



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

**EVALUACIÓN DEL CAUDAL MUNICIPAL DE AGUA
PARA CONSUMO HUMANO, REAL Y TEÓRICO ACTUALES,
EN LA CIUDAD DE ESCUINTLA**

Mario Roberto Vega Gómez
Asesor: Ingeniero Químico César Rolando Ortiz

Guatemala, septiembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL CAUDAL MUNICIPAL DE AGUA
PARA CONSUMO HUMANO, REAL Y TEÓRICO ACTUALES,
EN LA CIUDAD DE ESCUINTLA**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARIO ROBERTO VEGA GÓMEZ

ASESORADO POR EL ING. QUÍMICO CÉSAR ROLANDO ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA SEPTIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

Decano	Ingeniero Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal I	
Vocal II	Licenciado Amahán Sánchez Álvarez
Vocal III	Ingeniero Julio David Galicia Celada
Vocal IV	Bachiller Kenneth Issur Estrada Ruiz
Vocal V	Bachiller Elisa Yazminda Vides Leiva
Secretaria	Ingeniera Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. César Fernández Fernández
Examinador	Ing. Óscar Enrique Arriola Juárez
Examinador	Ing. Carlos Eduardo Rivera Fuentes
Examinador	Ing. César Alfonso García Guerra
Secretario	Ing. Manuel De Jesús Castellanos D.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**EVALUACIÓN DEL CAUDAL MUNICIPAL DE AGUA
PARA CONSUMO HUMANO, REAL Y TEÓRICO ACTUALES,
EN LA CIUDAD DE ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 13 de febrero de 2003.

Mario Roberto Vega Gómez

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS PADRE, DIOS HIJO Y DIOS ESPÍRITU SANTO:

Porque su Sabiduría me ha permitido alcanzar mis éxitos.

MIS PADRES:

Mario Humberto Vega Gasparico (QEPD) y

María del Carmen Gómez Aguilar de Vega (QEPD).

MI ESPOSA:

Licenciada Gilda Amalia Ponciano León de Vega.

MIS HIJOS:

Mario Humberto, Carlos Roberto y Julián Encón, Vega Ponciano.

MIS SUEGROS:

Carlos Rafael Ponciano Samayoa (QEPD) y

María del Carmen León Tánchez de Ponciano.

MIS HERMANOS:

Edwin René, Mirna Beatriz, Sergio Humberto (QEPD), Vega Gómez.

MIS FAMILIARES Y AMIGOS:

En general

Todas las palabras no bastarían para expresarles mi gratitud.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Recursos naturales	1
1.1.1. Recursos naturales renovables	1
1.1.2. Recursos naturales no renovables	1
1.2. El agua	2
1.2.1. ¿Qué es el agua?	2
1.2.2. Propiedades del agua	2
1.2.3. Estado natural del agua	3
1.2.4. Ciclo natural del agua	3
1.2.5. Composición del agua	4
1.3. Desarrollo sostenible	4
1.3.1. Manejo sostenible de los recursos naturales y mejoramiento de la calidad ambiental	5
1.3.2. Factores agravantes contra el desarrollo sostenible del agua	5
1.3.2.1. Geográficos	5
1.3.2.2. Conflictos por el uso del agua	5
1.3.2.3. Insignificante participación ciudadana	6
1.3.2.4. Tarifas que no cubren costos ambientales	6
1.3.2.5. Descarga de aguas residuales sin tratamiento	6

1.3.2.6.	Descarga en ríos de desechos industriales y agroquímicos	7
1.3.2.7.	Deforestación	7
1.3.2.8.	Presión demográfica	7
1.4.	Definición de parámetros a calcular	8
1.4.1.	Caudal total entrando diariamente. (CTED)	8
1.4.2.	Habitantes por municipio	8
1.4.3.	Viviendas por municipio.	8
1.4.4.	Promedio de personas por viviendas (PPPV)	8
1.4.5.	Servicios conectados o viviendas servidas (SC)	8
1.4.6.	Población atendida	9
1.4.7.	Consumo <i>por persona</i> (CPPD)	9
1.4.8.	Caudal real requerido diario (CRRD)	9
1.4.9.	Caudal teórico requerido diario (CTRD)	9
1.4.10.	Caudal de exceso diario en el consumo de agua (CED)	10
1.4.11.	Pérdida real total entrando al sistema de agua (PRTE)	10
2.	ANTECEDENTES	11
2.1.	Factor histórico	11
2.2.	El abastecimiento de agua es una exigencia tanto social como de Ingeniería	12
2.3.	Sistemas de aguas	12
2.3.1.	Características generales	12
2.3.2.	Capacidad requerida	13
2.4.	Fuentes de abastecimiento de agua	13
2.4.1.	Agua de lluvia	14
2.4.2.	Aguas superficiales	15
2.4.3.	Aguas subterráneas	16
2.4.3.1.	Manantiales	17
2.4.3.2.	Pozos	18
2.4.3.3.	Galerías filtrantes	18

2.4.3.4. Dispositivos de recarga	18
2.5. Recursos hídricos y su extracción	19
3. CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA	23
3.1. Factores que inciden en el consumo de agua en la ciudad de Escuintla	24
3.1.1. Cultura comercial	24
3.1.2. El clima y la temperatura	25
3.1.3. Conciencia ecológica	25
3.1.4. Desconocimiento de las autoridades municipales de la realidad del problema	25
3.2. Situación actual del servicio de agua para consumo humano en la ciudad de Escuintla	26
3.2.1. Servicio de agua para consumo humano proporcionado por empresas privadas en zonas residenciales	26
3.2.2. Servicio de agua potable de la municipalidad de Escuintla para consumo humano	27
3.3. Disponibilidad de agua para la ciudad de Escuintla	28
3.3.1. Disponibilidad actual del recurso agua superficial para el municipio de Escuintla	28
3.3.2. Agua para el futuro	28
METODOLOGÍA	31
RESULTADOS	35
CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
BIBLIOGRAFÍA	47
APÉNDICE	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ejemplo del abastecimiento, tratamiento y distribución de agua potable	14
2.	Extracción de agua por sectores en Guatemala	20
3.	Disponibilidad de recursos hídricos de la república de Guatemala	29
4.	Extrapolación de habitantes del municipio de Escuintla	36
5.	Extrapolación de viviendas del municipio de Escuintla	36
6.	Caudales de agua potable municipal de la ciudad de Escuintla	39

