que las soldaduras que contienen estaño son atacadas rápidamente por el gas Cloro seco. Cuando la temperatura del local no permite que el condensado se vaporice en un escurridero con el ritmo adecuado, puede cubrirse de asbesto la parte superior y calentarse la base con un foco eléctrico de 100 vatios funcionando permanentemente.

Un empleado, bien formado en cuanto al manejo del Cloro sin riesgo, deberá ser el responsable de la manipulación correcta de los envases de Cloro, debe cuidar el equipo de cloración y el estado de las mascarillas para gas. Todos los demás empleados que tengan que ver con el manejo del Cloro deberán recibir instrucciones de manipulación exenta de peligro. Todo envase que contenga Cloro debe revisarse diariamente para descubrir y detener cualquier fuga del producto desde su principio.

Deberá proporcionarse a cada empleado cuyas tareas lo pongan en contacto con el Cloro una mascarilla de gas individual. El empleado recibirá instrucciones para llevar puesta su mascarilla, para tenerla en buen estado de funcionamiento y reemplazar el cartucho. Todas las mascarillas deben ser de un diseño aprobado por la Oficina de Minas de los Estados Unidos para usarse contra el Cloro. Las instrucciones que acompañan a las mascarillas deberán ser cumplidas.

Las mascarillas de gas con cartucho son indicadas solamente cuando la concentración de Cloro en el aire no excede de 1 por ciento o cuando el contenido de oxígeno no es menor de 16 por ciento en volumen.

Debe procurarse la ventilación forzada necesaria teniendo en cuenta que el Cloro es más pesado que el aire. La salida de aire del cuarto donde está el Cloro debe situarse al nivel del piso o en el punto más bajo del local.

La presencia de una fuga, por pequeña que sea, se descubre por el olor fuerte o irritante del Cloro. Cuando el olor a Cloro indica que hay alguna fuga, los empleados autorizados deberán poner a funcionar inmediatamente el sistema de ventilación, se colocarán la mascarilla contra gases y procederán a investigar. Todas las demás personas deben abandonar el área afectada hasta que la fuga haya sido encontrada y remediada. Deberá tenerse a mano Amoníaco fuerte y un palo con un paño amarrado a un extremo. Los lugares donde se sospecha exista una fuga se limpian con este trapo empapado de Amoníaco. El vapor de Amoníaco y el gas Cloro que se escapa producen humos blancos fuertes que revelan el lugar donde se fuga el Cloro.

No deberá nunca echarse agua en una fuga de Cloro; empeorará siempre la fuga. Las fugas en la tubería de Cloro en la conexión de una válvula de cilindro y alrededor del vástago de la válvula pueden remediarse cerrando la válvula del cilindro para cortar la salida del gas y permitir hacer las reparaciones indicadas. Las fugas en los tapones fusibles o en otros lugares que no puedan componerse al cerrar la válvula del cilindro podrán aminorarse al reducir la presión del envase. El cilindro o el envase de 1 tonelada deberá colocarse de tal manera que solamente el Cloro gaseoso pueda escaparse.

El Cloro líquido se enfriará al vaporizarse en gas; el enfriamiento disminuirá la presión y el gas de Cloro se descargará con un ritmo más lento. Puede aislarse el cilindro con costales, con tierra, etc., para reducir la absorción de calor y aminorar el escape de Cloro.

El gas Cloro es fácilmente absorbido por sosa cáustica, reacción que requiere un kilogramo de Cloro por un kilogramo y cuarto de sosa cáustica. Diez litros de agua son necesarios para disolver cada 12 Kg. De sosa cáustica.

Las recomendaciones generales siguientes respecto al manejo exento de peligro han sido preparadas por un comité de la Asociación Norteamericana de Plantas de Agua: ref.

1. Solo personal de confianza y entrenado debe manejar el Cloro.
2. Evitar dejar caer o golpear los envases de Cloro.
3. Conservar los envases a una temperatura moderada, lejos de tuberías de vapor y del fuego.
4. Nunca conectar un envase lleno a un cabezal de distribución unido a otros envases, hasta que las temperaturas y las presiones sean aproximadamente las mismas.
5. Poner capuchones de protección en las válvulas cuando los envases no se utilizan o cuando están vacíos.
6. Cerrar la válvula del envase cuando quede vacío

7. Los envases no deberán volverse a llenar, salvo con el permiso del dueño y de acuerdo con las reglamentaciones adecuadas. Hasta en este caso puede ser peligroso y debe hacerse solamente bajo supervisión técnica.
8. No emplear nunca un envase para otro uso que no sea contener Cloro. No mezcle gases y no permita que entre aire o humedad en los envases; no utilice nunca los envases como rodillos ni como soportes.
9. No aplique nunca una llama o un soplete a un envase.
10. Conserve las válvulas cerradas todo el tiempo en todos los envases, salvo cuando están dejando pasar Cloro.
11. Es ilegal transportar un envase defectuoso o que tenga alguna fuga si no está totalmente vacío, en este caso, marcado visiblemente con la palabra "Defectuoso".
12. No debe usted avergonzarse de pedir ayuda en caso alguna emergencia ocasionada por el Cloro.

4.6 Control de la cloración

Cuando es necesario clorar el agua o desinfectarla por cualquier otro procedimiento antes de su entrada en la red de distribución, hay que vigilar continuamente la concentración residual de Cloro o de otros desinfectantes químicos y la calidad bacteriana. La vigilancia de esa concentración es extremadamente importante pues permite adoptar de inmediato las medidas oportunas si entra en la red de distribución de agua insuficientemente tratada y, por consiguiente, tal vez contaminada como consecuencia de un defecto de cloración, por ejemplo. En principio, el análisis bacteriológico del agua clorada o desinfectada de otra manera a la entrada del sistema de distribución en cada punto de tratamiento debe realizarse al menos una vez al día, y cuando se trate de grandes sistemas de abastecimiento esta necesidad es ineludible. Con los pequeños sistemas, para una población de 10000 personas o menos puede ser imposible el muestreo diario y habrá que conformarse con una buena vigilancia de la dosis de desinfectante y comprobaciones de la calidad bacteriológica del agua por ejemplo, a intervalos semanales. En los sistemas de abastecimiento más pequeños ese intervalo puede ser aún más prolongado.

Algunos sistemas de abastecimiento que no precisan la desinfección de todos modos se cloran como medida suplementaria de precaución en esos casos, probablemente no sea necesario el análisis bacteriológico cotidiano del agua a la entrada en la red de distribución.

Para ese tipo de agua también puede adoptarse la misma frecuencia de análisis bacteriológico que se utiliza en el caso del agua no desinfectada a la entrada en la red de distribución.

En todos los abastecimiento desinfectados, habrá que determinar varias veces al día la concentración de desinfectante químico, no sólo en cada punto de tratamiento sino también, y de preferencia, en diversos puntos a lo largo de la red de distribución. La eficacia de la cloración o de algunas otras formas de desinfección puede comprobarse con la máxima eficiencia valiéndose de analizadores de residuos, si es posible con regulación automática; el inconveniente de estos dispositivos es que requieren vigilancia técnica y, por consiguiente, para los abastecimientos pequeños quizá sólo sea factible el análisis manual periódico.

Los resultados de todos los análisis se registrarán de forma que puedan consultarse en todo momento y deberán complementarse con una inspección, que harán por lo menos dos veces al año Ingenieros e Higienistas enviados por las autoridades competentes. Conviene tener a disposición de esos especialistas un plano de la red de distribución al día.

Para el caso específico de Quetzaltenango, sería necesaria la toma de 9 muestras para efectuarles análisis bacteriológicos a cada 3 días en diversos puntos de la nueva red de distribución de agua de la Zona Media urbana lo que en total nos daría 90 muestras mensuales, con lo cual se cumplirían las Normas COGUANOR 29 001 para el agua potable, tabla X (pág. 157).

Para el análisis de las muestras la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju cuenta con su propio laboratorio de control de calidad de agua, este laboratorio esta completo y solo se requiere de un programa de trabajo.

En lo que respecta a las tomas de Cloro residual conviene efectuarlas cada 6 horas en los diversos puntos de la nueva red de distribución, a fin de poder tomar medidas correctivas en caso fuera necesario para lo cual se requiere dotar ala Caseta de Cloración de un comparador de Cloro residual, cuyas características se detallan en el presupuesto de equipo.

4.7 Equipos dosificadores de cloro gaseoso

La desinfección por medio de cloro gaseoso es económica y es la tecnología más usada en todo el mundo. Mas de 90% de la población mundial bebe agua que ha sido desinfectada por cloro gaseoso. El gas se presenta comercialmente en cilindros de acero de 75 kg y una tonelada y en camiones o contenedores especialmente diseñados.

La introducción de Cloro en el agua se puede lograr de 2 formas:

- a) La aplicación directa del gas en el punto de tratamiento. (funcionamiento a presión por difusión en canales abiertos o tubería)

b) La aplicación en forma de solución o vacío (por inyección en tubería), donde el gas se disuelve primero en una corriente ligera de agua y la solución de Cloro resultante se aplica en el punto deseado de tratamiento.

La aplicación directa se emplea cuando no hay el agua necesaria para trabajar, y en este caso debe procurarse la difusión adecuada. Se han encontrado muchas dificultades para construir un difusor que disperse efectivamente el Cloro, y al mismo tiempo, no se tape y no necesite limpiarse frecuentemente.

Si no se logra la difusión completa, la acumulación de gas de Cloro sin disolver en las tuberías, cabezas de válvulas y bombas produce corrosión.

Cuando existe el suministro de agua para el funcionamiento del difusor, el equipo de alimentación en solución o al vacío es preferible a la alimentación directa, aunque éste sea más costoso de instalación. Al disolver el gas en una corriente menor de agua, se asegura una absorción completa y una rápida dispersión en el punto de aplicación en una corriente de agua de mayor importancia.

Los aparatos que controlan la aplicación del gas Cloro son de dos clases: los de alimentación a presión y lo que requieren el vacío.

Los sistemas de cloración a presión constan de un diafragma activado por un regulador a presión y un rotámetro que indica la tasa de flujo de cloro. El paso del cloro gas hacia el difusor es controlado por un regulador. Este tipo de clorador suele recomendarse cuando no hay posibilidad de usar un diferencial de presión o no se dispone de una fuente de electricidad para operar una bomba reforzadora que produzca el diferencial de presión necesario para el funcionamiento de los cloradores al vacío

El aparato de alimentación con solución comprende también algún medio (generalmente un inyector) para introducir el gas medido en la pequeña corriente de agua, la cual a su vez, lleva el Cloro al punto de aplicación, figura 17 (Pág. 134).

Los cloradores gaseosos de funcionamiento al vacío son un reciente adelanto, la posibilidad de que se produzca una fuga de Cloro es mucho menor que en un clorador de presión total. Cuando, por alguna razón, falla el suministro de agua en este tipo de clorados, la corriente de gas Cloro que proviene de la cámara cesa automáticamente y lo mismo ocurre si se produce avería en la cámara del vacío. Son estas ventajas las que determinan por lo tanto el uso de los cloradores en solución del tipo de vacío.

4.7.1 Equipo recomendado para la desinfección del agua

Atendiendo a las ventajas que proporciona el usar cloradores en solución del tipo de vacío, se sugiere que en la implementación del sistema de Desinfección del agua de la nueva red de distribución de la Zona Media urbana para la Ciudad de Quetzaltenango sean éstos los que se utilicen.

4.7.1.1 Cloradores gaseosos de funcionamiento al vacío

Este sistema comprende un cilindro con el gas, un regulador con un rotámetro -/indicador de tasas de alimentación/- y un eyector. El sistema trabaja debido al vacío que se genera en el eyector tipo Venturi accionado por un flujo de agua, el cual eyecta una mezcla de agua y de gas en el punto de aplicación, donde el gas se difunde y se disuelve.

En general, este tipo de cloradores con llevan un eyector que puede conectarse directamente al difusor de la solución de Cloro en el punto de inyección, o puede colocarse en un lugar apartado en dado caso se conecta una manguera o tubería de solución de Cloro en la salida del eyector al difusor. La conexión directa del eyector al difusor tiene la ventaja de simplificar el sistema, reducir el costo de instalación y de eliminar la existencia de una línea de solución de Cloro conteniendo gas Cloro libre a presión.

Las principales funciones del aparato clorador son las siguientes:

Regular la salida del Cloro de los recipientes o cilindros que lo contienen; medir con exactitud el régimen de su gasto; mantener este régimen constante, independientemente de las variaciones de la presión del gas en el cilindro; mezclar el gas perfectamente con el agua, de manera que sea absorbido por completo a medida que se aplica, y asegurar el tratamiento continuo y uniforme del agua.

El Cloro pasa en estado gaseoso a través de la válvula principal y la auxiliar y por medio de una conexión flexible, del tanque o cilindro a la conexión múltiple. De la conexión múltiple para al compensador, el cual está construido de tal modo que las diferencias en la presión del tanque no influyen en la cantidad de gas que pasa a través de la válvula reguladora montada sobre el mismo compensador, a través de la tubería de conexión del tubo de visión, y el tubo de transmisión a la válvula de contrapresión que mantiene la deseada contrapresión en el aparato.

4.7.1.2 Descripción del Funcionamiento

Se extrae el agua sin tratar a través de una tubería por medio de una bomba reforzadora que impulsará el agua con la presión adecuada por medio de una manguera de suministro hacia el eyector.

Al eyector llega también el Cloro que sale del clorador en dosis adecuada por medio de una tubería de vacío. Es entonces en el eyector donde se efectúa la mezcla cloro-agua y se obtiene Cloro en solución para introducirse por medio del difusor ya sea a la tubería de distribución o tanque de distribución, según convenga.

Para la desinfección de la nueva red de distribución de agua potable para el área urbana de Quetzaltenango y atendiendo las recomendaciones antes descritas se tiene el siguiente diseño, figura 15, 16 Y 17 (pág. 132, 133 y 134).

4.7.1.3 Dosificación

La dosificación se ajusta manualmente, por medio de un rotámetro, y se calcula mediante la siguiente fórmula

$$M = 3.6 * D * Q \quad 4.1 \text{ ref. } 6$$

Donde:

M (g Cl/h) = Cantidad de cloro a inyectar

D (mg Cl/l) = Dosis de cloro

Q (l/s) = Caudal máximo de agua a tratar

Tomando en cuenta los caudales de los siete pozos que abastecerán la nueva red de distribución urbana de la Zona Media y Baja de la ciudad de Quetzaltenango proyectado al año 2008 y la calidad de agua se tiene:

$D = 0.7 \text{ mg/l}$ de cloro gaseoso

$Q = 15,437 \text{ m}^3/\text{día} = 179 \text{ l/s}$

Sustituyendo en la ecuación 4.1 se tiene

$M = 451 \text{ g/h}$ de cloro gaseoso

$= 24 \text{ Lbs/día}$

4.7.2 Operación y Mantenimiento de los cloradores a gas

Los cloradores de funcionamiento al vacío requieren inspección y mantenimiento con regularidad por operadores capacitados y que se sigan las recomendaciones del fabricante para asegurar su funcionamiento adecuado y evitar reparaciones y accidentes costosos. Este tipo de sistema generalmente es duradero y relativamente exento de dificultades. Hay que tener sumo cuidado de que la humedad no se mezcle con el cloro gaseoso dentro del sistema dosificador, pues el cloro gaseoso húmedo corroerá o deteriorará rápidamente el equipo: partes plásticas, herrajes de metal, válvulas, conexiones flexibles, etc. Los materiales del sistema de cloración, incluidos los repuestos y accesorios, tienen que ser apropiados al manejo del cloro gaseoso húmedo y seco. El cloruro férrico que se deposita en las tuberías, generalmente debido a las impurezas del cloro, se debe limpiar con regularidad. En todo momento se debe tener a mano una cantidad adecuada de repuestos. Las conexiones flexibles deben reemplazarse conforme a lo recomendado por el fabricante. Los empaques de plomo entre el cilindro y el clorador se debe utilizar solo una vez.

Cuando sea necesario cambiar cilindros será necesario abrir las juntas entre los cilindros y los cloradores, en cuyo caso, o por cualquier otra razón se deben reemplazar por empaques nuevos recomendados por el fabricante. La reutilización de empaques usados es probablemente la causa más común de las fugas del cloro gas.

Es práctica común que un operador compruebe y, en caso necesario ajuste la dosis de cloro gas tres o cuatro veces en un turno de ocho oras. Se debe tener presente que la extracción de cloro gas no debe exceder de 18 kg al día (39.6 lbs) en un mismo cilindro, ya que una extracción mayor producirá el congelamiento del cilindro debido a la rápida caída de presión “efecto Joule-Thompson”. El cambio rutinario de un cilindro vacío a otro lleno suele tomar menos de 15 minutos a un operador experimentado. Cuando se realiza una maniobra, por seguridad, siempre deben estar presentes dos operarios.

5. PRESUPUESTOS Y ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO

Con el propósito de facilitar la implementación del sistema de desinfección presupuesto, así como el de conocer su costo de inversión y presupuesto, así como el conocer su costo de inversión detallada así:

- Presupuesto de Inversión: - Instalaciones
 - Equipo
- Presupuesto de funcionamiento anual.

5.1 Presupuesto de inversión

5.1.1 Presupuesto de Instalaciones

Basado en el diseño de la caseta figura 15 y 16 (pág. 132 y 133) en las que se colocará el equipo de desinfección, y tomando los precios cotizados en el mercado local de los materiales a utilizar en las instalaciones, el costo será:

5.1.1.1 Presupuesto de caseta

Materiales y mano de obra

Descripción	Cantidad		Precio Unidad Quetzales	Precio Total Quetzales
Cemento	190	qq	43.00	8,170.00
Arena	21	m3	100.00	2,100.00
Piedrin	14	m3	120.00	1,680.00
Hierro No. 3 (3/8")	230	unidad	17.70	4,071.00
Hierro No. 2 (1/4")	117	unidad	6.67	780.39
Hierro No. 4 (1/2")	110	unidad	30.67	3,373.70
Hierro No. 6 (3/4")	31	unidad	50.75	1,522.00
Alambre de Amarre	20	Lbs	3.00	60.00
Block U (0.2 x 0.2 x 0.4)	93	unidad	2.00	186.00
Block lleno (0.19 x 0.19 x 0.39)	210	unidad	2.20	462.00
Block lleno (0.15 x 0.20 x 0.40)	834	unidad	2.20	1,834.00
Pisos	35	m3	55.00	1,925.00
Madera (Tabla de 1" x 12" x 9")	66	unidad	21.67	1,430.22
Cal hidratada	50	bolsas	33.66	1,680.00
Instalaciones				
Drenajes				398.00
Plomería hidráulico Instalaciones				2,728.00

Eléctricas				981.86
Puertas	4	unidad	800.00	3,200.00
Ventanas	10	m3	350.00	3,500.00
Mobiliario				1,500.00
Mano de obra	50.17	m2	400.00	20,068.00
Imprevistos				7,600.00
Total:				69,789.31

5.1.1.2 Presupuesto de equipo

Para la aplicación, control y manejo del Cloro, en el punto seleccionado, se requiere del equipo que se detalla a continuación, el costo se estimo en base a las ofertas de las agencias distribuidoras.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
		Quetzales	Quetzales
Clorador de gas tipo Solución o vacío para Instalar en sistemas de bombeo con capacidad de dosificar de 0 a 100 libras de Cloro al día.	1	9,800.00	9,800.00

Bomba de agua tipo Booster para trabajar contra una presión de 20 lbs máximo	1	2,085.00	2,085.00
Cilindros de 150 libras Para Cloro gas.	2	4,730.00	9,460.00
Libras de cloro gas	300	5.00	1,500.00
Comparadores de Cloro residual en un rango de 0.2 a 3 mg./l., con apro- ximaciones de 0.1 mg./L.	1	1,265.00	1,265.00
Bascula hidráulica especial para control de peso de un cilindro de cloro	1	7,900.00	7,900.00
Mascara Anti-gas para protección en el manejo del cloro	1	1,800.00	1,800.00
Mano de obra de Instalación del equipo		5,000.00	5,000.00
Total presupuesto de equipo			38,810.00

Resumen

Presupuesto de Instalaciones:	69,789.31
Presupuesto de Equipo:	38,810.00
Presupuesto Total de Inversión:	108,599.31

5.2 Presupuesto de operación y mantenimiento

5.2.1 Operación anual del sistema

Descripción	Quetzales
1. Servicios Personales	
Personal con partida específica (se utilizarán 2 operadores en la caseta, que trabajarán turnos de 24 horas por 24 horas de descanso con un sueldo promedio mensual de Q. 2,387.50 incluye sueldo base y prestaciones en ley).	57,300.00

2. Servicios No Personales

gastos de transporte (Transporte de Químicos Guatemala Quetzaltenango).	1,200.00
---	----------

3. Materiales y Suministros

Papel de Escritorio y otros	365.00
Cloro gas (60 cilindros costo Por cilindro Q 750.00)	45,000.00
Amoníaco	200.00
Ortotolidina	211.68
Productos Sanitarios	250.00
Útiles de Limpieza	200.00
Útiles y Accesorios Eléctricos (Bombillas)	240.00

Total de operación anual **104,766.68**

5.2.2 Presupuesto de Mantenimiento anual

Descripción	Quetzales
1. Kit de reguladores al vacío, kit de unidad de control, kit de inyector	2,500.00
2. Accesorios (mangueras, manómetros, válvulas)	1000.00
3. Impulsadores de bombas al vacío	1500.00
4. Mantenimiento de caseta	1000.00
5. Mano de obra	5000.00
Total de mantenimiento anual	11,000.00
Total de presupuesto de operación Y mantenimiento	115,766.68

5.3 Alternativas de financiamiento

Tomando en cuenta el monto que se estimó en el desarrollo del presente trabajo, para implementar un sistema de cloración para la nueva red de distribución de agua de la Zona Media urbana de Quetzaltenango, se han identificado posibles fuentes de financiamiento tal y como se exponen

- a) El presupuesto total de inversión para el sistema de cloración para la desinfección del agua de la nueva red de distribución de la Zona Media urbana del municipio de Quetzaltenango, esta considerado dentro del Plan Maestro y será financiado por el gobierno de Japón.