TABLAS

I.	Suministro de agua potable por empresas privadas en la ciudad de Escuintla	49
II.	Extrapolación de los habitantes del municipio de Escuintla al año 2005	49
III.	Extrapolación de las viviendas del municipio de Escuintla al año 2005	50
IV.	Libros del canon municipal de agua de la ciudad de Escuintla	50
V.	Direcciones de viviendas investigadas para consumo <i>por persona</i>	51
VI.	Lecturas de contadores de agua por vivienda	52
VII.	Consumo de agua semanal por vivienda	53
VIII.	Consumo de agua potable <i>por persona</i> diario en las viviendas investigadas	54
IX.	Caudales de agua potable municipal de la ciudad de Escuintla	55

GLOSARIO

Acuífero	Dicho de una capa o vena subterránea que contiene agua.
Agua artesiana	Se denomina así, al agua que brota a presión cuando es perforado un acuífero.
Área colectora	Área geográfica donde se lleva a cabo la recolección del agua a emplearse.
Área de toma	Es el área donde se realiza la captación de agua para ser conducida a los diferentes destinos.
Cuenca hidrológica	Territorio donde se localizan las tomas de aguas que alimentan el sistema de distribución de aguas de un municipio o región.
Estrato freático	Flujo de agua que está acumulada en el subsuelo en capas superpuestas de masa mineral de espesor uniforme.
Evapotranspiración	Término empleado en hidrología que incluye toda el agua escapada a la atmósfera, ya sea por evaporación, transpiración u otros procesos.
Flujo volumétrico	Cantidad de volumen de agua que fluye en un tiempo determinado.
gpm	Galones de agua que fluyen por cada minuto.
lppd	Litros de agua que una persona consume diariamente.
Media paja de agua	Cantidad de 30,000 litros de agua que tiene derecho una vivienda a usar por el pago del servicio que se le presta.
Pérdida	Cantidad de agua que entra al servicio municipal de distribución, sin que se pueda determinar su destino.
Polución	Contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.

RESUMEN

En la ciudad de Escuintla se vive una crisis en el suministro de agua potable en grado alarmante, razón por la cual se dispuso realizar el presente trabajo de investigación, para determinar la realidad y el grado del problema.

Para obtener esta evaluación, se procedió a establecer el caudal de agua potable suministrado al sistema municipal de agua de la ciudad de Escuintla a través de la aforación de las distintas fuentes de abastecimiento, llegándose a determinar que este caudal es de 23,668,344 litros/día.

También se estableció, por medio de los libros de control de inscripciones al canon del agua de la ciudad de Escuintla, que actualmente se encuentran registrados 9,956 servicios legalmente conectados, teniendo distribuidos entre si, 11,223 medias pajas de agua (30,000 litros al mes por cada media paja)

Por medio de los datos aportados por el Instituto Nacional de Estadística, correspondientes a los censos de 1994 y 2002, se determinó, por extrapolación, el número de habitantes y viviendas previstas para el año 2005 en el municipio de Escuintla, siendo estos valores de 131,142 habitantes, con una densidad habitacional de 32,387 viviendas, estableciéndose con ello que el promedio del número de habitantes por vivienda es de 4.05.

A través de un seguimiento en mediciones de consumo de agua que se hizo en la colonia “La Ceiba” de esta ciudad, se calculó el consumo *por persona* en casas que contaban con contador de agua, ya que en esta colonia el suministro de agua es constante, por lo que se puede confiar que el consumo *por persona* de agua potable es real, porque no tuvo ninguna limitación en su uso. El resultado que aportó esta medición es de 290 lppd (litros por persona al día).

A partir de esta información, se determinó que los valores del caudal teórico requerido diario (CTRD) y el caudal real requerido diario de agua potable (CRRD) para satisfacer la demanda de las 11,223 medias pajas de agua, correspondientes a los 9,956 servicios conectados formalmente y registrados en los libros del canon de agua de la

ciudad de Escuintla, es de 11,223,000 y 11,693,380 litros de agua/día, respectivamente. Con la diferencia de estos datos se calculó el valor del caudal de exceso diario (CED), siendo su valor de 470,380 litros/día.

Del caudal de agua entrando diariamente al sistema municipal de distribución (CTED) de 23,668,344 litros/día, se determinó que sólo se consumen 11,693,380 litros de agua/día, con servicio durante las 24 horas, lo cual deja una *pérdida* de 11,974,964 litros de agua/día, esta *pérdida* representa el 50.59% del agua total que entra diariamente al sistema municipal de distribución de agua potable de la ciudad de Escuintla. Esta agua se pierde en fugas físicas, conexiones fantasmas y servicios sin contador.

OBJETIVOS

General:

Evaluar si el caudal de suministro de agua municipal para consumo humano distribuido en la ciudad de Escuintla, está siendo utilizada racionalmente

Específicos:

1. Determinar el caudal municipal teórico necesario para abastecer a la población existente en esta ciudad, a la fecha.
2. Determinar el caudal real de agua municipal para consumo humano en la ciudad de Escuintla.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Escuintla actualmente existe una alarmante crisis de agua, lo que hace pensar en la necesidad de aportar elementos técnicos que revelen objetivamente esta crisis. No podemos dejar por un lado el hecho de que esta situación tiene que verse, principalmente, desde el punto de vista ecológico, lo cual nos conduce a establecer que la solución tiene que estar dentro del marco del uso racional del agua y no sólo desde el punto de vista de aportar mayor cantidad de caudales que vendrían a solucionar el problema inmediato, pero con menoscabo para las reservas naturales de agua que se tienen en la región.

Por la razón expuesta anteriormente, esta evaluación presenta un estudio sólido de la situación actual, del abastecimiento del agua para consumo humano en la ciudad de Escuintla, así como determina el caudal teórico necesario para satisfacer la demanda de esta población.

El abastecimiento real municipal de agua para consumo humano, está compuesto por: a) *el consumo real* de agua en la ciudad de Escuintla; y, b) la *pérdida* que se opera por fugas físicas, conexiones fantasmas y servicios conectados sin contador. Esta *pérdida*, es punto importante de esta evaluación y su determinación es a través de un balance de masa. Al obtenerse esta magnitud, revelará si el abastecimiento de agua para consumo humano en esta ciudad es o no suficiente y por lo consiguiente, determinar si el agua se está usando racionalmente o no.

Para determinar el caudal real requerido diario de agua, es necesario conocer el requerimiento diario *por persona* de agua y el número de personas que debieran ser satisfechas en un 100% en sus necesidades de agua para tener una vida sanitariamente digna.

Es razón de este trabajo, si al determinar el valor de la *pérdida*:

1. Es suficiente para suministrar a la ciudad de Escuintla el caudal real requerido diario de agua para consumo humano con el cual podrían ser satisfechas sus necesidades. Esto conduciría a que debería darse prioridad, para la solución de este problema, el poner toda la atención en esta *pérdida*, para evitar el uso irracional del agua, o,
2. Sería necesario aumentar el caudal real actual de agua para consumo humano, para satisfacer la demanda del mismo, con la seguridad que no se está usando irracionalmente.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Recursos naturales

Los recursos naturales son aquellos que se encuentran o se extraen de la naturaleza y que el hombre utiliza en su beneficio, tales como las plantas, los animales, el clima, el agua, la energía radiante, el suelo, los minerales y otros; ya sea que estos se encuentren en los bosques, desiertos, ríos, lagos, mares o montañas **(1)**.

1.1.1. Recursos naturales renovables

Son todos aquellos elementos que se encuentran en el medio ambiente, pudiendo el hombre hacer uso de ellos y que tiene la capacidad de reponer ya sea natural o artificialmente, tales como suelo, fauna y flora; en principio son recursos regenerables a un ritmo del mismo orden de magnitud que el del uso. El concepto puede aplicarse a sistemas que incluyen dichos componentes, como lagos, lagunas, ríos, esteros, montañas y otros **(1)**.

1.1.2. Recursos naturales no renovables

Son aquellos que al someterse a su manejo se agotan, básicamente los minerales (excepto la sal que se deposita en esteros y lagunas marinas) tales como los depósitos de carbón mineral, hierro, níquel, petróleo y otros. Los más valiosos de América Latina, y particularmente de Guatemala, están agotándose en razón de que constituyen materia prima para los países industrializados, a expensas de la dependencia y el subdesarrollo de los países que los poseen **(1)**.

1.2. El agua

1.2.1. ¿Qué es el agua?

Agua, es el nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H_2O . Las culturas antiguas consideraban que el agua era el elemento básico que representaba a todas las sustancias líquidas. Los científicos no descartaron esta idea hasta la última mitad del siglo XVIII. En 1781 el químico británico Henry Cavendish sintetizó agua detonando una mezcla de hidrógeno y aire. Sin embargo, los resultados de este experimento no fueron interpretados claramente hasta dos años más tarde, cuando el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino un compuesto de oxígeno e hidrógeno. En un documento científico presentado en 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista alemán Alexander von Humboldt demostraron conjuntamente que el agua consistía en dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, tal como se expresa en la fórmula actual H_2O .

1.2.2. Propiedades del agua

El agua pura es un líquido que es sin olor (inodoro), sin sabor (insípido) y sin color, solo cuando se encuentra en mantos acuíferos de gran profundidad se le detecta un matiz azul. Cuando el agua se encuentra a una presión atmosférica de 760 mm. de mercurio, el punto de congelación del agua es de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, y, su punto de ebullición es de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. La densidad máxima del agua (1 gr/cc) la obtiene a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. El agua puede existir en estado sobre-enfriado, esto quiere decir que puede permanecer en estado líquido hasta una temperatura de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ sin que se congele. Esta agua sobre enfriada puede congelarse, agitándola, haciendo descender su temperatura o añadiéndole una partícula de hielo. Las propiedades físicas que posee la hacen apta para ser utilizada como patrones de referencia, como en escala de temperatura y densidades.

Al agua se le conoce como el disolvente universal, ya que todas las sustancias, de alguna manera, son solubles en agua, por lo que el agua es uno de los agentes ionizantes

mas conocidos. Por ejemplo, el agua se combina con sales y forma hidratos, reacciona con los óxidos de los metales y forma ácidos; además, es un importante catalizador en muchas reacciones químicas.

1.2.3. Estado natural del agua

El agua es la única sustancia que existe en estado sólido, líquido y gaseoso a temperaturas ordinarias. En estado sólido, el agua se encuentra en los glaciares, y aguas superficiales en invierno. En estado líquido, se encuentra en la lluvia, en el rocío, en los pantanos, lagos, lagunas, ríos, mares, océanos y en capas subterráneas; es este estado, el agua cubre tres cuartas partes de la superficie de la tierra. En estado gaseoso, el agua se encuentra en la niebla, vapor y nubes; y, el vapor atmosférico se mide en términos de humedad relativa, que es la cantidad de vapor de agua en el aire a una temperatura dada respecto a la máxima cantidad que puede contener a esa temperatura. A causa de la gravedad, el agua puede acumularse debajo de la superficie terrestre formando depósitos de agua subterránea que abastecen pozos y manantiales.

1.2.4. Ciclo natural del agua

La ciencia que estudia la distribución del agua en la tierra, sus reacciones tanto físicas como químicas con otras sustancias presentes en la naturaleza, y, su relación con la vida en el planeta, es la hidrología, y se denomina ciclo hidrológico al movimiento permanente que el agua tiene entre la tierra y la atmósfera.

Cuando el agua llega a la tierra, puede seguir cualquiera de dos caminos, una parte del agua va directamente a arroyos y ríos, de donde pasa a los océanos, y, la otra parte va a dar al suelo donde se infiltra, humedeciendo el suelo, alimentando las raíces de las plantas, pero cuando la cantidad de agua supera las fuerzas de cohesión y adhesión del suelo, se filtra más hacia abajo, acumulándose en una zona de saturación que se conoce como nivel freático. Este nivel freático, va llenándose o recargándose y luego se descarga debido a desagües naturales.

1.2.5. Composición del agua

La capacidad ionizante del agua le permite disolver gran cantidad de sustancias, es un hecho que el agua pura no existe en la naturaleza. Al caer en forma de lluvia, el agua reacciona con gases y materiales orgánicos e inorgánicos. Al circular sobre la superficie terrestre, el agua reacciona con los minerales del suelo y de las rocas.