- b) El presupuesto de operación y mantenimiento tienen que ser fondos Propios de la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju. Mediante un análisis financiero, un reajuste a las tarifas de servicio de agua a un nivel apropiado, a de mas debe considerarse en los presupuestos anuales de operación, mantenimiento y administración del servicio de agua en conjunto con los sistemas de cloración ya existentes de esta manera se podría cubrir los gastos de funcionamiento anual del sistema de cloración al vacío propuesto en el presente trabajo de graduación.

6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos por medio de la evaluación de la calidad de agua, la medición de caudales y el diseño de un sistema de cloración para los abastecimientos de agua de la nueva red de distribución de la Zona Media urbana del municipio de Quetzaltenango, se presentan en los cuadros que aparecen en el anexo de este trabajo y que a continuación se describen.

Tabla V

Resultados de la estimación de la población y demanda de agua urbana para los años 2005, 2008 y 2018 año objetivo del proyecto.

Tabla VII

Resultado de la demanda total proyectada, área rural, más área urbana para los años 2008 y 2018.

Tabla VIII

Resultado de la medición de caudales, realizado en seis pozos de estudio, Las Américas, Pacaja, Paraíso, Zoológico, Democracia y San Isidro.

Tabla XI y XII

Resultados del análisis físico del agua, realizado a las muestras tomadas de los pozos en estudio, Las Américas, Pacaja, Paraíso, Zoológico, Democracia, San Isidro, Ciprésada y a la mezcla de nacimientos.

Tabla XII y XIV

Resultados del análisis químico del agua, realizado a las muestras tomadas de los pozos en estudio, Las Américas, Pacaja, Paraíso, Zoológico, Democracia, San Isidro, Ciprçesada y a la mezcla de nacimientos.

Tabla XV

Resultados de los examen bacteriológico realizado en las muestras tomadas de los pozos en estudio, Las Américas, Pacaja, Paraíso, Zoológico, Democracia, San Isidro, Ciprésada y a la mezcla de nacimientos; y comparación con la Norma COGUANOR NGO 29 001.

Tabla XVI y XVII

Valor promedio aritmético de los resultados del análisis físico de las muestras tomadas en los pozos de estudio, Las Américas, Pacaja, Paraíso, Zoológico, Democracia, San Isidro, Ciprésada y a la mezcla de nacimientos; y su comparación con la Norma COGUANOR NGO 29 001.

Tabla XVIII y XIX

Valor promedio aritmético de los resultados del análisis químico de las muestras tomadas de los siete pozos de estudio y a la mezcla de nacimientos; y su comparación con la Norma COGUANOR NGO 29 001.

Tabla XX

Resultados del análisis químico para la clasificación del Índice de Saturación de Langelier realizado en las muestras tomadas a los siete pozos de estudio y a la mezcla de nacimientos.

Tabla XXI

Interpretación, según el índice de Saturación de Langelier con la utilización del valor promedio aritmético de los resultados obtenidos de las muestras tomadas de los siete pozos de estudio y a la mezcla de nacimientos.

Tabla XXIII

Resultado del balance de los principales aniones y cationes, realizado a las muestras tomadas de los siete pozos en estudio y a la mezcla de nacimientos.

Tabla XXIV y XXV

Promedio aritmético de los resultados de las muestras tomadas de los siete pozos en estudio y a la mezcla de nacimientos, en miliequivalentes por litro, porcentajes acumulativos de los aniones y cationes evaluados en el agua, los cuales sirven para la elaboración de las figuras de la clasificación Schukarev, Diagrama de Collins y Diagrama Aritmético (ver anexo figuras 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, y 39).

Tabla XXVI

Clasificación del agua según a clasificación de Schukarev, de las muestras tomadas de los siete pozos de estudio y a la mezcla de nacimientos.

Tabla XXVII, XXVIII, XXIX y XXX

Resultados totales de las concentraciones físicas y químicas según las mediciones de caudales (m³/día), de los siete pozos en de estudio y a la mezcla de nacimientos.

Tabla XXXI

Costo de diseño, del sistema de cloración gaseoso al vacío para la desinfección del agua den nuevo sistema de abastecimientos de la Zona Media urbana del municipio de Quetzaltenango. .

6.1 Interpretación de resultados

6.1.1 Demanda de agua

En la tabla V y en tabla VII se encuentran los resultados de la demanda de agua para los años 2005, 2008, y 2018 año objetivo del proyecto de mejoramiento de los sistemas de abastecimiento para el área urbana del municipio de Quetzaltenango. Según los resultados del cálculo la demanda de agua en la zona urbana es de 35,143 m³ como abastecimiento promedio diario y 42,779 m³ como abastecimiento máximo diario. Por otra parte tal como se indica en la tabla IX los nacimientos producen 11,491 m³/día y los pozos (21 pozos) según la tabla IV producen 23,796 m³/día, en total 36,287 m³/día, algo superior a la demanda promedio diaria de

2005. Para el año 2008 la producción actual representa solo 79% de la demanda máxima diaria de 45,779 m³/día. Aunque se haya mejorado la situación existente y conseguido la operación de 24 horas, la producción será de 42,585 m³/día tabla VI por lo que hará falta aumentar la producción de aguas subterráneas de pozos.

6.1.2 Medición de caudales

Los resultados de la medición de los caudales de los pozos se encuentran en la tabla VIII, como se puede observar los resultados de la medición que se realizaron son similares a los datos que proporciono la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju.

Para el año 2008 la producción proyectada será de 16,637 m³/día, actualmente se tiene una producción de 9,104.56 m³/día por lo que se tendrá un incremento de 7,532.44 m³/día

6.1.3 Análisis físico de agua para consumo humano

Los resultados del análisis físico realizados a las muestras de agua de los siete pozos en estudio, Las américas, Pacaja, Paraíso, Zoológico, Democracia, San Isidro, Ciprésada, y a la fuente de nacimientos, que se presentan en tablas XI y XII, no presentan una tendencia clara de aumento o disminución de concentraciones, por lo tanto se compararan con el valor promedio aritmético de los resultados de los puntos de muestro, siete pozos más una fuente de nacimientos.

En la tabla XVI y XVII se comparan los valores promedios de los parámetros físicos de los siete pozos y la fuente de nacimientos con los límites máximo aceptable y los límites máximo permisible de la Norma COGUANOR 29 001. Los resultados de los parámetros evaluados tales como: Temperatura, color, olor, turbiedad, aspecto, potencial de hidrogeno, conductividad y sólidos en sus diversas formas; demuestran que el agua que abastecerá a la nueva red de distribución para la Zona Media urbana del municipio de Quetzaltenango están dentro de los límites máximos permisible y aceptable por lo tanto cumple con la Norma COGUANOR NGO 29 001

6.1.4 Análisis químico de agua para consumo humano

En cuanto al análisis químico de las muestras tomadas en los ocho puntos de muestreo (siete pozos y una fuente de nacimientos), se puede observar en la tabla XVIII y XIX donde el valor promedio de resultados se compara con la Norma COGUANOR 29 001; los nitritos, nitratos, manganeso, cloruros, fluoruros, hierro, sulfatos, calcio, magnesio y dureza total están entre el límite máximo aceptable y límite máximo permisible, que la Norma COGUANOR exige, por lo tanto el agua es potable.

6.1.5 Resultados del examen bacteriológico

En la tabla XV se presentan los resultados de los análisis bacteriológicos de las muestras tomadas en los siete pozos y a la fuente de nacimientos, como se puede observar estos resultados son variables.

Comparándolas con la Norma COGUANOR NGO 29 001 para el pozo las Américas de las tres muestras examinadas una no cumple con la Norma COGUANOR NGO 29 001 debido a que se encontró coliformes totales, sin embargo están libres de Escherichia coli.

Para el pozo de Pacaja de los tres exámenes que se realizaron una no cumple con la Norma COGUANOR NGO 29 001 debido a que se encontró coliformes totales, no se encontró Escherichia coli.

Para el pozo de la Ciprésada las tres muestras examinadas las tres no cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29 001, debido a que se encontró coliformes totales y en una muestra dio positivo a Escherichia coli.

Para la mezcla de agua de nacimientos las tres muestras examinadas las tres no cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29 001 debido a que se encontró coliformes totales y a una muestra dio positivo a Escherichia coli.

Los pozos de Paraíso, Zoológico, Democracia, y San Isidro de las tres muestras tomadas las tres cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29 001 y el agua es potable.

6.1.6 Clasificación del agua

6.1.6.1 Clasificación de Shchukarev

En esta clasificación las aguas se clasifican según los iones superen el 25% del total de aniones y cationes.

Para los pozos las Américas, Pacaja y Paraíso con respecto a los aniones se clasifica como bicarbonatadas- sulfatadas, con respecto a los cationes calcio-magnésicas

Para los pozos Zoológico y Democracia con respecto a los aniones el agua se clasifica como bicarbonatadas, con respecto a los cationes calcio-magnésicas.

Para los pozos San Isidro, la Ciprésada y la mezcla de nacimientos con respecto a los aniones el agua se clasifica como bicarbonatadas, y con respecto a los cationes el agua se clasifica como calcio-magnésicas-sódicas

6.1.6.2 Diagrama aritmético

Este diagrama se presenta en la figura 35, 36, y 37 del anexo, La cual representa los porcentajes acumulativos de los diferentes iones disueltos considerados. Por medio de este diagrama se obtiene una curva característica representativa del agua que se desea clasificar. Por otra parte, este diagrama evidencia. Por medio de una pendiente pronunciada, los iones que se hallan a más alta concentración. En la figura 37 puede apreciarse la alta concentración del ión sodio, tanto en los siete pozos de estudio como en la mezcla de nacimientos en el caso de los cationes.

Se observa también una pendiente pronunciada en la concentración del anión bicarbonato. Lo que también evidencia la clasificación de Shchukarev en aguas bicarbonatadas.

6.1.6.3 Diagrama de Collins

Este diagrama puede verse en la figura 38 y 39 del anexo ayuda a visualizar la composición química del agua de los siete pozos de estudio y de la mezcla de agua de los nacimientos.

Se observa una mayor cantidad de iones en el pozo las Américas y en la mezcla de nacimientos y una disminución de la dureza total

6.1.6.4 Índice de Langelier

En la tabla XXI del anexo, se tabulan los valores promedio aritmético del Índice de Saturación de Langelier, para cada uno de los muestreos realizados (siete pozos y una fuente de nacimientos de agua).

Los resultados presentados en la tabla XXI en el pozo las Américas el resultado dio positivo por lo que clasifica el agua como ligeramente incrustante.

Para los pozos Pacaja, Paraíso y Cipresada se clasifico el agua como ligeramente corrosiva.

Para los pozos Zoológico y San Isidro se clasifico el agua como moderadamente corrosiva.

Para el pozo la Democracia y la mezcla de nacimientos de agua se clasifico el agua como corrosiva.

6.1.7 Resultado total de concentraciones

En la tabla XXVII, XXVIII, XXIX y XXX se encuentran los resultados del total de concentraciones por día de los siete pozos y la mezcla de nacimientos, el objetivo de estos resultados es tener una mejor visualización de las analogías y diferencia que presentan estas fuentes de abastecimientos agua.

Como se puede observar los valores más altos en concentraciones por día son los bicarbonatos, sulfatos, dureza total (CaCO₃), calcio, sodio y sólidos totales para los ocho puntos de muestreo mostrando estos ocho puntos de muestreo una característica común con una concentración relativamente alta en bicarbonato, por lo que se evidencia que con respecto a los iones estas aguas son bicarbonatadas.

6.1.8 Costo del clorador gaseoso al vacío

Los resultados de la inversión total, costo de operación, costo de mantenimiento, para el sistema de desinfección para la Zona Media del área urbana del municipio de Quetzaltenango se encuentran en la tabla XXXI, como se puede observar la inversión es de Q108,599.31 y el costo de operación es de Q115,766.69, con lo que respecta al costo de inversión esto se hará con la ayuda económica de Japón, el principal problema es el costo de operación y mantenimiento ya que para esto se tiene que contemplar en presupuesto municipal, además a los fines de 2007, cuando se termine el proyecto, habrá mejorado el servicio de agua y se sugiere que se puedan reajustar las tarifas en el mismo año, con el fin de lograr un nivel apropiado que pueda cubrir el costo de operación y mantenimiento.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de la medición de caudales, la evaluación de calidad de agua potable de los abastecimientos de la nueva red de distribución de la Zona Media urbana del municipio de Quetzaltenango -/pozo las Américas, Pacaja, Paraíso, Zoológico, Democracia, San Isidro, Ciprésada, fuente de nacimientos/- y, según las especificaciones de calidad que establece la Norma COGUANOR 29 001 para agua potable; y la conservación o mejoramiento de calidad de agua mediante un sistema de desinfección se concluye de la siguiente manera.

1. Como resultados del análisis de la demanda de agua es necesario aumentar la producción para los años siguientes de 35,287 m³/día actuales a 45,779 m³/día para el año 2008 y de 60,440 m³/día para el 2018.
2. El agua proveniente del pozo las Américas es apta para el consumo humano desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.
3. El agua proveniente del pozo Pacaja es apta para el consumo humano desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.
4. El agua proveniente del pozo Paraíso es apta para el consumo humano desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.

5. El agua proveniente del pozo el Zoológico es apta para el consumo humano desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.

6. El agua proveniente del pozo la Democracia es apta para el consumo humano desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.

7. El agua proveniente del pozo San Isidro es apta para el consumo humano desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.

8. El agua proveniente del pozo la Ciprésada es apta para el consumo humano desde el punto de vista físico, químico, pero no así desde el punto de vista bacteriológico.

9. El agua proveniente de la fuente de nacimientos es apta para el consumo humano desde el punto de vista físico, químico, pero no así desde el punto de vista bacteriológico.

10. De acuerdo a la evaluación practicada de las muestras de agua de los siete pozos y de una fuente de nacimientos, **no** se comprueba la validez de la hipótesis planteada puesto que el agua proveniente del pozo la Ciprésada y la fuente de nacimientos no cumple con las Norma COGUANOR 29 001 para el examen bacteriológico.

11. Según la clasificación de Shchukarev para pozos las Américas, Pacaja y Paraíso respecto a los aniones, el agua se clasifica como bicarbonatadas-sulfatadas y respecto a los cationes calcio-magnésicas.

Para los pozos Zoológico y Democracia respecto a los aniones, el agua se clasifica como bicarbonatadas y respecto a los cationes calcio-magnésicas.

Para los pozos San Isidro, Ciprésada y la fuente de nacimiento respecto a los aniones el agua se clasifica como bicarbonatos y con respecto a los cationes calcio-magnésicas-sódicas

12. De acuerdo a los resultados de la aplicación del Índice de Saturación de Langelier para el pozo las Américas el agua se clasifica como ligeramente incrustante.

Para los pozos de Pacaja, Paraíso y Ciprésada el agua se clasifica como ligeramente corrosiva.

Para el pozo la Democracia y la fuente de nacimientos el agua se clasifica como corrosiva.

13. De acuerdo a los resultados del total de concentraciones por día, las aguas provenientes de las fuentes de abastecimientos tienen un comportamiento similar y la mayor producción es de bicarbonatos arriba del 25% en todos los abastecimientos.

14. El tratamiento de desinfección propuesto en este trabajo es necesario para asegurar la potabilidad del agua de los siete pozos y el sistema de nacimientos que abastecerán la Zona Media urbana del municipio de Quetzaltenango, ya que, dos de estas fuentes no cumplen con la Norma COGUANOR respecto a los exámenes bacteriológicos.

15. Por sus costos de inversión, funcionamiento y, sobre todo, por su efecto residual, se consideró la cloración gaseosa como el método más conveniente para el sistema de desinfección para la nueva red de distribución de la Zona Media urbana.

16. La implementación del sistema de desinfección en el punto de recepción de los ocho abastecimientos de agua en el sistema San Isidro requiere de una inversión de Q 108,599.31 y sus costos de funcionamiento anual serían de Q 115,766.68

RECOMENDACIONES

1. Diseñar y ejecutar un programa de muestreos de agua periódica, para sus respectivos análisis físicos, químicos y bacteriológicos y garantizar a la población un agua, sanitariamente, segura.
2. Realizar un programa de monitoreo de los niveles de cloración con el fin de mantener la concentración de cloro residual de acuerdo a las normas mencionadas en este trabajo.
3. Diseñar un programa de mantenimiento para los sistemas de cloración existentes.
4. Capacitar al personal que opera las bombas de los pozos en estudio y los sistemas de cloración existentes, para monitorear la calidad de agua a través de análisis del cloro residual y pH.
5. Se recomienda, a la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju, la creación y mantenimiento de una partida en su presupuesto de funcionamiento, a fin de garantizar la compra y utilización de cloro gaseoso, repuestos y accesorios de estos equipos a fin de garantizar un trabajo continuo.

7. Realizar un estudio de evaluación respecto de la calidad de aguas subterráneas del municipio de Quetzaltenango.

8. Considerar la posibilidad de tener plantas eléctricas de emergencia en las fuentes de distribución de agua, así como en las fuentes de abastecimiento para no suspender el servicio de este vital líquido a la población, en casos de interrupción del fluido eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abreu, Alba Tabarini. **Notas del Curso de Microbiología Sanitaria**. ERIS. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1982
2. Barillas Rodas, Edgar Rolando. Evaluación de la calidad de los abastecimientos de agua potable de la cabecera departamental de Escuintla para definir sus usos benéficos. -/Tesis: Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería, USAC/- Guatemala 1983. 93 pp.
3. Barrera Rodríguez, Roberto Francisco. Determinación y Comparación de parámetros físicos químicos y bacteriológicos, para evaluar la calidad de agua de la planta potabilizadora de Jalapa, para consumo humano y sus usos industriales. -/Tesis: Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería, USAC/- Guatemala 1990. 77 pp.
4. Boy Piedrasanta, José Alberto. Determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para evaluar la calidad del agua para consumo humano y su uso industrial en la ciudad de Amatitlan. -/Tesis: de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería, USAC/ -, Guatemala 1989. 133 pp.