Las aguas de la superficie suelen contener también residuos domésticos e industriales. Las aguas subterráneas poco profundas pueden contener grandes cantidades de compuestos de nitrógeno y de cloruros, derivados de los desechos humanos y animales. Generalmente, las aguas de los pozos profundos sólo contienen minerales en disolución. El agua del mar contiene, además de grandes cantidades de cloruro de sodio o sal, muchos otros compuestos disueltos, debido a que los océanos reciben las impurezas procedentes de ríos y arroyos. Al mismo tiempo, como el agua pura se evapora continuamente, el porcentaje de impurezas aumenta, lo que proporciona al océano su carácter salino **(2)**.

1.3. Desarrollo sostenible

“El desarrollo sostenible es un modelo de desarrollo que al mismo tiempo que busca el mejoramiento de la calidad de la vida humana, hace lo propio con no rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas de la tierra. Esto trae como consecuencia que sean beneficiados tanto la sociedad como la naturaleza, de modo que esos recursos no sirvan solamente para la generación actual, sino también para las generaciones posteriores.

El principal objetivo del desarrollo sostenible es el de asegurar tanto la supervivencia del ser humano como la de las demás especies que juntamente con él cohabitan en la naturaleza. De esto se deduce que se hace necesario basar el estilo del desarrollo en tres dimensiones: económica, social y ambiental; actuando dinámica y balanceadamente, evitando así el despilfarro de los recursos naturales.”**(3)**.

1.3.1. Manejo sostenible de los recursos naturales y mejoramiento de la calidad ambiental

El agotamiento y deterioro de la masa renovable de los recursos naturales es un problema para el futuro desarrollo en Centroamérica. La principal amenaza radica en la pérdida de bosques y, la disminución y el deterioro, tanto de los caudales como de la calidad del agua. Siendo esta, la principal causa de enfermedad y muerte, principalmente en las poblaciones marginales.

El manejo sostenible de los recursos naturales y mejoramiento de la calidad ambiental constituyen mecanismos de protección a los procesos ecológicos y a la diversidad genética, esenciales para el mantenimiento de la vida **(3)**.

El desarrollo sostenible en la conservación de los recursos hídricos, incluyen entre otras cosas, el ordenamiento jurídico e institucional, mecanismos de coordinación entre las distintas autoridades encargadas del manejo y administración de este recurso, tanto para consumo humano como para riego y generación de energía eléctrica, instruyendo a las distintas autoridades sobre la implementación de este compromiso.

1.3.2. Factores agravantes contra el desarrollo sostenible del agua (4)

1.3.2.1. Geográficos

La mayor parte de los recursos hídricos drenan hacia la vertiente del Atlántico mientras que el 70% de la población esta concentrada en la vertiente del Pacífico, donde la deforestación y la degradación de las cuencas son más severas **(5)**.

1.3.2.2. Conflictos por el uso del agua

Conflictos por el volumen y la calidad del agua. Entre países para obtener el aprovechamiento de las cuencas hidrográficas ubicadas en fronteras naturales. Entre los utilizadores del agua generado por conflicto de intereses, entre los cuales podemos

mencionar, riego, generación de energía, consumo humano, conservación de humedales, transporte, biodiversidad, dilución, acarreo de desechos.

1.3.2.3. Insignificante participación ciudadana

La sociedad civil ha permanecido indiferente y al margen de las políticas nacionales y del manejo de los recursos hídricos. La preocupación social en la mayoría de los casos no va más allá de la cancelación del servicio por suministro de agua potable. No ha habido una participación más directa de los sectores sociales con los movimientos ambientalistas para la definición de estrategias y para la vigilancia de las fuentes de agua.

1.3.2.4. Tarifas que no cubren costos ambientales

Solamente se cobra el suministro de agua, no el tratamiento y conservación de las fuentes de abastecimiento. Los mayores consumidores de agua no cubren los costos de las inversiones en infraestructura, abastecimiento, desinfección y saneamiento.

1.3.2.5. Descarga de aguas residuales sin tratamiento

En el área metropolitana de la ciudad de Guatemala existen 16 plantas de tratamiento (5), de las cuales solamente 4 se encuentran funcionando. En Escuintla, no existe ningún tipo de tratamiento aun cuando en el Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) el 7 de febrero de 1989 en el Capítulo I Artículo 3º. y 4º. reza lo siguiente:

“Artículo 3º. Se prohíbe la descarga directa o indirecta de aguas servidas de procedencia municipal, industrial o agropecuaria a los cuerpos de agua receptores, si su contenido de desechos contaminantes no está dentro de los requisitos mínimos y límites máximos permisibles de contaminación aquí establecidos según su procedencia.

Artículo 4°. Para las descargas indirectas son las municipalidades las encargadas de velar por el cumplimiento de los requisitos mínimos aquí establecidos que le corresponden según su clasificación”.

1.3.2.6. Descarga en ríos de desechos industriales y agroquímicos

El aplicar una tecnología limpia depende, en la mayoría de los casos, de iniciativas voluntarias más que de medidas coercitivas para lograrlo. En Centroamérica no existen valores que reflejen el impacto global que provoca el depositar aguas servidas industriales, sin embargo para tener un patrón de referencia, en México, las aguas industriales servidas son responsables del 90% de la contaminación del agua, mientras que en Colombia lo es en un 50% (5).

El deterioro de la calidad del suelo es causado por el uso excesivo de agroquímicos por las empresas agro exportadoras. Centroamérica es uno de los principales consumidores de plaguicidas del mundo, por lo que puede fácilmente deducirse la cantidad de estos agroquímicos depositados en el suelo que son arrastrados por el agua a los ríos y aguas subterráneas, llevando consigo esa contaminación y envenenamiento a las fuentes.

1.3.2.7. Deforestación

Son 400,000 hectáreas de bosque los que anualmente desaparecen por la deforestación, provocando con ello desestabilización y erosión de los suelos. A menudo esta deforestación contribuye a que haya mayor vulnerabilidad ante los desastres naturales, por ejemplo, se ha comprobado que durante el huracán Mitch, los efectos negativos fueron mucho mas severos en las cuencas donde había mayor deforestación de pendientes (5).

1.3.2.8. Presión demográfica

Se han urbanizado zonas que son de captación de agua y manantiales. Asentamientos en zonas de alto riesgo. Por lo mismo se ha hecho un mal uso del suelo.

1.4. Definición de parámetros a calcular

1.4.1. Caudal total entrando diariamente. (CTED)

Se define con este nombre al caudal total que diariamente alimenta el sistema municipal de distribución de agua potable de la ciudad de Escuintla. Este caudal está constituido por la suma de cada uno de los caudales de cada fuente de abastecimiento, para la ciudad de Escuintla, este caudal lo constituyen las siguientes fuentes:

Manantiales: San Luís, Aguas Vivas, Aqua Park, Musunga Norte, Hunapú y

Pozos: El Calvillo, Santa Marta, Sebastopol 1, Sebastopol 2, Jacarandas y Prados del rio.