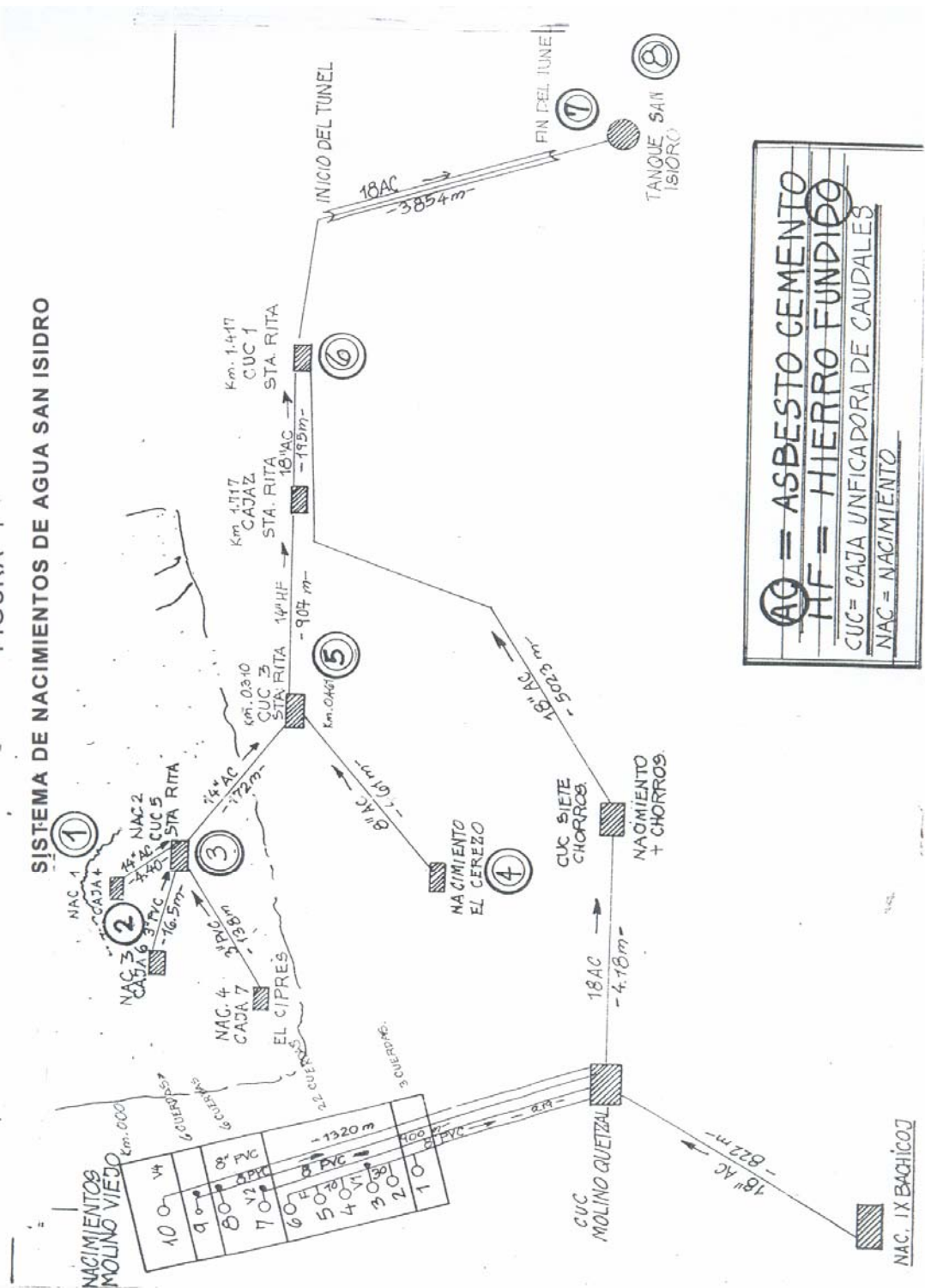
5. Catalán la fuente, José G. **Química del agua**. Madrid, España. Editorial. Blume, 1969. 80 pp.
6. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Desinfección del Agua**.
7. Información del estudio básico sobre el proyecto para el abastecimiento de agua del área urbana del municipio de Quetzaltenango en la República de Guatemala. Junio 2004
8. Instituto Nacional de Estadística. Evaluación del Censo Poblacional año 2002.
9. Normas COGUANOR 29 001. **Especificaciones para agua potable**, Guatemala 1998
10. Pérez Morales Miguel Ángel. Estudio Para La Implementación de un sistema de Desinfección de agua en la ciudad de Quetzaltenango. -/Tesis de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería USAC/- Guatemala 1980. 124 pp.
11. Pelczar, Michael, Roger Reid y E. Chan. **Microbiología**. Trad. Dr. Antonio Capella y Dr. Jorge Taj. 2da. Ed. México, Editorial McGraw-Hill, 1982. 826 pp.

12. Pérez Vásquez Bercidie Abigail. Evaluación de la calidad de agua para consumo humano e industrial, de un pozo de una empresa exportadora de alimentos congelados, a través de la determinación de los parámetros físicos químicos y bacteriológicos. -/Tesis: de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería USAC/- Guatemala 1994.

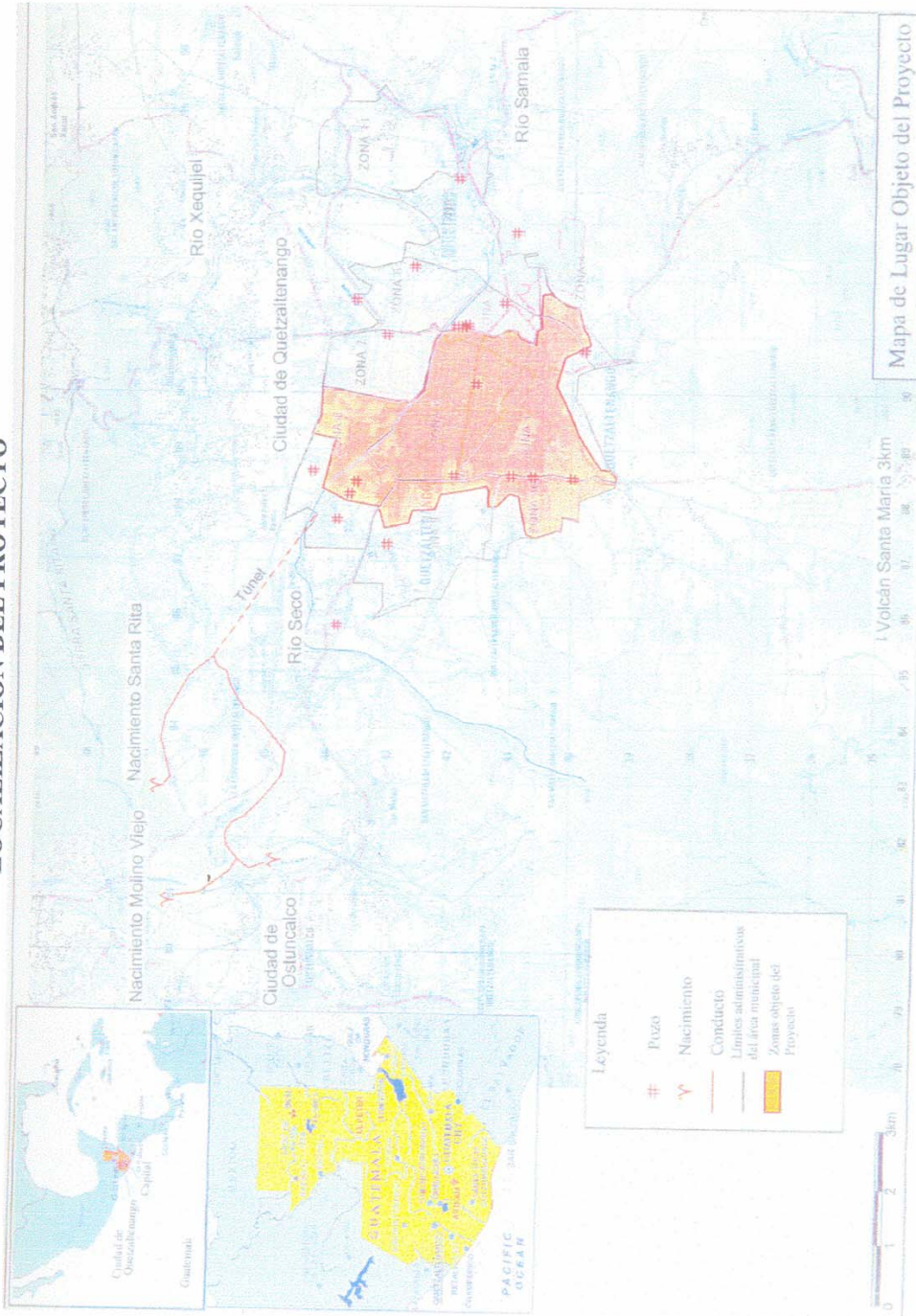
13. Rivera Pómez Carlos Alberto. Evaluación de la calidad de agua para fines de consumo Humano de tres fuentes a la población de Santa Maria de Jesús, Sacatepeques, mediante la interpretación de análisis físicos, químicos y bacteriológicos de muestras colectadas. -/Tesis: Maestro En Recursos Hidráulicos IRIS/- Guatemala 1990.

APENDICES Y ANEXOS

FIGURA 1
SISTEMA DE NACIMIENTOS DE AGUA SAN ISIDRO



**FIGURA 3
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO**



FUENTE: Empresa Municipal de Aguas de Xelaju

FIGURA 4
SISTEMA DE IMPULSION Y DISTRIBUCION DE AGUA 2008

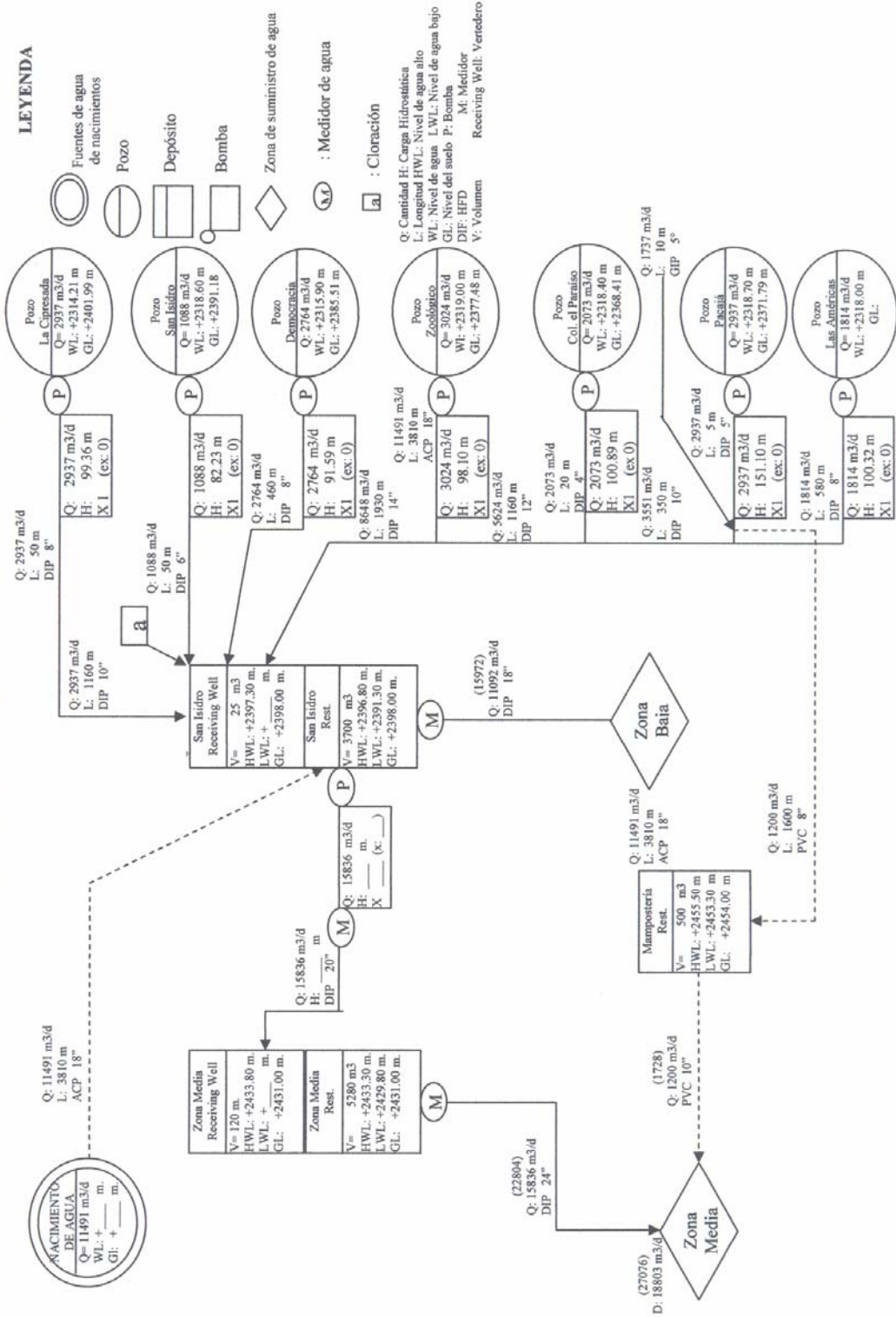


FIGURA 5



POZO PACAJA

FIGURA 6



POZO LAS AMERICAS

FIGURA 7



POZO ZOOLOGICO

FIGURA 8



POZO PARAISO

FIGURA 9



POZO LA DEMOCRACIA

FIGURA 10



POZO SAN ISIDRO

FIGURA 11



POZO LA CIPRESADA

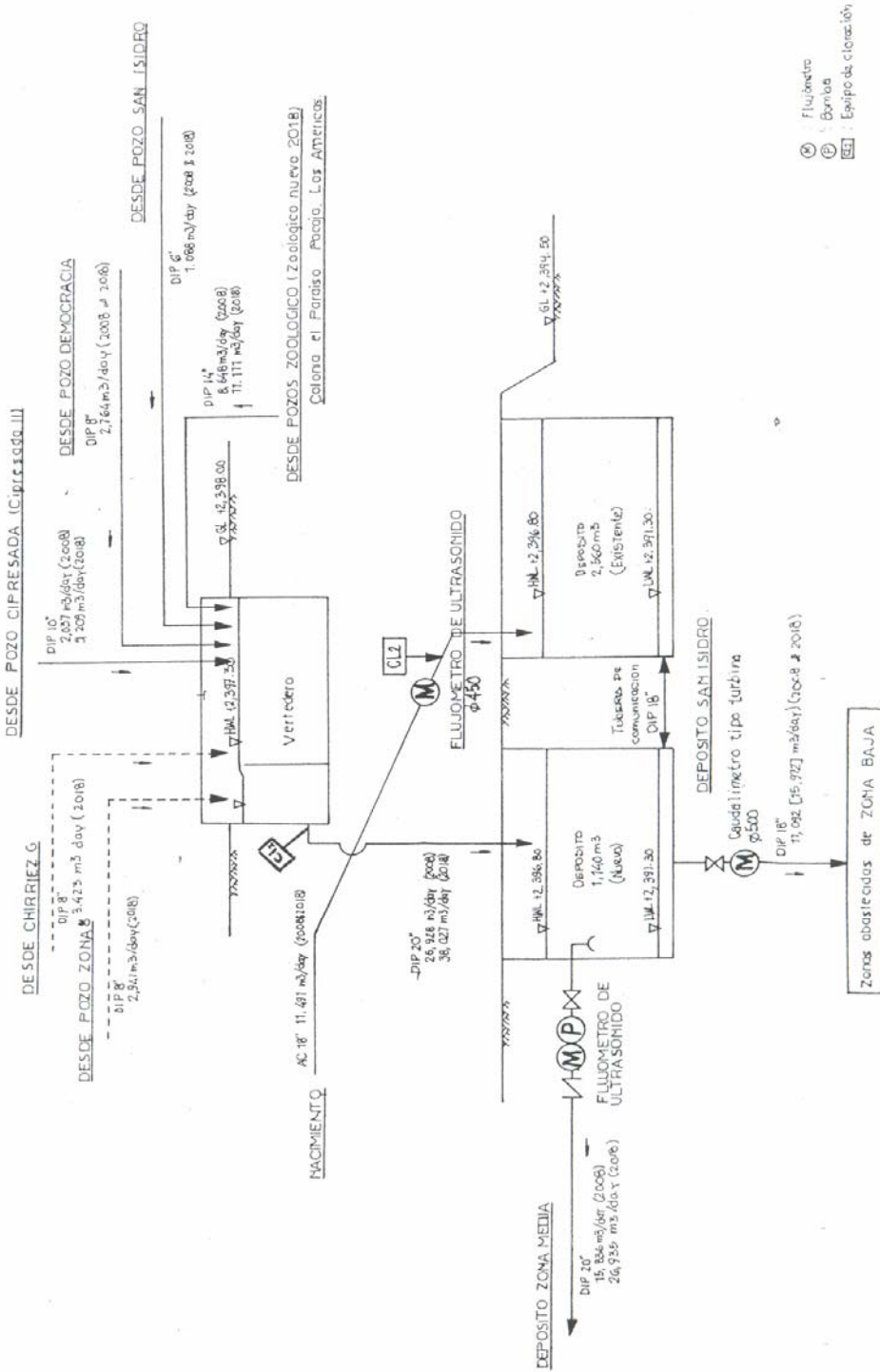
FIGURA 12



NACIMIENTOS DE AGUA

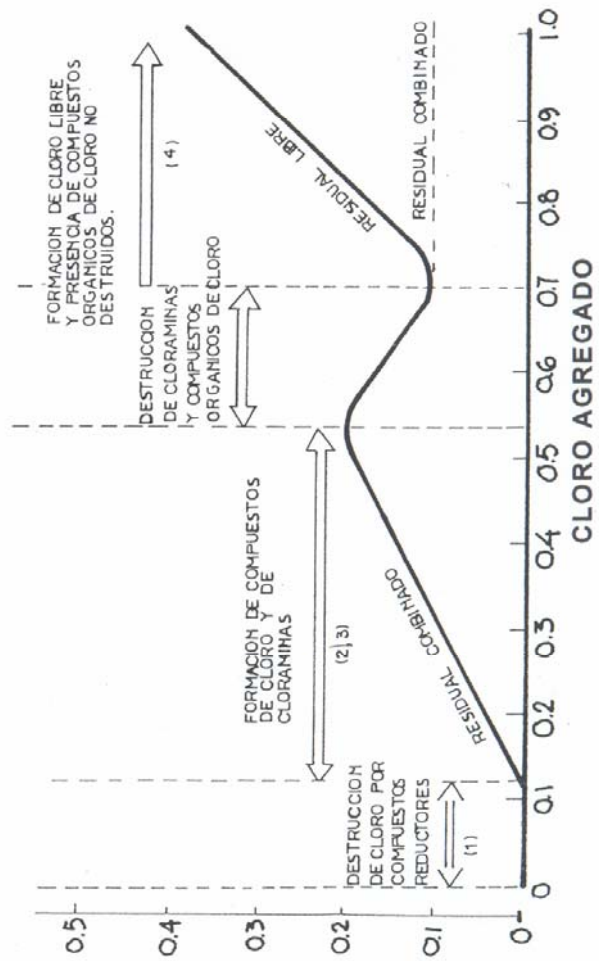
FIGURA 13

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA



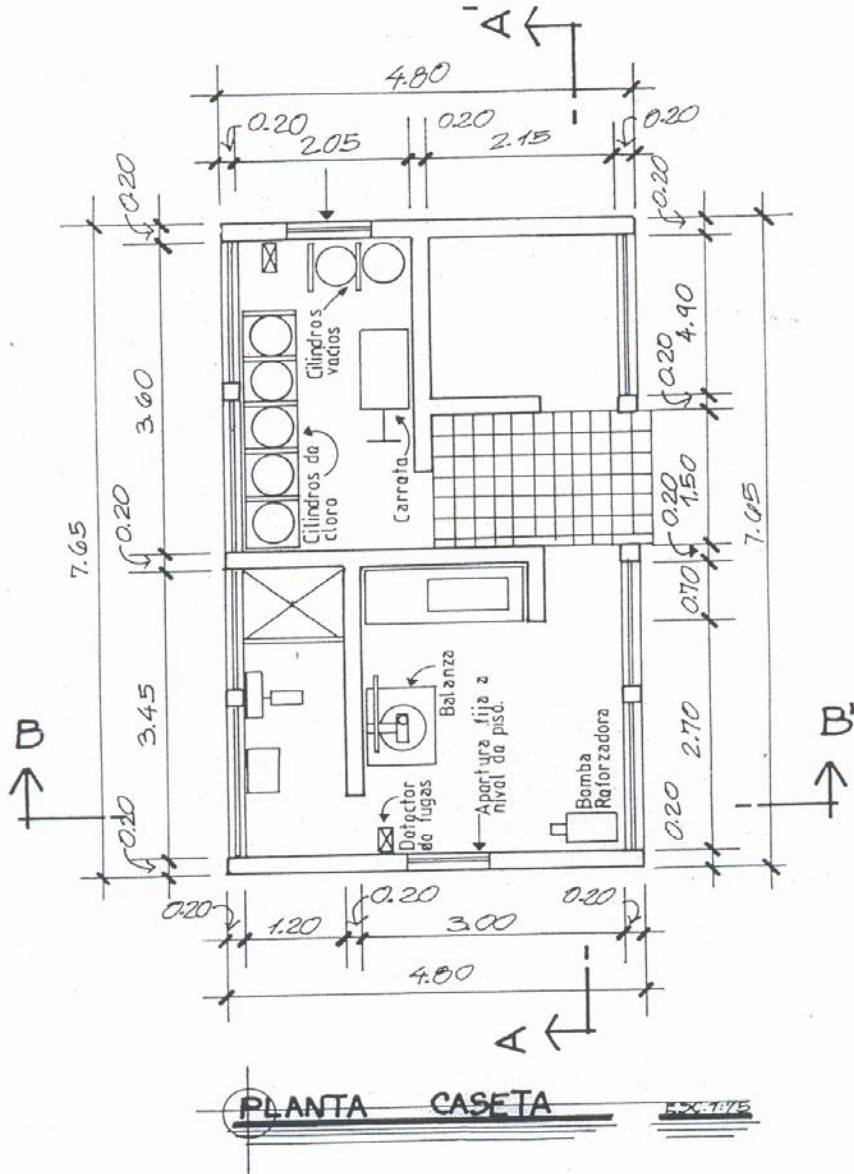
* EL CAUDAL REPRESENTA EL CAUDAL MÁXIMO DIARIO.
 EL CAUDAL INDICADO EN () SIGNIFICA EL CAUDAL MÁXIMO MENSUAL.

FIGURA 14
CURVA DE DEMANDA DE CLORO



FUENTE: Pérez Morales Miguel Ángel. Estudio Para La Implementación de un sistema de desinfección de agua en la ciudad de Quetzaltenango. (Tesis de Ingeniero Civil: Facultad de Ingeniería USAC) Guatemala 1980. 124 pp.

FIGURA 15
PLANO DE CASETA DE CLORACIÓN



ELABORACION PERSONAL

FIGURA 16
PLANO DE CASETA DE CLORACIÓN

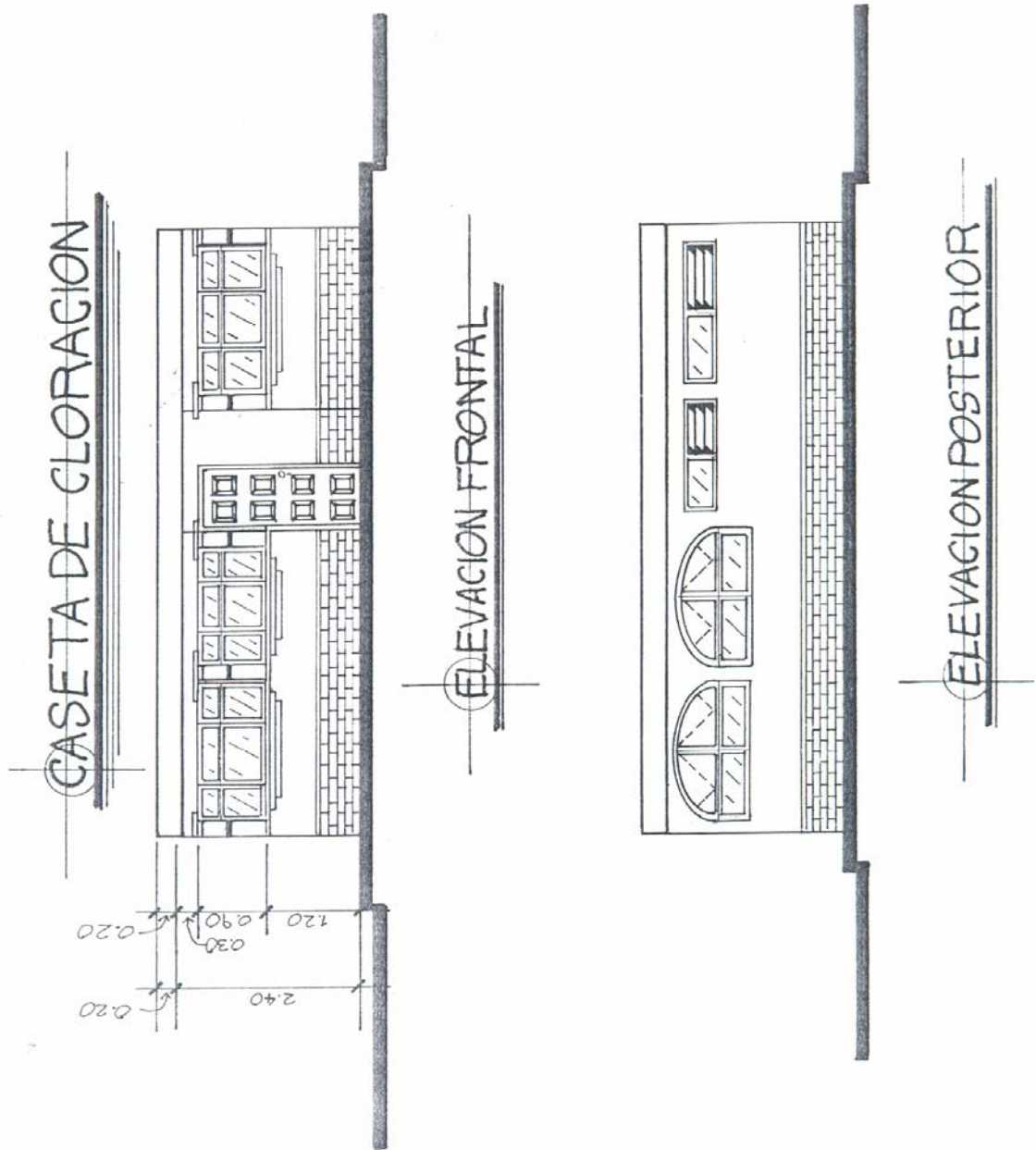
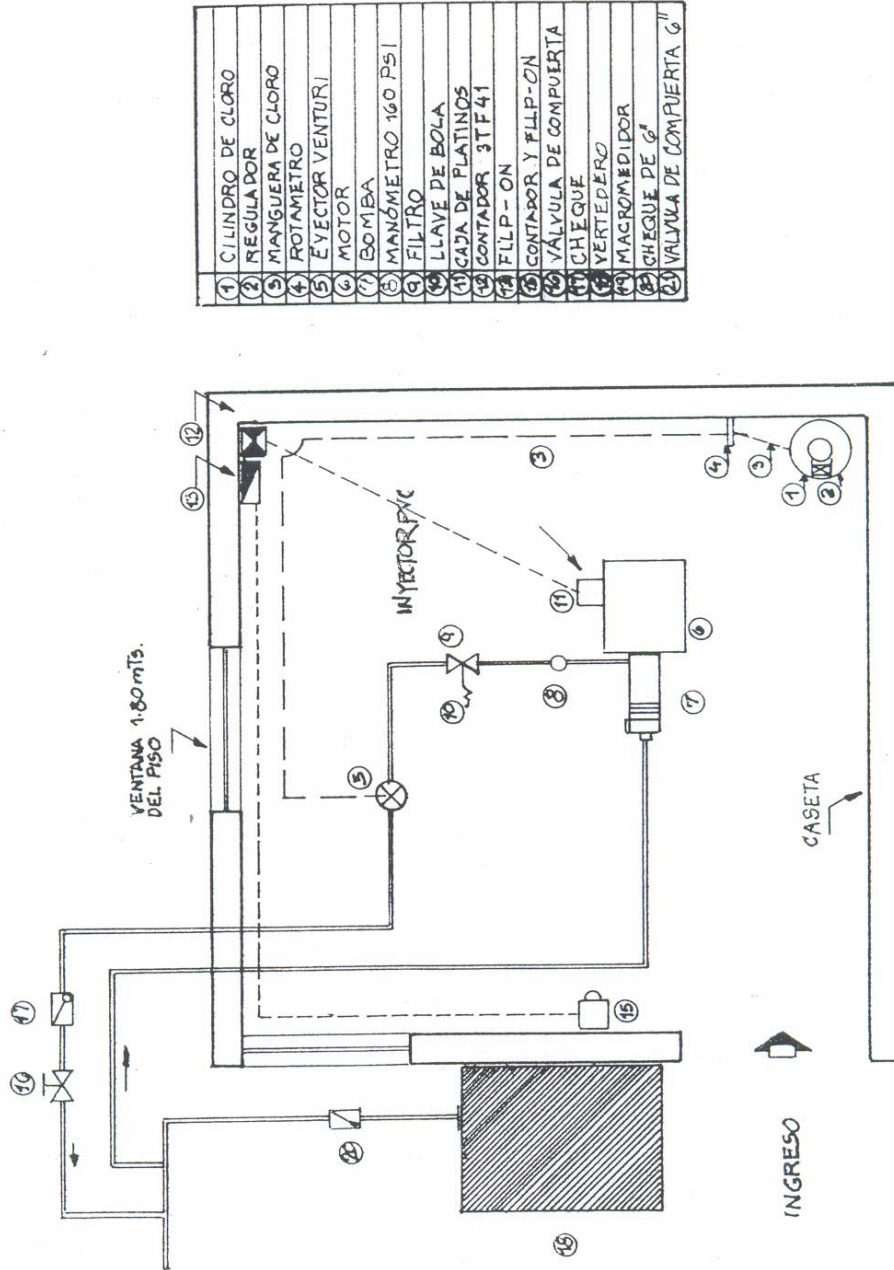


FIGURA 17
DISEÑO DE SISTEMA DE CLORACIÓN GASEOSO AL VACÍO



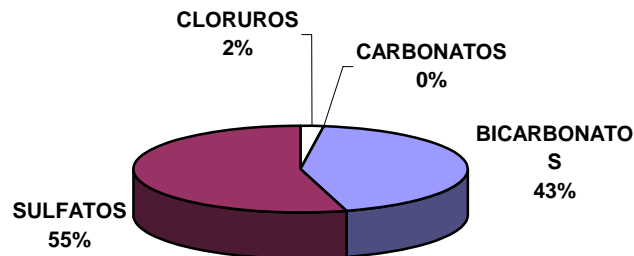
1	CILINDRO DE CLORO
2	REGULADOR
3	MANGUERA DE CLORO
4	ROTAMETRO
5	EYECTOR VENTURI
6	MOTOR
7	BOMBA
8	MANÓMETRO 160 PSI
9	FILTRO
10	LLAVE DE BOLA
11	CADA DE PLATINOS
12	CONTADOR 3TF41
13	FLIP - ON
14	CONTADOR Y FLIP-ON
15	VÁLVULA DE COMPUERTA
16	CHEQUE
17	VERTEDERO
18	MACROMEDIDOR
19	CHEQUE DE G ³
20	VÁLVULA DE COMPUERTA G ³

FIGURA 18
LOCALIZACIÓN DE PUNTO DE INYECCIÓN
Y CASETA DE CLORACIÓN



**CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV
PROMEDIO ARITMETICO DE ANIONES**

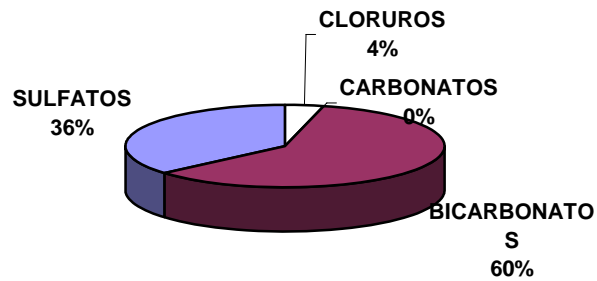
**FIGURA 19
POZO LAS AMÉRICAS**



□ CLORUROS □ CARBONATOS ■ BICARBONATOS ■ SULFATOS

AGUAS BICARBONATADAS-SULFATADAS

**FIGURA 20
POZO PACAJA**



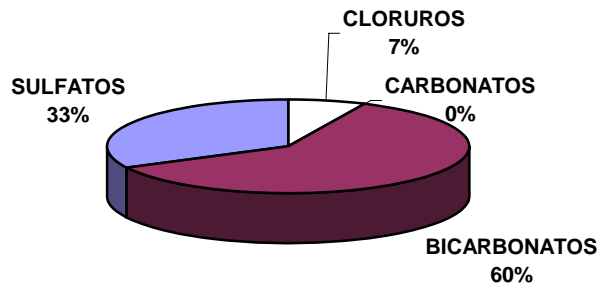
□ CLORUROS ■ CARBONATOS ■ BICARBONATOS ■ SULFATOS

AGUAS BICARBONATADAS-SULFATADAS

CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV PROMEDIO ARITMETICO DE ANIONES

FIGURA 21

POZO EL PARAÍSO

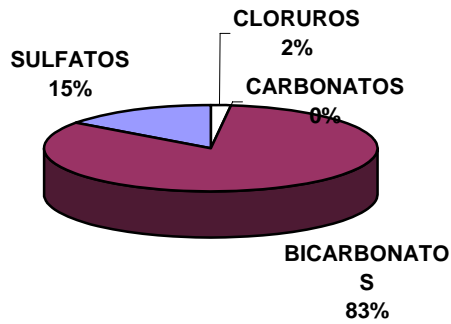


□ CLORUROS □ CARBONATOS ■ BICARBONATOS ■ SULFATOS

AGUAS BICARBONATADAS-SULFATADAS

FIGURA 22

POZO ZOOLOGICO



□ CLORUROS ■ CARBONATOS ■ BICARBONATOS ■ SULFATOS

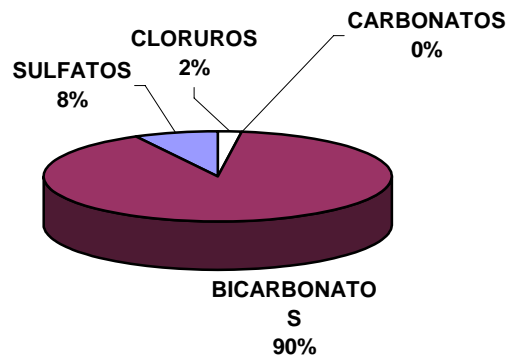
AGUAS BICARBONATADAS

CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV

PROMEDIO ARITMETICO DE ANIONES

FIGURA 23

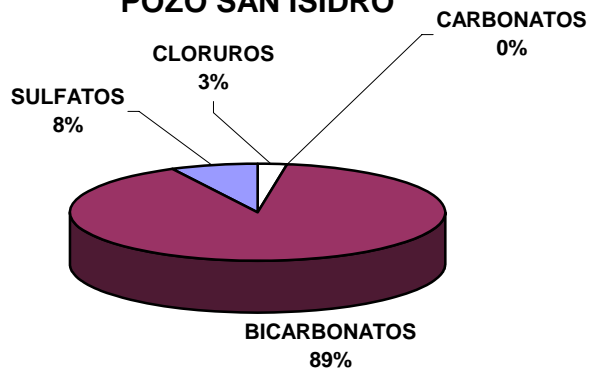
POZO LA DEMOCRACIA



AGUAS BICARBONATADAS

FIGURA 24

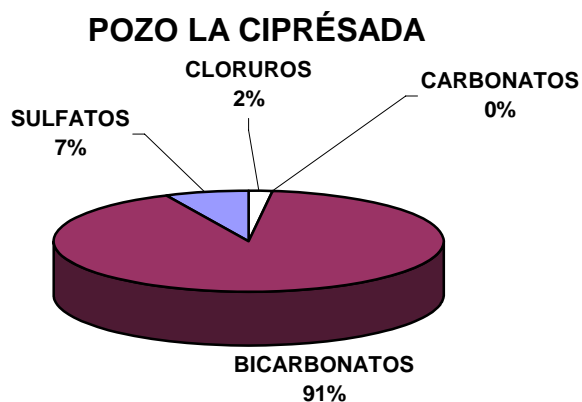
POZO SAN ISIDRO



AGUAS BICARBONATADAS

**CLASIFICACIÓN DE SCHUKAREV
PROMEDIO ARITMETICO DE ANIONES**

FIGURA 25

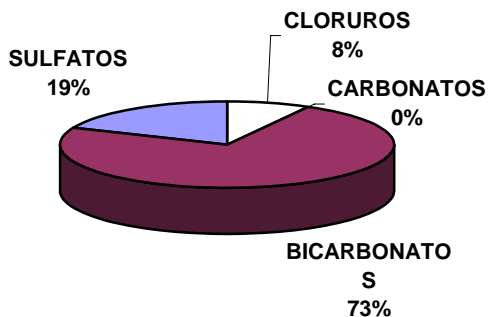


□ CLORUROS ■ CARBONATOS ■ BICARBONATOS ■ SULFATOS

AGUAS BICARBONATADAS

FIGURA 26

MEZCLA DE NACIMIENTOS



□ CLORUROS ■ CARBONATOS ■ BICARBONATOS ■ SULFATOS

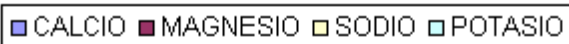
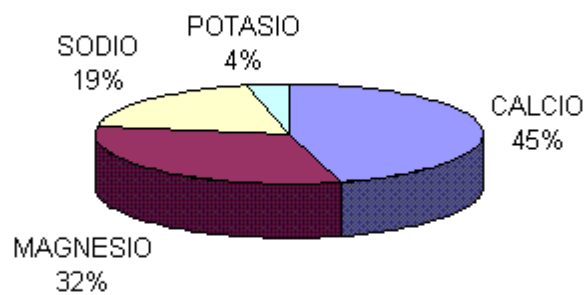
AGUAS BICARBONATADAS

CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV

PROMEDIO ARITMETICO DE CATIONES

FIGURA 27

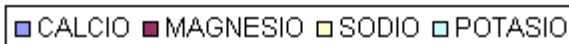
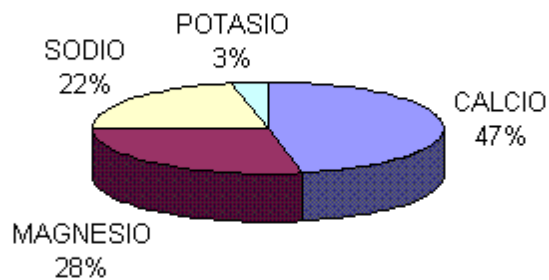
POZO LAS AMÉRICAS