1.4.2. Habitantes por municipio

Con este nombre se denomina al número de habitantes que, por método de extrapolación, se estima que haya en municipio de Escuintla para el año 2005.

1.4.3. Viviendas por municipio.

Término con el que se designa al número de viviendas que, por el mismo método, habrá para el año 2005 en el municipio de Escuintla

1.4.4. Promedio de personas por viviendas (PPPV)

Se denomina así, al promedio de personas que habitan una vivienda en el municipio de Escuintla, con el fin de aplicarlo a la población de la ciudad del mismo nombre.

1.4.5. Servicios conectados o viviendas servidas (SC)

Nombre con el que se llamará al número de viviendas que están formalmente conectadas a la red de distribución municipal de agua potable de la ciudad de Escuintla, y

cuya fuente de información la constituyen los libros del Canon de agua de la ciudad de Escuintla, en el departamento de Tesorería.

1.4.6. Población atendida

Se denominará de esta forma a la cantidad de personas que en base al promedio de personas por viviendas y al número de servicios conectados es atendida o servida por el sistema municipal de agua de la ciudad de Escuintla.

1.4.7. Consumo por persona (CPPD)

Se denomina consumo *por persona* diario de agua, a la cantidad que una persona utiliza diariamente en condiciones de abastecimiento permanente e ininterrumpido en forma libre y sin restricciones; siendo la presente investigación, específica para la ciudad de Escuintla.

1.4.8. Caudal real requerido diario (CRRD)

Se denomina con este nombre a la cantidad de agua diaria que se necesita para satisfacer la demanda libre y sin restricciones de ninguna especie, de la totalidad de la población atendida por el sistema municipal de agua de la ciudad de Escuintla.

1.4.9. Caudal teórico requerido diario (CTRD)

Se denomina así al caudal que se necesita para satisfacer la demanda mínima y suficiente de agua de la totalidad de medias pajas de agua con las que la Municipalidad tiene compromiso de abastecer diariamente. Esta demanda mínima y suficiente deberá entenderse como la cantidad de 30,000 litros de agua al mes, o sea, en promedio, 1,000 litros de agua al día, que es lo que constituye cada media paja de agua.

1.4.10. Caudal de exceso diario en el consumo de agua (CED)

Con este nombre se denomina a la cantidad de agua que una población atendida o servida utiliza por encima del caudal teórico requerido diario. También puede definirse como la diferencia entre el caudal real requerido diario (CRRD) y el caudal teórico requerido diario (CTRDR).

1.4.11. Pérdida real total entrando al sistema de agua (PRTE)

Se denomina con este nombre, a toda cantidad de agua que entra al sistema municipal de distribución de la ciudad de Escuintla, cuyo valor excede al valor del caudal real requerido diario (CRRD).

2. ANTECEDENTES

2.1. Factor histórico

“La historia del abastecimiento y evacuación de aguas empieza con el crecimiento de las capitales antiguas, o de los centros religiosos y comerciales. Fueron construcciones de gran magnitud y complejidad considerables, sus restos son monumentos a la sólida y aun sorprendente habilidad de los ingenieros primitivos. En este renglón resaltan los acueductos y drenajes de la antigua Roma y sus dominios. Sextus Julios Frontinus, comisionado de las aguas de Roma, 97 A.C., reportó la existencia de nueve acueductos abasteciendo de agua a Roma, de longitud variable de 10 a mas de 50 millas y con secciones transversales de 7 a 50 pies²”. (6)

“El saneamiento tiene su historia, su arqueología, su literatura y su ciencia. La mayor parte de las religiones se interesan por él, la sociología lo incluye dentro de su esfera y su estudio es imperativo dentro de la ética social. Es necesario algún conocimiento de psicología para comprender su desarrollo y su retraso; se requiere un sentido estético para lograr su apreciación plena, y, la economía determina, en alto grado, su crecimiento y extensión... En efecto, quien decida estudiar esta materia con un conocimiento digno de su magnitud debe considerarla en todos sus aspectos, y, con lujo de detalle” (7)

Al principio, las personas utilizaban el agua de la misma fuente, sin embargo esto fue cambiando en la misma proporción en que las ciudades fueron industrializándose, las ciudades se llenaron de personas en busca de trabajo, de nuevas oportunidades de vida, que empezaron por provocar una superpoblación de esas ciudades, dando origen a la necesidad de traer el agua de lejos. Al principio incluso, devolviendo los desechos o aguas negras a las fuentes de abastecimiento de agua.

Las ciudades necesitan el agua para una diversa cantidad de fines tales como: 1) para usos potables y culinarios; 2) para lavado y baños; 3) para limpieza de ventanas;

paredes y pisos; 4) para calefacción y acondicionamiento de aire; 5) para riego de prados y jardines; 6) para riego de lavado y calles; 7) para llenado de piscinas y estanques de vadeo; 8) para exhibición en fuentes y cascadas; 9) para generar energía hidráulica y de vapor; 10) para uso en variados procesos industriales; 11) para protección de la vida y la propiedad contra incendios; y 12) para eliminar desechos caseros y perjudiciales (aguas negras).

2.2. El abastecimiento de agua es una exigencia tanto social como de ingeniería

La planeación, diseño, financiamiento, construcción y operación de los modernos sistemas urbanos de aguas y aguas residuales, son empresas complejas. Aun cuando por su naturaleza misma, cada proyecto de aguas y aguas residuales debe ser concebido en forma exclusiva, su ejecución requiere procedimiento, información y decisión públicas, así como materiales, equipo y apoyo tecnológico que solo pueden suministrarse completamente dentro de la organización de una estructura gubernamental y social altamente desarrollada y una comunidad industrial fuerte y diversificada. En muchos de sus aspectos, por consiguiente, el factor de importancia no es tan solo la empresa de ingeniería, sino la madurez política, social e industrial.

Esto quiere decir que para la elaboración de un proyecto de aguas para determinada ciudad, no debería basarse única y exclusivamente desde el punto de vista de la ingeniería, sino deben estar involucrados mas sectores, de los cuales al integrarse se obtendría un proyecto mucho mas amplio en cuanto al uso del agua.