AGUAS CÁLCIO-MAGNÉSICAS

FIGURA 28

POZO PACAJA

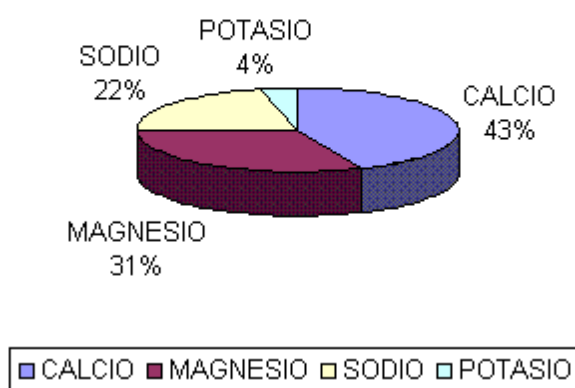


AGUAS CÁLCIO-MAGNÉSICAS

**CLASIFICACIÓN DE SCHUKAREV
PROMEDIO ARITMETICO DE CATIONES**

FIGURA 29

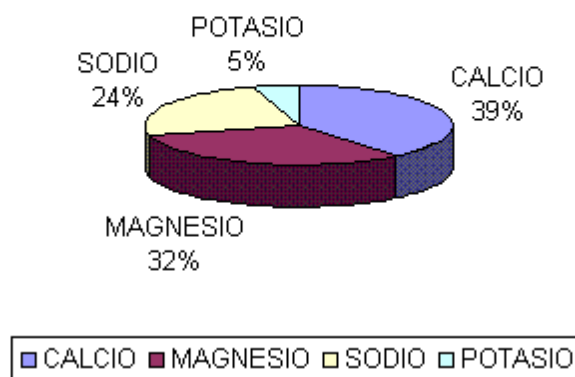
POZO EL PARAÍSO



AGUAS CÁLCIO-MAGNÉSICAS

FIGURA 30

POZO EL ZOOLOGICO

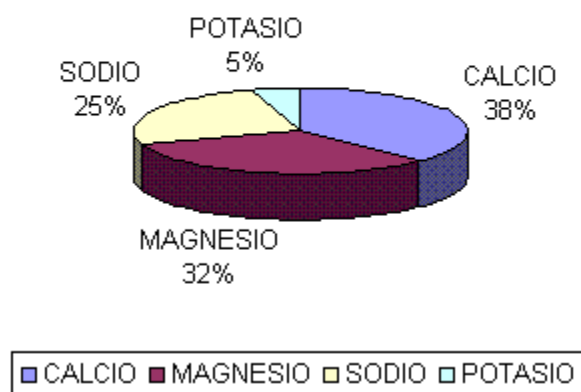


AGUAS CÁLCIO-MAGNÉSICAS

**CLASIFICACIÓN DE SCHUKAREV
PROMEDIO ARITMETICO DE CATIONES**

FIGURA 31

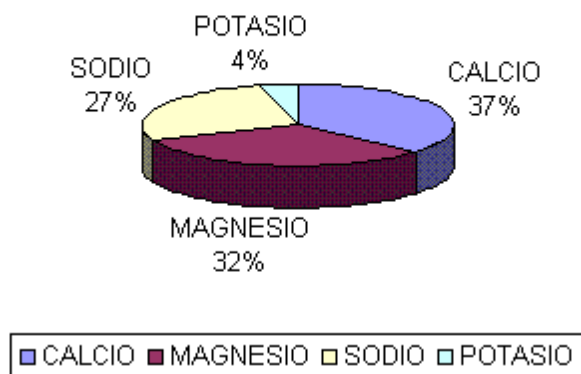
POZO LA DEMOCRACIA



AGUAS CÁLCIO-MAGNÉSICAS

FIGURA 32

POZO SAN ISIDRO



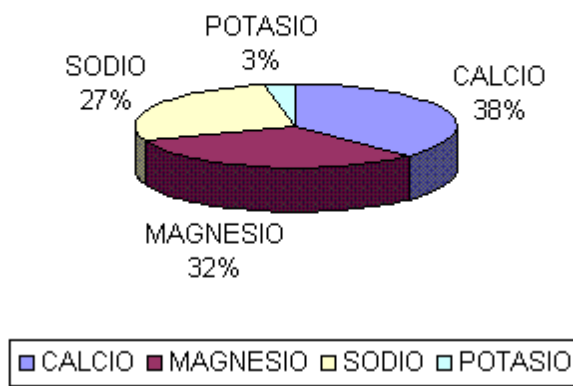
AGUAS CÁLCIO-MAGNÉSICO-SÓDICOS

CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV

PROMEDIO ARITMETICO DE CATIONES

FIGURA 33

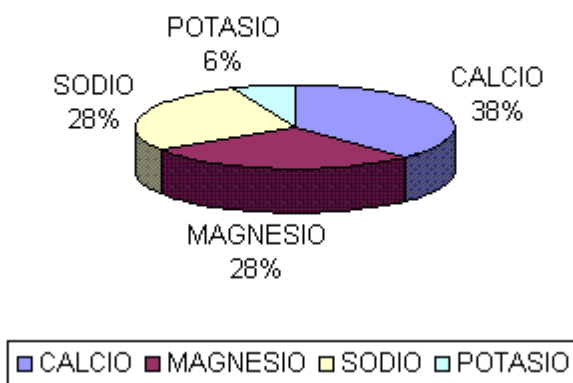
POZO LA CIPRÉSADA



AGUAS CÁLCIO-MAGNÉSICO-SÓDICOS

FIGURA 34

MEZCLA DE NACIMIENTOS



AGUAS CÁLCIO-MAGNÉSICO-SÓDICOS

FIGURA 35
DIAGRAMA ARITMETICO
PORCENTAJES ACUMULATIVOS meq/L

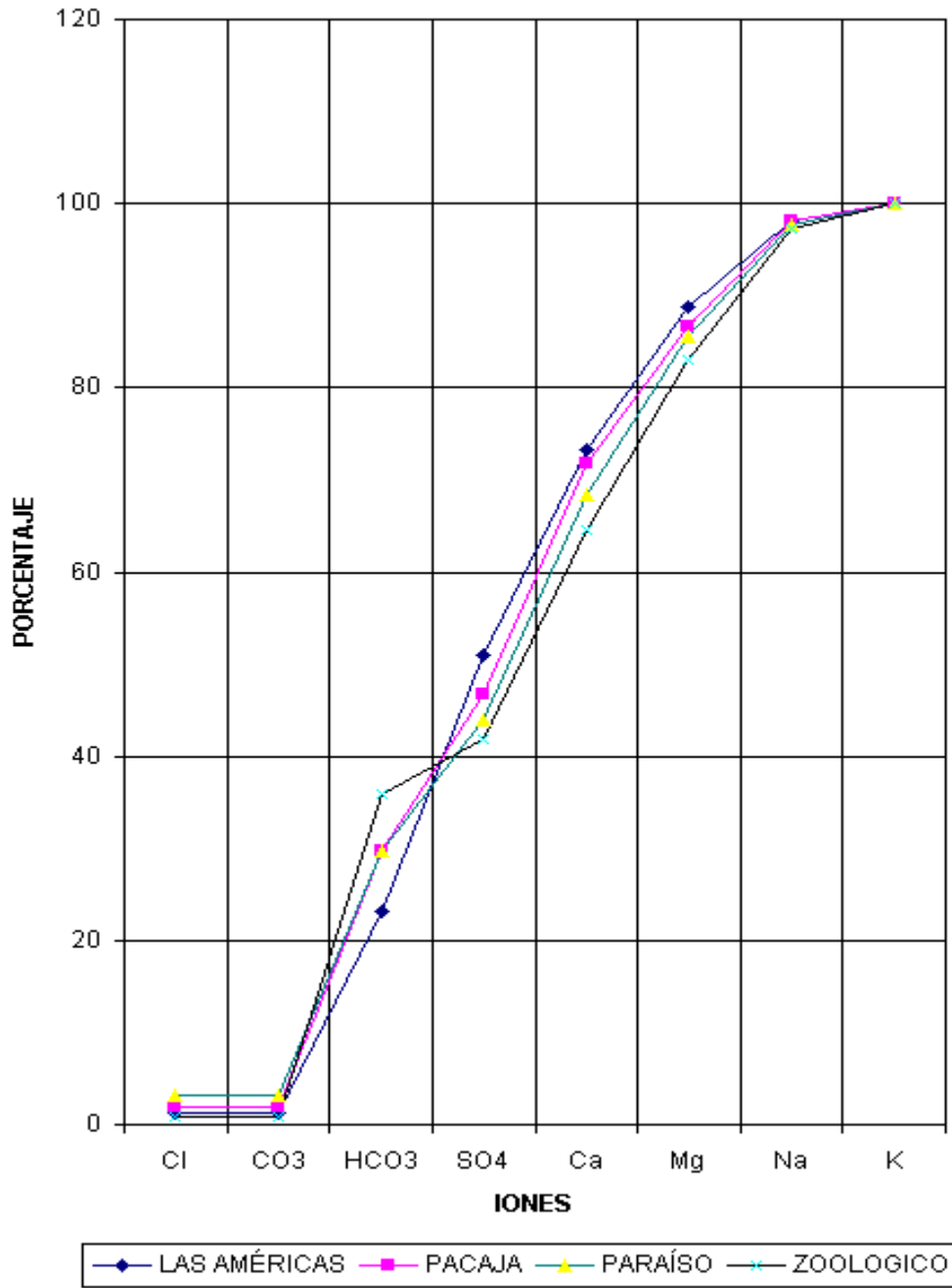


FIGURA 36
DIAGRAMA ARITMETICO
PORCENTAJES ACUMULATIVOS meq/L

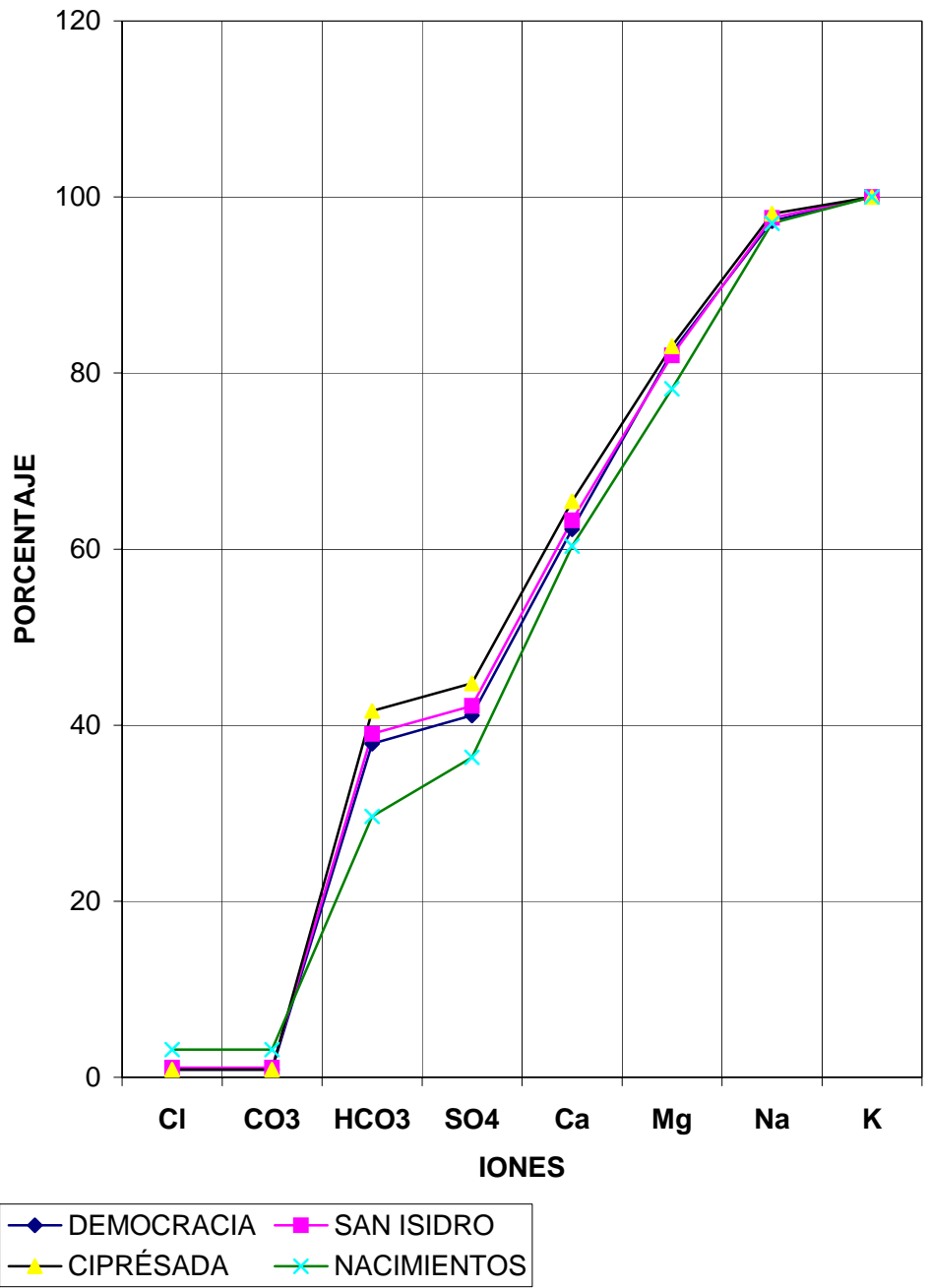


FIGURA 37

DIAGRAMA ARITMETICO

PORCENTAJES ACUMULATIVOS meq/L

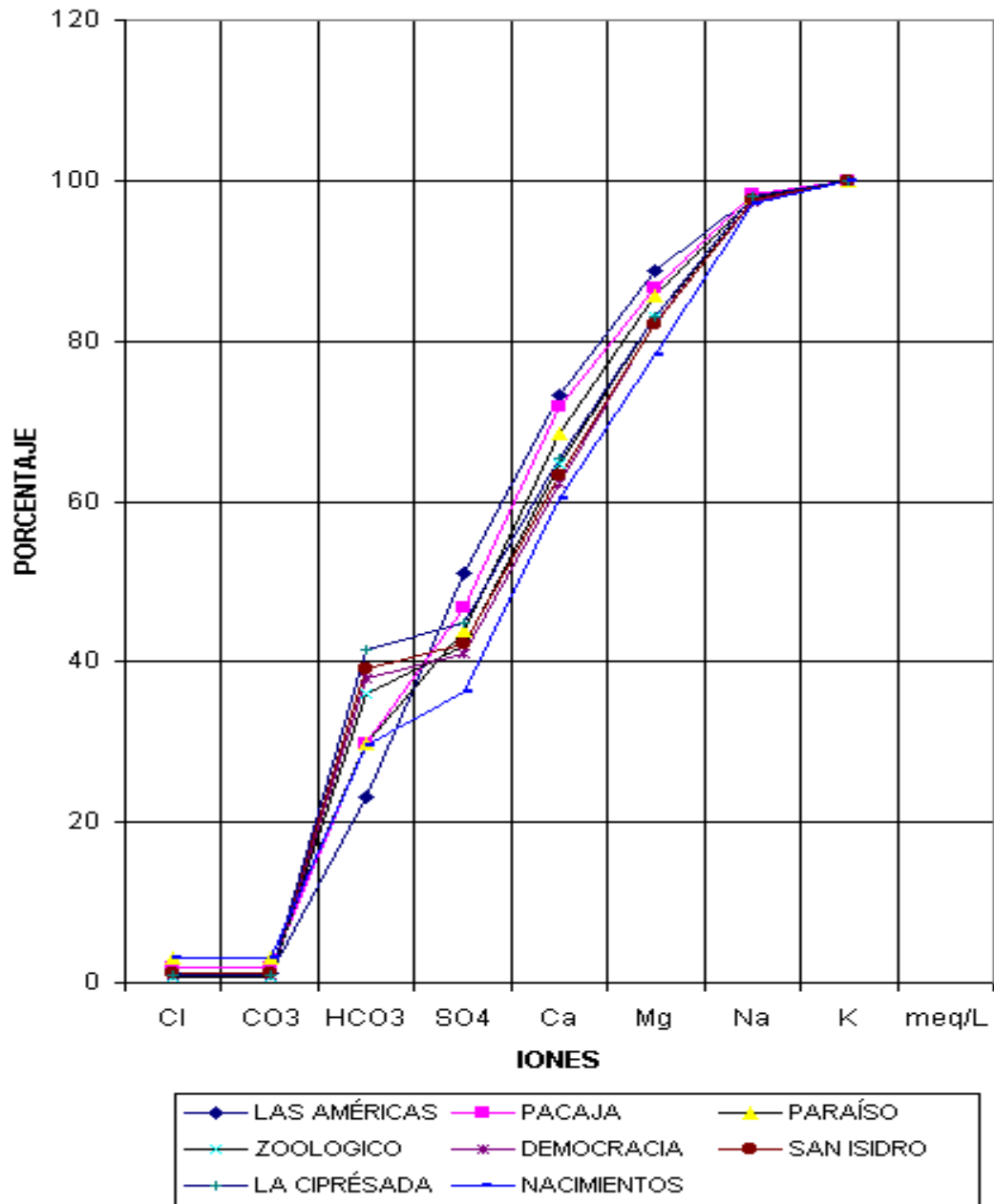


FIGURA 38
DIAGRAMA DE COLLINS
ANIONES Y CATIONES
PROMEDIO ARITMETICO DE IONES

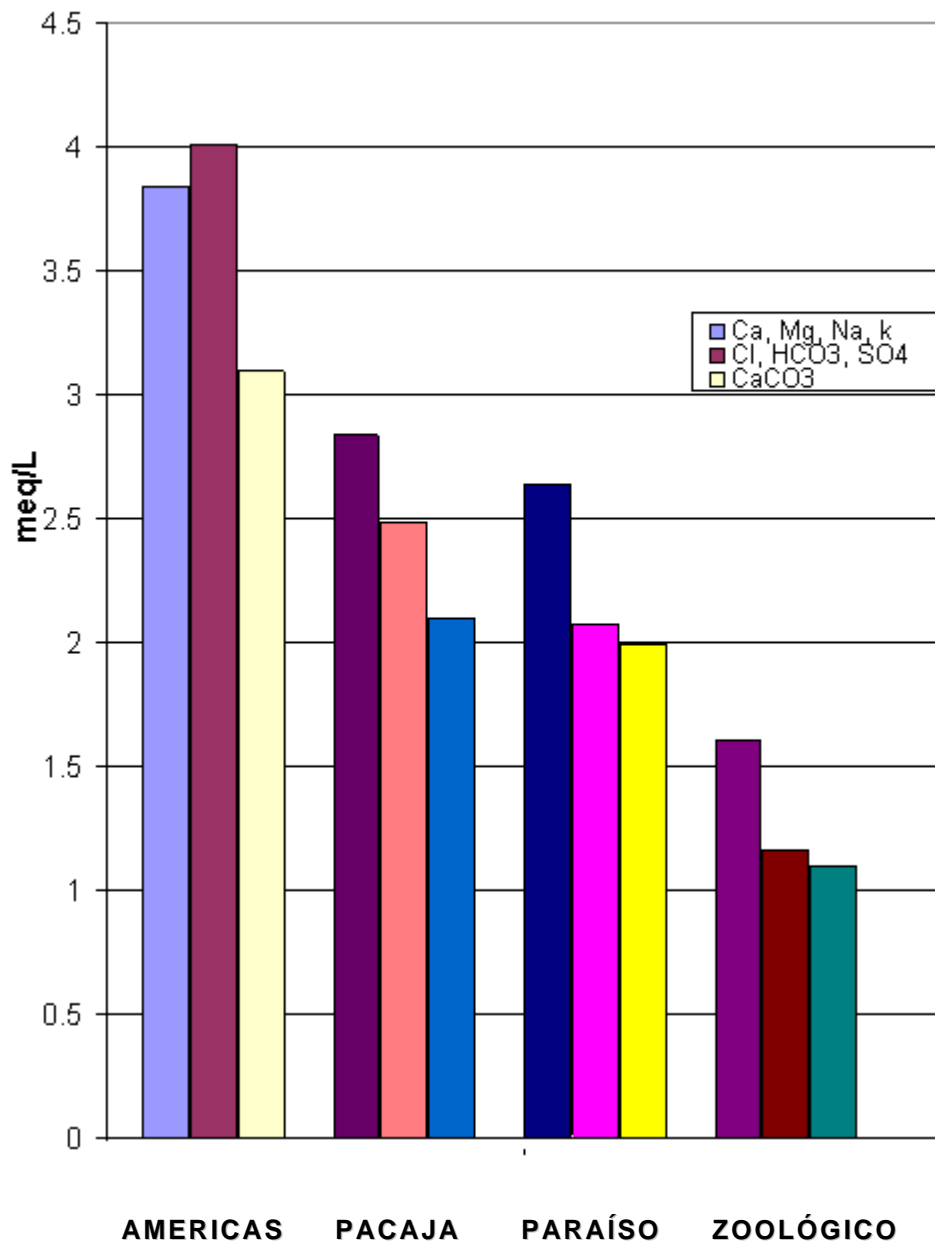
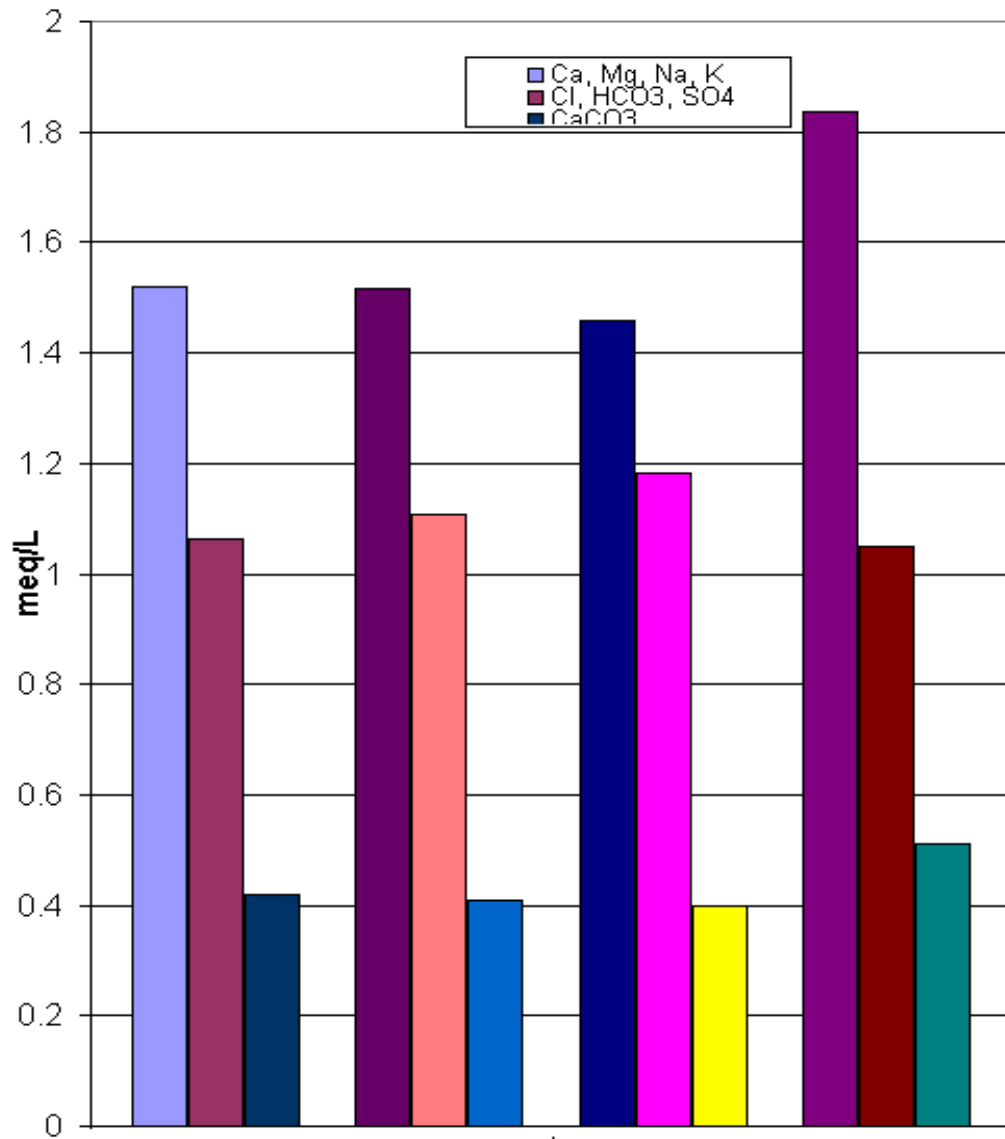