2.3. Sistemas de aguas

2.3.1. Características generales

Los sistemas municipales de agua comprenden generalmente: 1) obras de captación, 2) obras para purificación, 3) obras de conducción y 4) obras de distribución

Las obras de captación, o toman agua de una fuente cuyo volumen es siempre adecuado para las demandas presente y futura, o bien, convierten una fuente intermitentemente insuficiente en un abastecimiento continuamente apropiado. Para asegurar un suministro suficiente, tanto de estación como de épocas de demanda elevada, deben almacenarse hasta los excedentes anuales, para usarlos en tiempo de escasez. Cuando la calidad del agua captada no es satisfactoria, se introducen obras de purificación que la adecuan a los fines requeridos: el agua contaminada se desinfecta; la desagradable se hace atractiva y de buen sabor; a la que contiene hierro y manganeso se le extraen estos elementos; la corrosiva se desactiva y la dura se suaviza. Los sistemas de conducción transportan el suministro captado y purificado hasta la comunidad, donde la red de distribución les sirve a los consumidores el volumen deseado y a la presión apropiada. Ordinariamente, el agua suministrada se mide con el objeto de que su consumo se cobre equitativa y frecuentemente, por la forma en que se disponga de ella después de emplearla.

2.3.2. Capacidad requerida

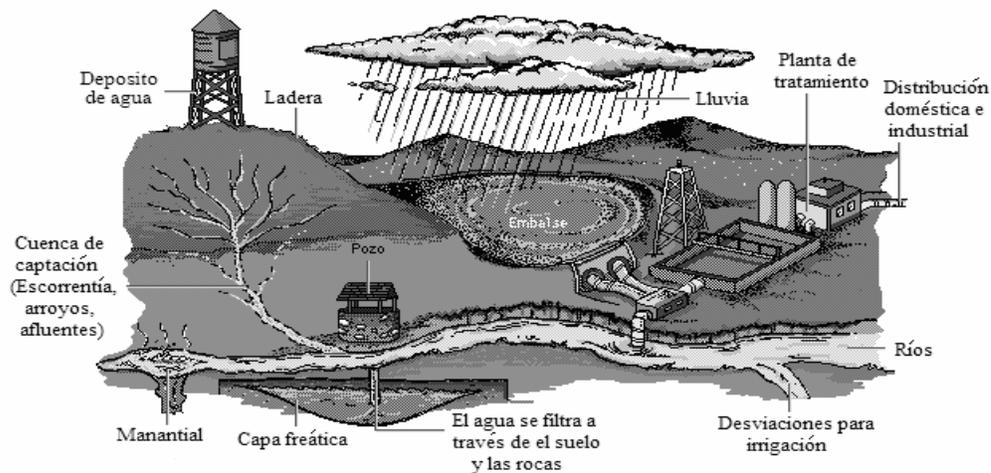
Los suministros de agua se diseñan para satisfacer las necesidades de una comunidad durante un periodo razonable de tiempo. La relación de consumo se expresa normalmente como el uso medio anual en galones por persona al día (gppd) o en litros por persona al día (lppd).

2.4. Fuentes de abastecimiento de agua

La fuente de agua determina, comúnmente, la naturaleza de las obras de captación, conducción, purificación y distribución (ver Figura 1.).

Las fuentes comunes de aguas dulces y su desarrollo son: el agua de lluvia, las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

Figura 1. Ejemplo del abastecimiento, tratamiento, conducción y distribución de agua potable.



Fuente: Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2004. © 1993-2003 Microsoft Corporation.

2.4.1. Agua de lluvia

La lluvia es raramente la fuente inmediata de abastecimientos locales de agua (un ejemplo notable es el suministro de Bermuda, donde no hay corrientes y el agua subterránea en las formaciones de coral es salobre). En cambio el acopio de agua de lluvia esta confinado a granjas y establecimientos rurales, generalmente en regiones semiáridas, carentes de aguas superficiales y subterráneas. En casas de habitación el agua de lluvia que escurre de los tejados se conduce a través de canales y ductos de bajada a barriles o sistemas de almacenamiento situados sobre el piso o hechos en el suelo. El almacenamiento transforma la recepción intermitente del agua de lluvia en una fuente de suministro continuo. Para servicio municipal, generalmente deberán agregarse vertientes o colectores situados en el suelo naturalmente impermeable o impermeabilizado con recubrimiento, cementado, pavimentación, u otros medios similares.

El rendimiento bruto de aguas pluviales es proporcional entre el área receptora y la cantidad de la precipitación. Sin embargo, parte del agua es arrastrada por el viento hacia fuera de los tejados y alguna se evapora o se pierde humedeciendo las superficies y los ductos colectores, así como en llenar depresiones y canales inclinados impropriamente.

También, en ocasiones, debe desperdiciarse la primera corriente de agua porque contiene polvo, desechos de pájaros y otras sustancias indeseables. La pérdida total puede ser alta. Una compuerta desviadora o deflectora colocada en el ducto de bajada permite la diversión selectiva del agua no deseada en el sistema. Los filtros de arena permiten limpiar el agua a su entrada a la cisterna y previenen su deterioración debida a crecimiento de organismos ofensivos y a los cambios consecuentes en sabor, olor y otras alteraciones en su apariencia y buen gusto.

El abastecimiento proporcionado por las cisternas depende de la distribución de las lluvias, varía con la duración de los períodos secos y se aproxima generalmente a un valor comprendido entre un tercio y la mitad del consumo anual. Al captar lluvias de intensidad elevada, deberá procurarse capacidad de reserva suficiente anterior a la filtración. Los tejados raramente suministran mucha agua, debido a que su área es pequeña. Se requiere, por lo tanto, un análisis escrupuloso de las tormentas pluviales y de las variaciones de la precipitación durante las estaciones. (6)

2.4.2. Aguas superficiales

En la mayor parte de la tierra, los volúmenes mayores de aguas locales, se obtienen de fuentes superficiales. Las cantidades que pueden captarse varían directamente con el tamaño del área colectora, o cuenca hidrológica, así como con las diferencias entre las cantidades que caen sobre ella y las que se pierden por evaporación y transpiración (evapotranspiración término empleado en hidrología que incluye toda el agua escapada a la atmósfera, ya sea por evaporación, transpiración u otros procesos). Si las cuencas de aguas superficiales y aguas subterráneas no coinciden, puede entrar algo de aguas subterráneas desde áreas cercanas de captación o bien, escapar hacia ellas.

Las comunidades situadas a los lados de corrientes, estanques o lagos o en sus cercanías, pueden abastecerse de ellos mediante consumo continuo, siempre que el flujo de la corriente o la capacidad del estanque o lago sean lo suficientemente grandes durante las estaciones del año para suministrar los volúmenes requeridos. Las obras de captación incluyen ordinariamente: 1) una rejilla, casa de compuertas o torre de toma; 2) un ducto

de toma, y 3) en muchos lugares, una estación de bombeo. En corrientes pequeñas que abastecen a comunidades de tamaño moderado, una presa de toma o represa de desviación puede crear la profundidad suficiente de agua para sumergir el tubo de toma y protegerlo contra la congelación. El agua, generalmente, debe elevarse desde las tomas cercanas a la comunidad, hasta las plantas de purificación, y de allí al sistema de distribución (6).

2.4.3. Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se extraen de muchas formaciones geológicas: 1) de los poros de depósitos aluviales (arrastrados por las aguas), glaciales o eolianos (arrastrados por los vientos) de materiales granulares no consolidados, tales como arena y grava y de materiales consolidados como arenisca; 2) de los pasajes, cavernas y planos de fractura de soluciones en rocas sedimentarias, tales como piedra caliza, pizarra y esquisto; 3) de las fracturas y fisuras de rocas ígneas; y 4) de combinaciones de estas formaciones geológicas consolidadas y no consolidadas. Las fuentes subterráneas también tiene una área de toma o captación, pero la alimentación o recarga se produce por infiltración a las aberturas del suelo, en lugar de por escurrimiento sobre su superficie. El área de alimentación puede encontrarse cercana o a una distancia considerable, especialmente cuando el flujo esta confinado dentro de un estrato freático o acuífero, yacente bajo un estrato impermeable.

El rendimiento máximo de agua subterránea es directamente proporcional al tamaño de la toma y a la diferencia entre la precipitación y la suma de la evapotranspiración y el escurrimiento de las tormentas. El flujo se extiende lateralmente a través de la anchura del acuífero; verticalmente es tan profunda como la zona de poros abiertos y pasajes en la costra de tierra y tan vadoso como el nivel freático. Cuando la superficie sube y baja con los cambios de estación en la recarga, el flujo es no confinado o libre, y el nivel freático se inclina hacia abajo, paralelamente a la superficie del suelo. El flujo se mueve entonces en ángulo recto respecto a los contornos del nivel freático. Si un estrato poroso yace bajo una capa impermeable, el flujo está confinado, cuando se perfora esta clase de acuífero, brota de él a presión, agua artésiana (se deriva de *Artois*, el nombre de la provincia más septentrional de Francia, donde se lograron abastecimientos de pozos

surgentes, alrededor de 1750). En algunas situaciones geológicas, sale en forma de fuentes brotantes. En otras formaciones geológicas, el agua está confinada sobre lentes de material impermeable sobre el verdadero nivel freático (6).

La relación de flujo a través de la sección transversal sustancialmente vertical del suelo, a ángulos rectos a la dirección del flujo, no es grande. Debida a la elevada resistencia de los poros normalmente estrechos del suelo, el agua avanza solo lentamente, viajando en un año una distancia igual a la que el flujo de corriente recorre en una hora. Las relaciones de flujo normales, son raramente mayores de unos cuantos pies por hora y no son menores de algunos pies por día en acuíferos que proporcionan abastecimiento de agua útil. Sin embargo, si se perfora un pozo en el suelo y se disminuye el nivel del agua en él por bombeo, el agua descarga al pozo, no solo desde la dirección del flujo natural sino desde todas las direcciones. Es por ello que los pozos pueden espaciarse a una distancia muchas veces mayor que su propio diámetro e interceptar aun la mayor parte del agua que escaparía a través del espacio intermedio.

El agua subterránea sale a la superficie a través de: manantiales, pozos, galerías filtrantes y dispositivos de recarga.

2.4.3.1. Manantiales.

Son aprovechados para captar el flujo natural de un acuífero. Su rendimiento puede aumentarse al introducir tubos colectores o galerías, situadas horizontalmente dentro de las formaciones freáticas que los alimentan. La polución (Contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos), generalmente, se origina cerca del punto de captación. Esta se previene: 1) excluyendo la infiltración de aguas poco profundas, circundando el manantial mediante una cámara hermética que penetre hasta una distancia segura dentro del acuífero, y 2) desviando el escurrimiento superficial hacia fuera de la vecindad inmediata (6).

2.4.3.2. Pozos

Estos son excavados, clavados, perforados o barrenados en el suelo. Los excavados y clavados están restringidos para suelos suaves, arena y grava; y, a profundidades menores de 100 pies. Los suelos duros y roca requieren de pozos perforados o barrenados.

La polución en los pozos se evita: 1) revistiendo el pozo herméticamente hasta 10 pies de profundidad, y, 2) protegiendo la entrada del pozo contra las inundaciones de corrientes cercanas (6).

2.4.3.3. Galerías filtrantes

Las aguas subterráneas que se desplazan hacia corrientes o lagos, procedentes de tierras altas vecinas, pueden ser interceptadas mediante galerías filtrantes, tendidas en ángulos rectos a la dirección del flujo y que conducen el agua entrante a las estaciones de bombeo (6).

2.4.3.4. Dispositivos de recarga

El rendimiento de las obras para aguas subterráneas puede aumentarse o mantenerse a un nivel elevado mediante el esparcimiento o difusión de agua. Las estructuras necesarias se construyen cerca de las obras de captación dentro de la cuenca subterránea. Los diques o estanques de carga se llenan con aguas de ríos o lagos, mediante gravedad o bombeo. En el método de inundación el agua desviada de corrientes se conduce a un área adecuada de suelos permeables mediante embalses interceptores. El agua aplicada se absorbe y aumenta sus flujos naturales. El incentivo es el aumento de un abastecimiento decreciente o inadecuado, o el aprovechamiento de la filtración natural como un medio para purificar el agua. Las aguas superficiales fuertemente poluidas pueden ser parcialmente purificadas antes de ser introducidas a las estructura de descarga.

Algunas galerías y pozos de difusión retornan aguas extraídas previamente del suelo, para enfriamiento y otros fines (6).