FIGURA 39
DIAGRAMA DE COLLINS
ANIONES Y CATIONES
PROMEDIO ARITMETICO DE IONES



DEMOCRACIA SAN ISIDRO CIPRÉSADA NACIMIENTOS

TABLA I
DATOS DE LOS POZOS EXISTENTES AREA URBANA QUETZALTENANGO

No.	Nombre de Pozo	Año de Construcción	Producción del pozo (Datos de EMAX)	Altitud	Profundidad Perforada	Diámetro de Revestimiento	Diámetro de tubo de columna	Diámetro de tubo de impulsión	Nivel estático	Nivel Dinámico	Nivel dinámico modificado	Nivel estático	Nivel dinámico	Profundidad de la bomba	Altitud del fondo del pozo
			Lit./s	m	m	Pulgada	Pulgada	Pulgada	GL-m	GL-m	GL-m	m	m	GL-m	m
1	Benito Juárez	1983	18.67	2,357.5	94.5	8	4	4	35.1	68.6	68.6	2,322.4	2,388.9	73.15	2,263.0
2	San Isidro	1989	12.78	2,391.18	187.5	8	4	4	69.8	71.6	72.6	2,321.4	2,318.6	85.34	2,203.7
3	Zona 8	1998	32.81	2,419.31	259.1	10	6	6	94.2	100.3	100.8	2,325.1	2,318.5	124.92	2,1760.2
4	Salida a San Marcos		5.18	2,462.61	182.9	8	4	4	121.9	137.2	137.2	2,340.7	2,325.4	164.69	2,279.9
5	Floresta	1990	16.66	2,405.84	152.4	8	4	4	79.2	83.8	83.8	2,326.6	2,322.0	103.60	2,263.4
6	Zoológico	1979	19.28	2,377.48	182.9	8	4	4	53.6	54.9	56.4	2,323.8	2,321.1	91.44	2,195.6
7	Colonia el Paraíso		15.17	2,388.41	67.1	8	4	4	44.2	47.2	48.0	2,324.2	2,320.4	54.86	2,301.3
8	Pacaja	1997	16.02	2,371.79	182.9	8	4	4	49.1	50.9	51.1	2,322.7	2,320.4	103.63	2,188.9
9	Las Américas	1989	20.19	2,367.21	152.4	8	5	4.3	45.7	48.2	48.2	2,321.5	2,319.0	81.44	2,214.8
10	Cenital	1989	25.55	2,342.55	121.9	8	4	4	30.5	48.2	48.3	2,312.1	2,294.3	85.3	2,220.7
11	Rotonda	1989	17.46	2,317.78	140.2	8	4	4	4.6	8.2	8.2	2,313.2	2,309.6	80.77	2,177.6
12	Las Rosas	1992	18.55	2,313.54	91.4	8	4	4	12.6		13.0	2,301.3	2,300.5	60.96	2,222.1
13	Cefemerq	1984	12.42	2,371.86	213.4	6	3	3.3	51.8	52.7	53.4	2,320.0	2,318.5	67.06	2,158.5
14	Choqui Alto	1988	34.45	2,374.35	182.9	10	6	6	54.9	61.6	62.1	2,319.5	2,312.3	97.54	2,191.5
15	Chirries 1	1988	9.52	2,318.69	30.5	8	4	4	5.8	10.7	10.7	2,312.9	2,308.0	18.29	2,286.2
16	Chirries 4	1988	22.71	2,320.83	36.9	10	4	4	6.0	0	10.7	2,314.8	2,310.1	9.14	2,283.9
17	Chirries 5	1988	8.68	2,321.00	30.5	8	4	4.4	6.0	10.7	10.7	2,315.7	2,311.0	24.38	2,291.2
18	chirries 6	1988	6.06	2,324.01	46.9	8	4	4.4	7.9	0.0	12.6	2,316.1	2,311.4	31	2,277.1
19	Chirries 7	1988	9.59	2,323.46	36.9	8	4	4.4	7.9	0.0	12.6	2,315.5	2,310.9	31	2,286.6
20	La Cipresada	1994	28.39	2,401.99	182.9	8	5	5	75.0	87.8	87.8	2,327.0	2,314.2	106.68	2,219.1
21	Xeul Alto	1998	11.22	2,386.89	170.7	8	4	4	74.7	76.5	76.5	2,312.2	2,310.4	139.69	2,216.2
22	Choqui bajo	1991	10.09	2,334.36	61.0	8	3	3	16.8	22.9	22.9	2,317.6	2,311.5	30.48	2,273.4
23	Democracia	2002	24.62	2,385.51	138.7	8	5	6	54.9	66.8	67.6	2,330.6	2,317.9	91.44	2,246.8

Datos proporcionados por la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju (EMAX).

TABLA II
DISTRIBUCION DE AGUA EXISTENTE

No.	Nombre del depósito	Propietario	Año de construcción	Altitud de la base	Capacidad existente	Estructura
1	Cefemerq	EMAX	1983	2,371.74	34	Tanque elevado de acero
2	Chirriez G	EMAX	1950	2,320.87	426	Bloques
3	Chirriez P	EMAX	1950	2,320.87	50	Concreto
4	Choqui Bajo	Comité	1986	2,377.15	119	Mampostería
5	Choqui Alto	EMAX	1998	2,371.76	50	Tanque elevado de acero
6	Cipresada Inferior	Comité	1995	2,401.99	600	Bloques
7	Cipresada Superior	Comité	1995	2,401.99	72	Concreto
8	Colonia Molina	EMAX	1968	2,392.21	201	Bloques
9	Empleados Municipales	EMAX		2,418.00	28	Concreto
10	Floresta	EMAX	1990	2,483.83	315	Bloques
11	Rosario Alto	EMAX	1968	2,364.81	20	Tanque elevado de concreto
12	Rosario Bajo	EMAX	1968	2,367.85	1168	Concreto
13	Salida Almolonga	EMAX	1993	2,447.09	393	Bloques
14	Salida a San Marcos	EMAX	1987	2,462.61	137	Bloques
15	San Isidro	EMAX	1948	2,397.50	2,722	Concreto
16	Villa Mercedes	EMAX	1948	2,369.00	621	Bloques
17	Zona 7	Comité	1983	2,375.61	112	Mampostería
18	Zona 8	EMAX	1998	2,420.03	162	Mampostería
19	Xeul P	EMAX	1996	2,440.25	35	Mampostería
	Total				7,265.00	

Datos proporcionados por la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju (EMAX)

TABLA III
ZONAS DE DISTRIBUCION EXISTENTES Y SUS FUENTES DE AGUA

No.	Zona de distribución		Zona	Pozo		Método de distribución	Distribución de agua	
	Nombre	Cenizal		Nombre	Nombre del depósito			
1	Cenizal	Cenizal	Zona 1 y 4	Cenizal		Directo/Depósito	Salida a Almolonga	
2	San Isidro, Benito Juárez, Nacimientos		Zona 1, 3, 4, y 8	San Isidro, Democracia, Benito Juárez		Depósito, directo, directo	San Isidro, Villa Mercedes	
3	Salida a San Marcos		Zonas 8 y 9	Salida a San Marcos		Depósito/directo	Salida a San Marcos	
4	Las Rosas		Zona 5	Las Rosas		Directo		
5	Rotonda		Zona 5	Rotonda		Depósito/directo	Col. Molina, Empleados Municipales	
6	Floresta		Zona 9	Floresta		Depósito/directo	Floresta	
7	Zoológico		Zona 3 & 1	Zoológico		Directo		
8	Paraiso		Zona 10 & 1	Colonia el Paraiso		Directo		
				Pacaja		Directo		
9	Choqui alto		Zonas 6 y 7	Choqui Alto		Directo	Choqui Alto, Zona 7	
	Cefemerq			Cefemerq		Depósito/directo	Cefemerq	
	Rosario Alto		Zona 3	Chirriez 4		Depósito	Rosario Alto	
				Chirriez 1		Depósito/directo	Rosario Bajo	
				Chirriez 4		Depósito	Rosario Bajo	
				Chirriez 5		Directo		
				Chirriez 6		Depósito/directo	Rosario Bajo	
				Chirriez 7		Depósito	Rosario Bajo	
10	Rosario Bajo		Zonas 2 y 5	Las Américas		Directo		
11	Las Américas		Zona 1 & 10	Choqui Bajo		Depósito	Choqui Bajo	
12	Choqui Bajo		Zonas 5 y 6	La Cipsasada		Depósito	Cipsasada	
13	Cipsasada		Zona 8	Zona 8		Depósito	Zona 8	
14	Zona 8		Zona 8	Xeul Alto		Depósito	Xeul	
15	Xeul		Zona 5			Depósito		

Datos proporcionados por la Empresa Municipal de Aguas de Xelaaju

TABLA IV
ACTUAL PRODUCCION EN LAS FUENTES DE AGUA

No.	Nombre de Pozo	Horas de Operación	Datos de EMAX			Caudal existente medido		A base del sistema existente	A base del sistema proyectado	
			Caudal unitario	Caudal unitario	Caudal diario	Caudal por 24 horas	Caudal unitario	Caudal por 24 horas		
									Lit./s.	Lit./s.
1	Benito Juárez	21.0	18.67	17.00	1,285	1,469	15.00	1,296		
2	San Isidro	18.5	12.78	12.85	856	1,110	12.60	1,089		
3	Zona 8	22.5	34.81	34.05	2,758	2,942	34.05	2,942		
4	Salida a San Marcos	23.0	5.18	5.15	426	445				
5	Floresta	23.0	16.66	16.20	1,341	1,400	21.40	1,849		
6	Zoológico	23.0	19.28	20.35	1,685	1,758	20.35	1,758		
7	Colonia el Paraíso	20.0	15.07	18.60	1,339	1,607	24.00	2,074		
8	Pacajá	20.0	16.02	18.22	1,312	1,574	18.22	1,574		
9	Av. Las Américas	23.0	20.19	15.10	1,250	1,305	21.00	1,814		
10	Cenizal	17.0	22.55	16.37	1,002	1,414	20.31	1,755		
11	Rotonda	23.0	17.46	15.30	1,267	1,322	17.50	1,512		
12	Las Rosas	23.5	18.55	13.14	1,112	1,135	13.14	1,135		
13	Cefemerq	23.0	12.42	8.07	668	697	12.40	1,071		
14	Chiqui Alto (Z6)	17.0	34.45	33.53	2,052	2,897	35.00	3,024		
15	Chirries 1	24.0	9.52	10.05	868	868	11.00	950		
16	Chirries 4	24.0	22.71	14.28	1,234	1,234	45.00	3,888		
17	Chirries 5	24.0	8.68	5.28	456	456				
18	Chirries 6	24.0	6.06	3.57	308	308				
19	Chirries 7	24.0	9.59	4.01	346	346				
20	La Cipresada		28.39	34.29	0	2,963	34.00	2,938		
21	Xeul Alto	3.0	11.22	11.10	120	959	11.10	959		
22	Choqui Bajo		10.09	7.30	0	631	7.30	631		
23	Democracia	22.5	24.62	26.04	2,109	2,250	32.00	2,765		

1	Producción en los pozos		394.97	359.85	23,794	31,090	405.37	35,024
2	Producción en los nacimientos	24.0	133.00	133.00	11,491	11,491	133.00	11,491
3	Total de Producción		527.97	492.85	35,285	42,581	538.37	46,515

Datos proporcionados por la Empresa Municipal de Aguas de Xelaju

TABLA V

RESULTADOS DEL CALCULO DEL PRONOSTICO DE DEMANDA DE AGUA

Ítem	2005	2008	2018
Población			
Total urbana	147.943	162.179	220.293
Urbana	132.092	144.803	196.691
No cubierta por el Censo 12%	15.851	17.376	23.602
Población servida			
Cobertura del servicio (%)	75	85	95
Población servida			
Conexión domiciliaria	110.957	137.852	209.278
Llave pública	110.957	137.852	209.278
Demanda			
1. Domiciliaria			
Consumo unitario (m3/día)	0.150	0.155	0.160
Consumo domiciliario (m3/día)	16.644	21.367	33.484
2. Comercial			
No. De contratos comerciales	1.414	1.791	2.269
Abastecimiento comercial (m3/día)	1.5	1.5	1.5
Demanda comercial (m3/día)	2.134	2.703	3.424
3. Industrial			
No. De contratos industriales	388	492	661
Abastecimiento industrial (m3/día)	2.1	2.1	2.1
Demanda industrial	814	1.031	1.385
4. Llave Pública			
No. De llaves	32	0	0
Consumo unitario (m3/día)	0.03	0	0
No. De usuarios	10.310	0	0
Demanda en llaves públicas (m3/día)	309	0	0
5. Pila pública			
No. De pilas	10	10	10
Consumo unitario (m3/día)	30	30	30
Demanda en pilas públicas (m3/día)	300	300	300
6. Instituciones públicas			
Demanda institucional (m3/día)	832	1.068	1.674
7. Total Demanda (1 - 6)			
Tasa de agua no recaudada (%)	40	30	20
Volumen no recaudado (m3/día)	14.100	11.500	10.100
8. Promedio de abastecimiento diario proyectado			
Factor de carga proyectado	1.20	1.20	1.20
9. Abastecimiento máx. diario proyectado			
	42.171	45.779	60.440

Elaboración personal

TABLA VI

DEMANDA DE AGUA EN LA ZONA RURAL QUE ABASTECE DE FUENTES DE AGUA DE LA ZONA URBANA

No.	Nombre de la zona rural	Pozo objeto	Demanda promedio diaria proyectada		Demanda máx. diaria proyectada	
			(m3/día)		(m3/día)	
			2008	2018	2008	2018
1	Chiqua, Xetuj, La Pedrera, Chulaju	Cenizal	677	823	812	988
2	San Marcos	Salida a San Marcos	163	200	196	240
3	Xeul	Xeul Alto	144	176	173	211
4	Cefemerq	Cefemerq	156	191	187	229
	Total		1140	1390	1368	1668

Datos proporcionados por EMAX

TABLA VII

DEMANDA DE AGUA PROYECTADA EN EL PROYECTO

No.	Demanda de agua	Demanda promedio diaria proyectada		Demanda máx. diaria proyectada	
		(m3/día)		(m3/día)	
		2008	2018	2008	2018
1	Zona Urbana	38.149	50.367	45.017	59.854
2	Zona Rural	1.140	1.390	1.368	1.668
	Total	39.289	51.757	46.385	61.522

TABLA VIII
RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE CAUDALES DE LOS POZOS
Y COMPARACION CON LOS DATOS DE EMAX

No.	Nombre del pozo	Año de construcción	Horas de operación	Equipo de cloración cloro gas	Nivel dinámico	Nivel estático	Caudal de pozo de EMAX	Caudal de pozo de EMAX	Caudal proyectado año 2008	Medidores existentes			Caudal medido promedio	Caudal medido
										Existencia	Tiempo de medición promedio	Lectura		
			Actual		Valor medido	Valor medido	Datos de EMAX	Datos de EMAX						
			hr		GL-m	GL-m	Lit/s	m ³ día	m ³ día		sec	Lit	Lit/s	m ³ día
1	San Isidro	1989	18.5	No hay	72.33	71.50	12.78	851	1088	Si	82.5	1000	12.12	807.19
2	Zoológico	1979	23	No hay	56.25	55.86	19.28	1596	3024	Si	52	1000	19.23	1,592.24
3	Colonia el Paraíso		20	No hay	47.55	47.3	15.07	1085	2073	Si	50.44	1000	19.82	1427.04
4	Pacaja	1987	20	No hay	50.94	50.67	16.02	1553	2837	Si	57	1000	17.54	1262.90
5	Av. Las Americas	1989	23	No hay	56.50	55.75	20.19	1672	1814	Si	48.2	1000	20.71	1714.79
6	La Cypresada	1994		No hay			28.39		2937	No				0
7	Democracia	2002	22.5	No hay	67.04	63.87	24.62	1994	2764	Si	362	10000	28.40	2,300.40
									8751	16.637				9,104.56

Aumento de producción para el año 2008 = Caudal proyectado - Caudal medido promedio = 7532.44

TABLA IX

MEDICIÓN DEL CAUDAL DE LOS NACIMIENTOS

No.	Estudio	Producción real			Valor medido en el caudalímetro de ultrasonido l/s
		Fecha de estudio	Valor medido del nacimiento Molino Viejo l/s	Valor total supuesto a partir del valor de Molino Viejo l/s	
1	1er. Estudio	29, y 31/10/2003	110	160	157
2	2.o estudio	20 y 26/01/2004	107	155	139

Datos usado por el plan maestro = 133 l/s = 11,491 m³/día

Fuente de información: Empresa Municipal de Agua de Xejalu

TABLA X

FRECUENCIA DEL MUESTREO PARA CERTIFICAR LA CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA POTABLE

POBLACION SERVIDA	NUMERO MINIMO DE MUESTRAS POR MES
2500 ó más abajo	1
10000.0000	7
25000	25
100000	100
1000000	300
2000000	390
5000000	500

Fuente Norma COGUANOR NGO 29 001; especificaciones para agua potable
Guatemala, año 2000

TABLA XI
ANALISIS FISICO DEL AGUA

FECHA	PUNTO DE MUESTREO	ASPECTO ORGANOLEPTICO	COLOR Pt-Co	PH U	CONDUCTIVIDAD u S/cm	TURBIEDAD UNT	T °C
30/08/2005	POZO	Claro	0.95	7.5	440	0.4	24°C
06/09/2005	MECANICO	Claro	0.95	8.2	432	0.4	24°C
13/09/2005	LAS AMERICAS	Claro	0.95	7.7	432	0.5	23°C
30/08/2005	POZO	Claro	0.75	7.7	320	0.4	23°C
06/09/2005	MECANICO	Claro	0.75	8.2	304	0.4	24°C
13/09/2005	PACAJA	Claro	0.75	7.9	303	0.4	24°C
30/08/2005	POZO	Claro	3	7.7	280	0.35	24°C
06/09/2005	MECANICO	Claro	0.95	7.6	275	0.45	23°C
13/09/2005	PARAISO	Claro	0.95	8.1	271	0.45	23°C
30/08/2005	POZO	Claro	0.80	7.8	170	0.40	24°C
06/09/2005	MECANICO	Claro	0.80	7.7	165	0.40	24°C
13/09/2005	ZOOLOGICO	Claro	0.80	7.7	163	0.40	24°C
30/08/2005	POZO	Claro	0.90	7.7	160	0.45	24°C
06/09/2005	MECANICO	Claro	0.90	7.8	146	0.45	24°C
13/09/2005	DEMOCRACIA	Claro	0.90	7.6	147	0.45	24°C
30/08/2005	POZO	Claro	0.90	7.8	160	0.45	23°C
06/09/2005	MECANICO	Claro	0.90	7.7	160	0.45	24°C
13/09/2005	SAN ISIDRO	Claro	4	7.8	155	1.6	23°C
30/08/2005	POZO	Claro	0.95	7.8	150	0.45	24°C
06/09/2005	MECANICO	Claro	0.95	7.8	147	0.45	24°C
13/09/2005	CIPRESADA	Claro	0.95	7.6	147	0.45	23°C
30/08/2005	MEZCLA	Claro	0.90	7.6	160	0.40	14°C
06/09/2005	DE	Claro	0.90	7.4	165	0.40	13°C
13/09/2005	NACIMIENTOS	Claro	0.90	7.5	158	0.40	14°C

Nomenclatura: UNT = Unidades Turbidimétricas pH = Potencial de hidrogeno °C = Grados Celsius
Pt-Co = Unidades platino-cobalto

TABLA XII
ANALISIS FISICO DEL AGUA

FECHA	PUNTO DE MUESTREO	OLOR A 60°C	OLOR ORGANOLEPTICO	SOLIDOS DISUELTOS		SOLIDOS EN SUSPENSION		SOLIDOS TOTALES	
				mg/l		mg/l		mg/l	
30/08/2005	POZO	No rechazable	No rechazable	220	0.90	240			
06/09/2005	MECANICO	No rechazable	No rechazable	215	0.90	238			
13/09/2005	LAS AMERICAS	No rechazable	No rechazable	216	0.90	239			
30/08/2005	POZO	No rechazable	No rechazable	160	0.95	190			
06/09/2005	MECANICO	No rechazable	No rechazable	152	0.95	183			
13/09/2005	PACAJA	No rechazable	No rechazable	151	0.95	180			
30/08/2005	POZO	No rechazable	No rechazable	140	0.95	170			
06/09/2005	MECANICO	No rechazable	No rechazable	137	0.95	165			
13/09/2005	PARAISO	No rechazable	No rechazable	135	0.95	160			
30/08/2005	POZO	No rechazable	No rechazable	85	0.90	110			
06/09/2005	MECANICO	No rechazable	No rechazable	82	0.90	105			
13/09/2005	ZOLOGICO	No rechazable	No rechazable	81	0.90	105			
30/08/2005	POZO	No rechazable	No rechazable	80	0.95	110			
06/09/2005	MECANICO	No rechazable	No rechazable	73	0.95	101			
13/09/2005	DEMOCRACIA	No rechazable	No rechazable	- 73	0.95	105			
30/08/2005	POZO	No rechazable	No rechazable	80	0.95	115			
06/09/2005	MECANICO	No rechazable	No rechazable	80	0.95	113			
13/09/2005	SAN ISIDRO	No rechazable	No rechazable	77	0.95	118			
30/08/2005	POZO	No rechazable	No rechazable	75	0.90	100			
06/09/2005	MECANICO	No rechazable	No rechazable	73	0.90	105			
13/09/2005	CIPRESADA	No rechazable	No rechazable	73	0.90	98			
30/08/2005	MEZCLA	No rechazable	No rechazable	80	0.95	110			
06/09/2005	DE	No rechazable	No rechazable	82	0.95	115			
13/09/2005	NACIMIENTOS	No rechazable	No rechazable	79	0.95	105			

TABLA XIII
ANALISIS QUIMICO DEL AGUA

FECHA	PUNTO DE MUESTREO	MANGANITO			NITRATOS		CLORURO		FLUORURO		SULFATO		HIERRO		CARBONATO		HIDROXIDO	
		mg/L	NO2	mg/L	NO3	mg/L	Cl	F	SO4	mg/L	TOTAL	mg/L	CO3	OH	mg/L	mg/L	mg/L	
30/08/2005	POZO	0.00	0.01	8.0	3.3	0.50	95	0.04	0.90									
06/09/2005	MECANICO	0.00	0.01	6.6	3.5	0.5	110	0.06	0.90									
13/09/2005	LAS AMERICAS	0.00	0.01	7.9	3.1	0.5	110	0.2	0.90									
30/08/2005	POZO	0.00	0.01	13	3.5	0.50	43	0.02	0.95									
06/09/2005	MECANICO	0.00	0.01	11	3.7	0.50	43	0.05	0.95									
13/09/2005	PACAJA	0.01	0.01	14	3.3	0.50	44	0.03	0.95									
30/08/2005	POZO	0.00	0.01	17	5.2	0.54	32	0.02	0.90									
06/09/2005	MECANICO	0.10	0.01	16	5.1	0.54	32	0.06	0.90									
13/09/2005	PARAISO	0.00	0.01	20	5.3	0.54	33	0.08	0.90									
30/08/2005	POZO	0.00	0.01	12	0.8	0.67	9.0	0.04	0.90									
06/09/2005	MECANICO	0.10	0.06	10	1	0.65	8.0	0.03	0.90									
13/09/2005	ZOOLOGICO	0.00	0.01	11	0.6	0.69	8.0	0.08	0.90									
30/08/2005	POZO	0.00	0.01	11	0.8	0.70	4	0.02	0.90									
06/09/2005	MECANICO	0.00	0.01	10	0.9	0.70	4	0.04	0.90									
13/09/2005	DEMOCRACIA	0.00	0.01	11	0.7	0.70	4	0.08	0.90									
30/08/2005	POZO	0.00	0.01	10	1	0.50	4	0.09	0.90									
06/09/2005	MECANICO	0.00	0.01	11	0.8	0.50	4	0.02	0.90									
13/09/2005	SAN ISIDRO	0.00	0.01	11	1.2	0.50	4	0.13	0.90									
30/08/2005	POZO	0.00	0.01	11	0.8	0.60	4	0.09	0.90									
06/09/2005	MECANICO	0.00	0.01	11	0.8	0.60	4	0.09	0.90									
13/09/2005	CIPRESADA	0.00	0.01	12	0.8	0.60	4	0.05	0.90									
30/08/2005	MEZCLA	0.00	0.01	19	3.2	0.48	9.0	0.05	0.90									
06/09/2005	DE	0.00	0.01	18	3.0	0.48	9.0	0.04	0.90									
13/09/2005	NACIMIENTOS	0.00	0.01	20	3.4	0.48	10	0.08	0.90									

TABLA XIV
ANALISIS QUIMICO DEL AGUA

FECHA	PUNTO DE MUESTREO	BICARBONATO	ALCALINIDAD	DIOXIDO DE	DUREZA	DUREZA	CALCIO	MAGNESIO	SODIO	POTASIO
		CaCO3	TOTAL	CARBONO	TOTAL	DE CALCIO	Ca	Mg	Na	K
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
30/08/2005	POZO	90	90	3	148	120	32	16	17	5.5
06/09/2005	MECANICO	90	90	2.6	154	125	40	12.6	16.4	5
13/09/2005	LAS AMERICAS	137	137	4.6	153	120	33	16	17	6
30/08/2005	POZO	80	80	1.8	106	74	24	11	14.5	3.5
06/09/2005	MECANICO	76	76	2.4	104	70	30	7	13.8	4
13/09/2005	PACAJA	116	116	2.8	110	75	26	11	14	3.8
30/08/2005	POZO	66	66	2	100	62	22	10	13	4
06/09/2005	MECANICO	63	63	1.5	96	60	23	9.2	12.8	4.5
13/09/2005	PARAISO	100	100	2.2	102	65	24	10.4	13.5	3.8
30/08/2005	POZO	50	50	1.3	58	38	12	6.8	9	2.8
06/09/2005	MECANICO	50	50	1.5	56	37	12.8	5.8	8.9	3
13/09/2005	ZOOLOGICO	76	76	1.7	57	38	12.8	6.1	9	2.9
30/08/2005	POZO	50	50	1.7	51	32	10.4	6.1	9	3
06/09/2005	MECANICO	50	50	1.5	55	35	12	6.1	9	2.5
13/09/2005	DEMOCRACIA	75	75	1.9	54	29	12	5.8	8.5	2.8
30/08/2005	POZO	50	50	1.5	50	36	10.8	5.8	9.5	2.5
06/09/2005	MECANICO	52	52	1.5	52	38	11.2	5.8	9	2
13/09/2005	SAN ISIDRO	80	80	1.7	54	40	11.2	6.3	9.8	2.7
30/08/2005	POZO	47	47	1.5	50	40	10	6.1	9.4	1.7
06/09/2005	MECANICO	76	76	1.3	52	42	12	5.3	9	2
13/09/2005	CIPRESADA	74	74	1.7	50	41	10.8	5.6	9	2.2
30/08/2005	MEZCLA	40	40	1.7	60	40	13.2	6.2	11	4
06/09/2005	DE	40	40	2.6	63	41	14	6.8	12	4.5
13/09/2005	NACIMIENTOS	60	60	2.4	60	43	14.4	5.8	12.5	5

TABLA XV
ANÁLISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA

FECHA	PUNTO DE MUESTREO	ESCHERICHIA COLI NMP/100 mL	COLIFORMES TOTALES NMP/mL	COGUANOR NOG 29 001	CUMPLE LA NORMA COGUANOR NGO 29001	OBSERVACIONES
30/08/2005	POZO	0	0	<2	Cumple	Potable
06/09/2005	MECANICO	0	30	< 2	No cumple	No potable
13/09/2005	LAS AMERICAS	0	0	< 2	Cumple	Potable
30/08/2005	POZO	0	2	< 2	No cumple	No potable
06/09/2005	MECANICO	0	0	< 2	Cumple	Potable
13/09/2005	PACAJA	0	0	< 2	Cumple	Potable
30/08/2005	POZO	0	0	< 2	Cumple	Potable
06/09/2005	MECANICO	0	0	< 2	Cumple	Potable
13/09/2005	PARAISO	0	0	< 2	Cumple	Potable
30/08/2005	POZO	0	0	< 2	Cumple	Potable
06/09/2005	MECANICO	0	0	< 2	Cumple	Potable
13/09/2005	ZOOLOGICO	0	0	< 2	Cumple	Potable
30/08/2005	POZO	0	0	< 2	Cumple	Potable
06/09/2005	MECANICO	0	0	< 2	Cumple	Potable
13/09/2005	DEMOCRACIA	0	0	< 2	Cumple	Potable
30/08/2005	POZO	0	0	< 2	Cumple	Potable
06/09/2005	MECANICO	0	0	< 2	Cumple	Potable
13/09/2005	SAN ISIDRO	0	0	< 2	Cumple	Potable
30/08/2005	POZO	0	170	< 2	No cumple	No potable
06/09/2005	MECANICO	0	80	< 2	No cumple	No potable
13/09/2005	CIPRESADA	4	50	< 2	No cumple	No potable
30/08/2005	MEZCLA	0	50	< 2	No cumple	No potable
06/09/2005	DE	0	23	< 2	No cumple	No potable
13/09/2005	NACIMIENTOS	30	280	< 2	No cumple	No potable

TABLA XVI

ANÁLISIS FÍSICO DEL AGUA

VALORES PROMEDIO - COMPARACIÓN CON NORMA COGUANOR NGO 29 001

PARAMETRO	NORMA COGUANOR NGO 29.001		POZO LAS AMERICAS		POZO PACAJA		POZO PARAISO		POZO ZOOLOGICO	
	LMA	LMP	PROMEDIO	OBS.	PROMEDIO	OBS.	PROMEDIO	OBS.	PROMEDIO	OBS.
	Color Pt-Co	5.0	35.0	0.95	LMA	0.75	LMA	1.63	LMA	0.80
Olor	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Olor a 60°C	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
pH	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	7.8	LMP	7.93	LMP	7.8	LMP	7.73	LMA
Conductividad (u S/cm)	100	750	435.67	LMP	309	LMP	275.33	LMP	166	LMP
Turbiedad (UNT)	5	15	0.43	LMA	0.4	LMA	0.42	LMA	0.40	LMA
Temperatura (°C)	18.0 - 30.0	< 34.0	23.64	LMA	23.64	LMA	23.64	LMA	24	LMA
Sólidos disueltos	500.00	1000.00	217	LMA	154.33	LMA	137.33	LMA	82.67	LMA
Sólidos en suspensión	Nsc	Nsc	0.90	Nsc	0.95	Nsc	0.95	Nsc	0.90	Nsc
Sólidos totales	500	1500	239	LMA	184.33	LMA	165	LMA	106.67	LMA

NOMENCLATURA

- NR = No rechazable
- LMA = Limite Máximo Aceptable
- LMP = Limite Máximo Permissible
- OBS. = Observaciones
- R = Rechazable

TABLA XVII

ANÁLISIS FÍSICO DEL AGUA

VALORES PROMEDIO - COMPARACIÓN CON NORMA COGUANOR NGO 29 001

PARAMETRO	NORMA		POZO DEMOCRACIA		POZO SAN ISIDRO		POZO CIPRESADA		NACIMIENTOS	
	COGUANOR NGO 29 001		PROMEDIO		PROMEDIO		PROMEDIO		PROMEDIO	
	LMA	LMP	OBS.	OBS.	OBS.	OBS.	OBS.	OBS.	OBS.	OBS.
Color Pt-Co	5.0	35.0	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA
Olor	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Olor a 60°C	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
pH	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	LMP	LMP	LMP	LMP	LMP	LMP	LMP	LMA
Conductividad (u S/cm)	100	750	LMP	LMP	LMP	LMP	LMP	LMP	LMP	LMP
Turbiedad (UNT)	5	15	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA
Temperatura (°C)	18.0 - 30.0	< 34.0	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA
Sólidos disueltos	500.00	1000.00	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA
Sólidos en suspensión	Nsc	Nsc	Nsc	Nsc	Nsc	Nsc	Nsc	Nsc	Nsc	Nsc
Sólidos totales	500	1500	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA	LMA

NOMENCLATURA

- NR = No rechazable
- LMA = Límite Máximo Aceptable
- LMP = Límite Máximo Permissible
- OBS. = Observaciones
- R = Rechazable

TABLA XVIII

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

VALORES PROMEDIO - COMPARACIÓN CON NORMAS COGUANOR NGO 29 001

PARAMETRO	NORMA COGUANOR NGO 29 001		POZO LAS AMERICAS		POZO PACAJA		POZO PARAISO		POZO ZOOLOGICO	
	LMA	LMP	PROMEDIO	OBS.	PROMEDIO	OBS.	PROMEDIO	OBS.	PROMEDIO	OBS.
Manganeso total	0.05	0.5	0.00	LMA	0.0	LMA	0.0	LMA	0.00	LMA
Nitritos	Nsc	1	0.01	LMP	0.01	LMP	0.01	LMP	0.027	LMP
Nitratos	Nsc	45	7.5	LMP	12.67	LMP	17.67	LMP	11	LMP
Cloruros	200	600	3.3	LMA	3.5	LMA	5.2	LMA	0.8	LMA
Fluoruros	Nsc	1.7	0.5	LMP	0.5	LMP	0.54	LMP	0.67	LMP
Sulfatos	100	250	105	LMP	43.33	LMA	32.33	LMA	8.33	LMA
Hierro total	0.1	1.0	0.1	LMA	0.33	LMP	0.053	LMA	0.05	LMA
Carbonatos	Nsc	Nsc	0	Nsc	0	Nsc	0	Nsc	0	Nsc
Hidroxidos	Nsc	Nsc	0.90	Nsc	0.90	Nsc	0.90	Nsc	0.90	Nsc
Bicarbonatos	Nsc	Nsc	105.67	Nsc	90.67	Nsc	76.33	Nsc	58.67	Nsc
Alcalinidad total	Nsc	Nsc	105.67	Nsc	90.67	Nsc	76.33	Nsc	58.67	Nsc
Dioxido de carbono	Nsc	Nsc	3.4	Nsc	2.33	Nsc	1.90	Nsc	1.5	Nsc
Dureza total	100.00	500.00	151.66	LMP	106.67	LMP	99.33	LMA	57	LMA
Dureza de calcio	Nsc	Nsc	121.66	Nsc	73	Nsc	62.33	Nsc	37.66	Nsc
Calcio	75.00	150.00	35	LMA	26.67	LMA	23	LMA	12.53	LMA
Magnesio	50.00	100.00	14.87	LMA	9.67	LMA	9.87	LMA	6.23	LMA
Sodio	Nsc	Nsc	16.80	Nsc	14.1	Nsc	13.10	Nsc	8.97	Nsc
Potasio	Nsc	Nsc	5.5	Nsc	3.77	Nsc	4.01	Nsc	2.9	Nsc

NOMENCLATURA

- Nsc = No se contempla en la norma
- LMA = Límite Máximo Aceptable
- LMP = Límite Máximo Permissible
- OBS. = Observaciones
- R = Rechazable

TABLA XIX

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

VALORES PROMEDIO - COMPARACIÓN CON NORMAS COGUANOR NGO 29 001

PARAMETRO	NORMA		POZO DEMOCRACIA		POZO SAN ISIDRO		POZO CIPRESADA		NACIMIENTOS	
	COGUANOR	NOG 29 001	PROMEDIO	OBS.	PROMEDIO	OBS.	PROMEDIO	OBS.	PROMEDIO	OBS.
Manganeso total	LMA	LMP	0.0	LMA	0.0	LMA	0.0	LMA	0.0	LMA
Nitritos	Nsc	1	0.01	LMP	0.01	LMP	0.01	LMP	0.01	LMP
Nitratos	Nsc	45	10.67	LMP	10.67	LMP	11.33	LMP	19	LMP
Cloruros	200	600	0.8	LMA	1	LMA	0.8	LMA	3.2	LMA
Fluoruros	Nsc	1.7	0.70	LMP	0.50	LMP	0.60	LMP	0.48	LMP
Sulfatos	100	250	4	LMA	4	LMA	4	LMA	9.33	LMA
Hierro total	0.1	1.0	0.047	LMA	0.08	LMP	0.077	LMA	0.057	LMA
Carbonatos	Nsc	Nsc	0	Nsc	0	Nsc	0	Nsc	0	Nsc
Hidroxidos	Nsc	Nsc	0.90	Nsc	0.90	Nsc	0.90	Nsc	0.90	Nsc
Bicarbonatos	Nsc	Nsc	58.33	Nsc	60.67	Nsc	65.67	Nsc	46.67	Nsc
Alcalinidad total	Nsc	Nsc	58.33	Nsc	60.67	Nsc	65.67	Nsc	46.67	Nsc
Dioxido de carbono	Nsc	Nsc	1.7	Nsc	1.57	Nsc	1.5	Nsc	2.23	Nsc
Dureza total	100.00	500.00	53.33	LMA	52	LMA	50.67	LMA	61	LMA
Dureza de calcio	Nsc	Nsc	32	Nsc	38	Nsc	41	Nsc	41.33	Nsc
Calcio	75.00	150.00	11.47	LMA	11.06	LMA	10.93	LMA	13.87	LMA
Magnesio	50.00	100.00	6	LMA	5.97	LMA	5.67	LMA	6.27	LMA
Sodio	Nsc	Nsc	8.83	Nsc	9.43	Nsc	9.13	Nsc	11.83	Nsc
Potasio	Nsc	Nsc	2.77	Nsc	2.4	Nsc	1.97	Nsc	4.5	Nsc

NOMENCLATURA Nsc = No se contempla en la norma
LMA = Límite Máximo Aceptable
LMP = Límite Máximo Permisible
OBS. = Observaciones
R = Rechazable

TABLA XX
INDICE DE L'ANGELIER

FECHA	PUNTO DE MUESTREO	pH	pHs	INDICE DE SATURACION		INTERPRETACION
30/08/2005	POZO	7.5	7.8	-0.30		Ligeramente corrosiva
06/09/2005	MECANICO	8.2	7.77	0.43		Ligeramente incrustante
13/09/2005	LAS AMERICAS	7.7	7.64	0.06		Ligeramente incrustante
30/08/2005	POZO	7.7	7.98	-0.28		Moderadamente corrosiva
06/09/2005	MECANICO	8.2	8.12	0.08		Ligeramente incrustante
13/09/2005	PACAJA	7.9	7.85	0.05		Ligeramente incrustante
30/08/2005	POZO	7.7	8.26	-0.56		Moderadamente corrosiva
06/09/2005	MECANICO	7.6	8.22	-0.62		Moderadamente corrosiva
13/09/2005	PARAISO	8.1	8.02	0.08		Ligeramente incrustante
30/08/2005	POZO	7.8	8.55	-0.75		Moderadamente corrosiva
06/09/2005	MECANICO	7.7	8.54	-0.84		Corrosiva
13/09/2005	ZOOLOGICO	7.7	8.33	-0.63		Moderadamente corrosiva
30/08/2005	POZO	7.7	8.64	-0.94		Corrosiva
06/09/2005	MECANICO	7.8	8.57	-0.77		Corrosiva
13/09/2005	DEMOCRACIA	7.6	8.44	-0.84		Corrosiva
30/08/2005	POZO	7.8	8.59	-0.79		Corrosiva
06/09/2005	MECANICO	7.7	8.4	-0.70		Moderadamente corrosiva
13/09/2005	SAN ISIDRO	7.8	8.38	-0.58		Moderadamente corrosiva
30/08/2005	POZO	7.8	8.38	-0.58		Moderadamente corrosiva
06/09/2005	MECANICO	7.8	7.81	-0.01		Ligeramente corrosiva
13/09/2005	CIPRESADA	7.6	7.77	-0.17		Ligeramente corrosiva
30/08/2005	MEZCLA	7.6	8.86	-1.26		Corrosiva
06/09/2005	DE	7.4	8.87	-1.47		Corrosiva
13/09/2005	NACIMIENTOS	7.5	8.65	-1.15		Corrosiva

Nomenclatura: pH = Potencial de Hidrogeno pHs = Potencial de Hidrogeno de Saturación

TABLA XXI
ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

ÍNDICE DE LANGELIER

FUENTE	pH	pHs	ÍNDICE DE SATURACION	INTERPRETACION
Pozo las Américas	7.8	7.74	0.06	Ligeramente incrustante
Pozo Pacaja	7.93	7.98	-0.05	Ligeramente corrosiva
Pozo Paraiso	7.8	8.17	-0.37	Ligeramente corrosiva
Pozo el Zoológico	7.73	8.47	-0.74	Moderadamente corrosiva
Pozo la Democracia	7.7	8.55	-0.85	Corrosiva
Pozo San Isidro	7.77	8.46	-0.69	Moderadamente corrosiva
Pozo La Cipresada	7.73	7.99	-0.26	Ligeramente corrosiva
Mezcla de Nacimientos	7.75	8.79	-1.04	Corrosiva

Nomenclatura:

pH = Potencial de Hidrogeno

pHs = Potencial de Hidrogeno de Saturación

TABLA XXII

CLASIFICACION DESCRIPTIVA DEL INDICE DE SATURACION DE LANGELIER

RANGO DE I_s	CLASIFICACION DESCRIPTIVA
De - 0.2 a - 0.50	Ligeramente corrosiva
De - 0.51 a - 0.75	Moderadamente corrosiva
De $I_s > - 0.76$	Corrosiva
De + 0.02 a + 0.50	Ligeramente incrustante
De + 0.51 a + 0.75	Moderadamente incrustante
De + $I_s > 0.75$	Incrustante

FUENTE: Clasificación empleada en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, derivada de años de experiencia. Ref.

TABLA XXIII
BALANCE DE ANIONES Y CATIONES

FECHA	PUNTO DE MUESTREO	CLORUROS Cl mg/L	CARBONATOS CO3 mg/L	BICARBONATO CaCO3 mg/L	SULFATOS SO4 mg/L	CALCIO Ca mg/L		MAGNESIO Mg mg/L	SODIO Na mg/L		POTASIO K mg/L	
						Ca	mg/L		Na	mg/L	K	mg/L
30/08/2005	POZO	0.0931	0.0000	1.4751	1.9779	1.5968	1.3158	0.7392	0.1407			
06/09/2005	MECANICO	0.0987	0.0000	1.4751	2.2902	1.9960	1.0362	0.7131	0.1279			
13/09/2005	LAS AMERICAS	0.0874	0.0000	2.2454	2.2902	1.6467	1.3158	0.7392	0.1535			
30/08/2005	POZO	0.0987	0.0000	1.3112	0.8953	1.1976	0.9046	0.6305	0.0895			
06/09/2005	MECANICO	0.1043	0.0000	1.9012	0.8953	1.4970	0.5757	0.6000	0.1023			
13/09/2005	PACAJA	0.0931	0.0000	1.2456	0.9161	1.2974	0.9046	0.6087	0.0972			
30/08/2005	POZO	0.1466	0.0000	1.0817	0.6662	1.0978	0.8224	0.5652	0.1023			
06/09/2005	MECANICO	0.1438	0.0000	1.0326	0.6662	1.1477	0.7566	0.5565	0.1151			
13/09/2005	PARAISO	0.1495	0.0000	1.6390	0.6871	1.1978	0.8553	0.5870	0.0972			
30/08/2005	POZO	0.0226	0.0000	0.8195	0.1874	0.5988	0.5592	0.3913	0.0716			
06/09/2005	MECANICO	0.0282	0.0000	0.8195	0.1666	0.6387	0.4770	0.3870	0.0767			
13/09/2005	ZOOLOGICO	0.0169	0.0000	1.2456	0.1666	0.6387	0.5017	0.3913	0.0742			
30/08/2005	POZO	0.0226	0.0000	0.8195	0.0833	0.5190	0.5017	0.3913	0.0767			
06/09/2005	MECANICO	0.0254	0.0000	0.8195	0.0833	0.5988	0.5017	0.3913	0.0640			
13/09/2005	DEMOCRACIA	0.0197	0.0000	1.2293	0.0833	0.5988	0.4770	0.3696	0.0716			
30/08/2005	POZO	0.0282	0.0000	0.8195	0.0833	0.5389	0.4770	0.4131	0.0640			
06/09/2005	MECANICO	0.0226	0.0000	0.8523	0.0833	0.5589	0.4770	0.3913	0.0512			
13/09/2005	SAN ISIDRO	0.0338	0.0000	1.3112	0.0833	0.5589	0.5181	0.4261	0.0691			
30/08/2005	POZO	0.0226	0.0000	0.7703	0.0833	0.4990	0.5017	0.4087	0.0435			
06/09/2005	MECANICO	0.0226	0.0000	1.2456	0.0833	0.5988	0.4359	0.3913	0.0512			
13/09/2005	CIPRESADA	0.0226	0.0000	1.2129	0.0833	0.5389	0.4605	0.3913	0.0563			
30/08/2005	MEZCLA	0.0902	0.0000	0.6556	0.1874	0.6587	0.5099	0.4783	0.1023			
06/09/2005	DE	0.0846	0.0000	0.6556	0.1874	0.6986	0.5592	0.5218	0.1151			
13/09/2005	NACIMIENTOS	0.0959	0.0000	0.9834	0.2082	0.7186	0.4770	0.5435	0.1279			

TABLA XXIV
ANALISIS DE LOS PRINCIPALES ANIONES Y CATIONES

ION VALOR PROMEDIO	POZO LAS AMERICAS			POZO PACAJA			POZO PARAISO			POZO ZOOLOGICO		
	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones
ANIONES												
Cloruros	0.09306	2.32%	1.18	0.0987	3.97%	1.85	0.1466	7.08%	3.12	0.02256	1.95%	0.82
Carbonatos	0	0	1.18	0	0.00%	1.85	0	0.00%	3.12	0	0.00%	0.82
Bicarbonato	1.7318	43.18%	23.23	1.4860	59.75%	29.77	1.2511	60.41%	29.71	0.9615	83.06%	35.66
Sulfatos	2.1861	54.50%	51.06	0.9022	36.28%	46.72	0.6732	32.51%	44.02	0.1735	14.99%	41.91
SUMA	4.0110			2.4869			2.0709			1.15756		

ION VALOR PROMEDIO	POZO LAS AMERICAS			POZO PACAJA			POZO PARAISO			POZO ZOOLOGICO		
	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones
ANIONES												
Calcio	1.7465	45.48%	73.29	1.3307	46.94%	71.72	1.1478	43.58%	68.42	0.62541	39.04%	64.57
Magnesio	1.2226	31.84%	88.85	0.795	28.04%	86.66	0.8114	30.81%	85.67	0.5126	32.00%	83.14
Sodio	0.7305	19.02%	98.14	0.6131	21.63%	98.18	0.5696	21.63%	97.78	0.3899	24.34%	97.27
Potasio	0.1407	3.66%	100	0.0964	3.40%	100	0.1049	3.98%	100	0.07418	4.63%	100
SUMA	3.8403			2.8351			2.6337			1.60209		

TABLA XXV

ANALISIS DE LOS PRINCIPALES ANIONES Y CATIONES

ION VALOR PROMEDIO	POZO LA DEMOCRACIA			POZO SAN ISIDRO			POZO LA CIPRESADA			MEZCLA DE NACIMIENTOS		
	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones
ANIONES												
Cloruros	0.02256	2.32%	0.8736	0.0282	2.55%	1.076	0.02256	1.91%	0.8542	0.09024	8.60%	3.13
Carbonatos	0	0	0.8636	0	0.00%	1.076	0	0.00%	0.8542	0	0.00%	3.13
Bicarbonato	0.9561	90.03%	37.89	0.9943	89.92%	39.02	1.07628	91.05%	41.61	0.7649	72.89%	29.63
Sulfatos	0.0833	7.84%	41.11	0.08328	7.53%	42.19	0.08328	7.04%	44.76	0.1943	18.51%	36.36
SUMA	1.0619			1.10578			1.18212			1.04944		

ION VALOR PROMEDIO	POZO LA DEMOCRACIA			POZO SAN ISIDRO			POZO LA CIPRESADA			MEZCLA DE NACIMIENTOS		
	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones	meq/L	IONES	% acumulado cationes + aniones
ANIONES												
Calcio	0.5722	37.63%	63.27	0.5522	36.46%	63.26	0.54557	37.39%	65.42	0.6919	37.67%	60.33
Magnesio	0.49344	32.45%	82.38	0.4907	32.40%	81.99	0.466	31.94%	83.06	0.5154	28.06%	78.19
Sodio	0.3841	25.26%	97.25	0.4102	27.09%	97.64	0.3971	27.22%	98.09	0.5145	28.01%	97.01
Potasio	0.0708	4.66%	100	0.06139	4.05%	100	0.05031	3.45%	100	0.11511	6.27%	100
SUMA	1.5205			1.51449			1.45898			1.83691		

TABLA XXVI
ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA
CLASIFICACIÓN DE SCHUKAREV

FUENTE	RESPECTO A LOS ANIONES	RESPECTO A LOS CATIONES
POZO LAS AMERICAS	AGUAS BICARBONATADAS-SULFATADAS	AGUAS CALCIO-MAGNÉSICAS
POZO PACAJA	AGUAS BICARBONATADAS-SULFATADAS	AGUAS CALCIO-MAGNÉSICAS
POZO PARAISO	AGUAS BICARBONATADAS-SULFATADAS	AGUAS CALCIO-MAGNÉSICAS
POZO ZOOLOGICO	AGUAS BICARBONATADAS	AGUAS CALCIO-MAGNÉSICAS
POZO LA DEMOCRACIA	AGUAS BICARBONATADAS	AGUAS CALCIO-MAGNÉSICAS
POZO SAN ISIDRO	AGUAS BICARBONATADAS	AGUAS CALCIO-MAGNÉSICAS-SÓDICAS
POZO CIPRESADA	AGUAS BICARBONATADAS	AGUAS CALCIO-MAGNÉSICAS-SÓDICAS
NEZCLA DE NACIMIENTOS	AGUAS BICARBONATADAS	AGUAS CALCIO-MAGNÉSICAS-SÓDICAS

TABLA XXVII
CONCENTRACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS SEGÚN LAS MEDICIONES DE CAUDALES

Parámetros Químicos	POZO LAS AMÉRICAS					POZO PACAJA				
	Horas de operación	Concentra Promedio	Caudal promedio	Producción total	producción total	Horas de operación	Concentra promedio	Caudal Promedio	Producción total	producción total
Físicos	Horas	mg/l	l/s	mg/s	Kg/día	Horas	mg/l	l/s	mg/s	Kg/día
Manganeso total	23	0	20.71	0	0.00	20	0	17.54	0	0.00
Nitritos	23	0.01	20.71	0.21	0.02	20	0.01	17.54	0.18	0.01
Nitratos	23	7.5	20.71	155.33	12.86	20	12.67	17.54	222.23	16.00
Cloruros	23	3.3	20.71	68.34	5.66	20	3.5	17.54	61.39	4.42
Fluoruros	23	0.5	20.71	10.36	0.86	20	0.5	17.54	8.77	0.63
Sulfatos	23	105	20.71	2174.55	180.05	20	43.33	17.54	760.01	54.72
Hierro total	23	0.1	20.71	2.071	0.17	20	0.33	17.54	5.79	0.42
Carbonatos	23	0.9	20.71	18.64	1.54	20	0.95	17.54	16.66	1.20
Hidroxidos	23	0.9	20.71	18.64	1.54	20	0.9	17.54	15.79	1.14
Bicarbonatos	23	105.67	20.71	2188.43	181.20	20	90.67	17.54	1590.35	114.51
Alcalinidad total	23	105.67	20.71	2188.43	181.20	20	90.67	17.54	1590.35	114.51
Dioxido de carbono	23	3.4	20.71	70.41	5.83	20	2.33	17.54	40.87	2.94
Dureza total	23	151.66	20.71	3140.88	260.06	20	106.67	17.54	1870.99	134.71
Dureza de calcio	23	121.56	20.71	2517.51	208.45	20	73	17.54	1280.42	92.19
Calcio	23	35	20.71	724.85	60.02	20	26.67	17.54	467.79	33.68
Magnesio	23	14.87	20.71	307.96	25.50	20	9.67	17.54	169.61	12.21
Sodio	23	16.8	20.71	347.93	28.81	20	14.1	17.54	247.31	17.81
Potasio	23	5.5	20.71	113.91	9.43	20	3.77	17.54	66.13	4.76
Sólidos disueltos	23	217	20.71	4494.07	372.11	20	154.33	17.54	2706.95	194.90
Sólidos totales	23	239	20.71	4949.69	409.83	20	184.33	17.54	3233.15	232.79

**TABLA XXVIII
CONCENTRACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS SEGÚN LAS MEDICIONES DE CAUDALES**

POZO PARAÍSO				POZO ZOOLOGICO					
Parámetros Químicos	Horas de operación	Concentra Promedio	Caudal promedio	Producción total	Horas de operación	Concentra promedio	Caudal Promedio	Producción total	producción total
Físicos	Horas	mg/l	l/s	mg/s	Horas	mg/l	l/s	mg/s	Kg/día
Manganeso total	20	0	19.82	0	23	0	19.23	0	0.00
Nitritos	20	0.01	19.82	0.20	23	0.03	19.23	0.52	0.04
Nitratos	20	17.67	19.82	350.22	23	11	19.23	211.53	17.51
Cloruros	20	5.2	19.82	103.06	23	0.8	19.23	15.38	1.27
Fluoruros	20	0.54	19.82	10.70	23	0.67	19.23	12.88	1.07
Sulfatos	20	32.33	19.82	640.78	23	8.33	19.23	160.19	13.26
Hierro total	20	0.053	19.82	1.05	23	0.05	19.23	0.96	0.08
Carbonatos	20	0.9	19.82	17.84	23	0.9	19.23	17.31	1.43
Hidroxidos	20	0.9	19.82	17.84	23	0.9	19.23	17.31	1.43
Bicarbonatos	20	76.33	19.82	1512.86	23	57.67	19.23	1108.99	91.82
Alcalinidad total	20	76.33	19.82	1512.86	23	58.67	19.23	1128.22	93.42
Dioxido de carbono	20	1.9	19.82	37.66	23	1.5	19.23	28.85	2.39
Dureza total	20	99.33	19.82	1968.72	23	57	19.23	1096.11	90.76
Dureza de calcio	20	62.33	19.82	1235.38	23	37.66	19.23	724.20	59.96
Calcio	20	23	19.82	455.86	23	12.53	19.23	240.95	19.95
Magnesio	20	9.87	19.82	195.62	23	6.23	19.23	119.80	9.92
Sodio	20	13.1	19.82	259.64	23	8.97	19.23	172.49	14.28
Potasio	20	4.01	19.82	79.48	23	2.9	19.23	55.77	4.62
Sólidos disueltos	20	137.33	19.82	2721.88	23	82.67	19.23	1589.74	131.63
Sólidos totales	20	165	19.82	3270.3	23	106.67	19.23	2051.26	169.84

TABLA XXIX
CONCENTRACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS SEGÚN LAS MEDICIONES DE CAUDALES

Parámetros Químicos	POZO LA DEMOCRACIA					POZO SAN ISIDRO				
	Horas de operación	Concentra Promedio	Caudal promedio	Producción total	producción total	Horas de operación	Concentra promedio	Caudal Promedio	Producción total	producción total
Físicos	Horas	mg/l	l/s	mg/s	Kg/día	Horas	mg/l	l/s	mg/s	Kg/día
Manganeso total	22.5	0	28.4	0	0.00	18.5	0	12.12	0	0.00
Nitritos	22.5	0.01	28.4	0.28	0.02	18.5	0.01	12.12	0.12	0.01
Nitratos	22.5	10.67	19.82	211.48	17.13	23	10.67	12.12	129.32	10.71
Cloruros	22.5	0.8	19.82	15.86	1.28	23	1	12.12	12.12	1.00
Fluoruros	22.5	0.7	19.82	13.87	1.12	23	0.5	12.12	6.06	0.50
Sulfatos	22.5	4	19.82	79.28	6.42	23	4	12.12	48.48	4.01
Hierro total	22.5	0.047	19.82	0.93	0.08	23	0.08	12.12	0.97	0.08
Carbonatos	22.5	95	19.82	1882.90	152.51	23	0.95	12.12	11.51	0.95
Hidroxidos	22.5	0.9	19.82	17.84	1.44	23	0.9	12.12	10.91	0.90
Bicarbonatos	22.5	58.33	19.82	1156.10	93.64	23	60.67	12.12	735.32	60.88
Alcalinidad total	22.5	58.33	19.82	1156.10	93.64	23	60.67	12.12	735.32	60.88
Dioxido de carbono	22.5	1.7	19.82	33.69	2.73	23	1.57	12.12	19.03	1.58
Dureza total	22.5	53.33	19.82	1057.00	85.62	23	52	12.12	630.24	52.18
Dureza de calcio	22.5	32	19.82	634.24	51.37	23	38	12.12	460.56	38.13
Calcio	22.5	11.47	19.82	227.3354	18.41	23	11.06	12.12	134.05	11.10
Magnesio	22.5	6	19.82	118.92	9.63	23	5.97	12.12	72.36	5.99
Sodio	22.5	8.83	19.82	175.01	14.18	23	9.43	12.12	114.29	9.46
Potasio	22.5	2.77	19.82	54.90	4.45	23	2.4	12.12	29.09	2.41
Sólidos disueltos	22.5	75.33	19.82	1493.04	120.94	23	79	12.12	957.48	79.28
Sólidos totales	22.5	105.33	19.82	2087.6406	169.10	23	115.33	12.12	1397.80	115.74

TABLA XXX
CONCENTRACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS SEGÚN LAS MEDICIONES DE CAUDALES

Parámetros Químicos	POZO LA CIPRESADA					MEZCLA DE NACIMIENTOS				
	Horas de operación	Concentra Promedio	Caudal promedio	Producción total	producción total	Horas de operación	Concentra promedio	Caudal Promedio	Producción total	producción total
Físicos	Horas	mg/l	l/s	mg/s	Kg/día	Horas	mg/l	l/s	mg/s	Kg/día
Manganeso total	15	0	28.39	0	0.00	24	0	133	0	0.00
Nitritos	15	0.01	28.39	0.28	0.02	24	0.01	133	1.33	0.11
Nitratos	15	11.33	28.39	321.66	17.37	24	19	133	2527.00	218.33
Cloruros	15	0.8	28.39	22.71	1.23	24	3.2	133	425.60	36.77
Fluoruros	15	0.6	28.39	17.03	0.92	24	0.48	133	63.84	5.52
Sulfatos	15	4	28.39	113.56	6.13	24	9.33	133	1240.89	107.21
Hierro total	15	0.077	28.39	2.19	0.12	24	0.057	133	7.58	0.65
Carbonatos	15	0.95	28.39	26.97	1.46	24	0.95	133	126.35	10.92
Hidroxidos	15	0.9	28.39	25.55	1.38	24	0.9	133	119.70	10.34
Bicarbonatos	15	65.67	28.39	1864.37	100.68	24	46.67	133	6207.11	536.29
Alcalinidad total	15	65.67	28.39	1864.37	100.68	24	46.67	133	6207.11	536.29
Dioxido de carbono	15	1.5	28.39	42.59	2.30	24	2.23	133	296.59	25.63
Dureza total	15	50.67	28.39	1438.52	77.68	24	61	133	8113.00	700.96
Dureza de calcio	15	41	28.39	1163.99	62.86	24	41.33	133	5496.89	474.93
Calcio	15	10.93	28.39	310.3027	16.76	24	13.87	133	1844.71	159.38
Magnesio	15	5.67	28.39	160.97	8.69	24	6.27	133	833.91	72.05
Sodio	15	9.13	28.39	259.20	14.00	24	11.83	133	1573.39	135.94
Potasio	15	1.97	28.39	55.93	3.02	24	4.5	133	598.50	51.71
Sólidos disueltos	15	73.67	28.39	2091.49	112.94	24	80.33	133	10683.89	923.09
Sólidos totales	15	101	28.39	2867.39	154.84	24	110	133	14630.00	1264.03