2.5. Recursos hídricos y su extracción

El sistema hidrográfico de Guatemala se divide en tres vertientes: i) Vertiente del Océano Pacífico (22 por ciento del territorio) con 18 cuencas, algunos de cuyos ríos arrastran sedimentos de origen volcánico, que al depositarse en la planicie costera causan inundaciones periódicas; ii) Vertiente del Mar Caribe (31 por ciento del territorio), con 10 cuencas, siendo la principal el río Motagua; y iii) la Vertiente del Golfo de México (47 por ciento del territorio), con 10 cuencas cuyos ríos son los más caudalosos y tributan hacia territorio mexicano. El país cuenta con 23 lagos y lagunas y 119 pequeñas lagunas con un área global de 950 km².

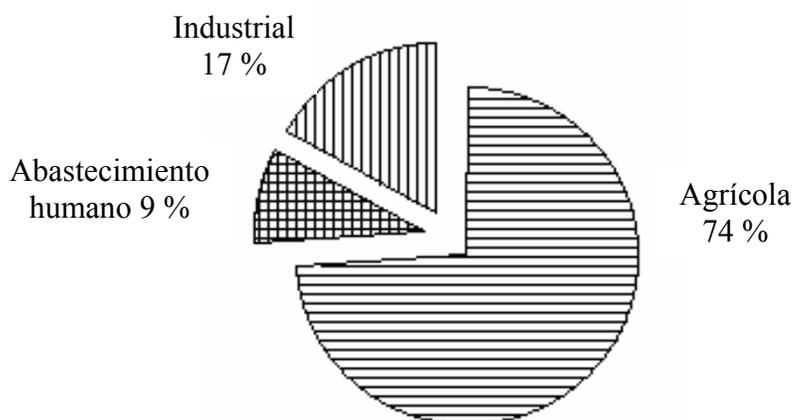
El país se divide en cuatro regiones hidrogeológicas: llanuras aluviales de la costa del Pacífico, altiplano volcánico, tierras altas cristalinas y sedimentaria septentrional. Los acuíferos más adecuados para su explotación son los de las llanuras aluviales de la planicie costera sur del Pacífico y los de los valles del altiplano volcánico de la Sierra Madre. En estos últimos los recursos superficiales son escasos y el agua subterránea es la fuente principal de suministro de agua para abastecimiento de la población y riego. La recarga anual renovable de agua subterránea, estimada en base a índices de infiltración, es de 33,7 km³ (5).

La figura 2. muestra la extracción de agua por sectores en Guatemala. Los servicios de agua potable se abastecen de aguas superficiales en un 70 por ciento para las áreas urbanas y 90 por ciento para el área rural, los porcentajes restantes son cubiertos con agua subterránea. De las 329 municipalidades existentes en el país, 66 por ciento utilizan sistemas por gravedad, 19 por ciento con bombeo y 15 por ciento usan sistemas mixtos. El pronóstico de la demanda de agua potable (urbana y rural) para el año 2010 alcanzaría un total de 835 millones de m³/año, que en términos globales apenas representa el 1 por ciento del caudal superficial territorial. Los sistemas de riego operados por el Estado utilizan

caudales que varían desde 3 hasta 140 millones de m³/año, desconociéndose los caudales extraídos por los sistemas privados de riego (5).

Algunas zonas del país, sin embargo, tienen marcadas deficiencias hídricas, en especial para el abastecimiento de agua potable de los principales centros urbanos, hecho que motiva conflictos de uso con el riego en las regiones del altiplano, y en las áreas costeras entre los grandes y pequeños usuarios del riego que utilizan una misma fuente.

Figura 2. Extracción de agua por sectores en Guatemala. Extracción en 1992: 1.16 km³.



Fuente: FAO Forestry. Versión 2000 Internet.

Ninguna entidad es responsable del control y seguimiento de la calidad de las aguas nacionales por lo que no se dispone de datos precisos sobre niveles y tipos de contaminación, tampoco se realiza un seguimiento del impacto ambiental ni se controla la contaminación originada por los agroquímicos utilizados en agricultura. Las aguas residuales de las zonas urbanas en su mayoría no son tratadas. De las 329 municipalidades del interior, sólo 15 aplican tratamiento, mientras que los restantes descargan sus efluentes sin ningún tratamiento. Aguas abajo de los principales centros urbanos, en especial la

ciudad Capital (Cuencas del Río Las Vacas y Lago de Amatitlán), existen altos niveles de contaminación biológica y química aún no cuantificada. De las diez principales causas de morbilidad en el país, el 50 por ciento son enfermedades relacionadas con el agua **(5)**.

3. CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA

El departamento de Escuintla esta formado por 13 municipios: Tiquisate, La Nueva Concepción, Santa Lucía Cotzumalguapa, Siquinalá, La Gomera, La Democracia, Puerto de San José, Puerto de Iztapa, Masagua, Guanagazapa, Palín, San Vicente Pacaya y Escuintla. La cabecera departamental es la ciudad de Escuintla, la cual está situada al sur de la república de Guatemala, a 57 kilómetros de la ciudad capital. Dentro del departamento, el municipio de Escuintla, está situado al norte, y, rodeado por los municipios de Masagua al sur; Alotenango del municipio de Sacatepéquez y San Pedro Yepocapa por el norte; San Vicente Pacaya y Palín al este; y, Siquinalá al oeste. Además de la parte urbana, cuenta con siete aldeas, las cuáles se denominan: Florido Aceituno, Las Chapernas, El Capulín, Belice, Guadalupe el Zapote, Ceylan y el Rodeo.

Su extensión territorial es de 332 kilómetros cuadrados y se encuentra a 370 metros sobre el nivel del mar. Su clima es cálido, con una temperatura promedio entre 24 y 30 grados centígrados a la sombra en verano y su presión atmosférica es de 625.25 mm. de mercurio. Según los censos 1994 y de 2002, la población del municipio de Escuintla aumentó de 89,914 a 119,897 habitantes, por lo que al extrapolar estos datos, resultó que la expectativa de población para el municipio de Escuintla para el año 2005 es de 131,142 habitantes. De la misma forma, el incremento de viviendas entre 1994 y 2002, aumento de 18,637 a 28,637; por lo que nuevamente la expectativa de viviendas del municipio de Escuintla para el año 2005 sería de 32,387 viviendas, para un promedio de 4.05 personas por vivienda.

Escuintla es uno de los trece municipios del departamento del mismo nombre, que a su vez es sede de la cabecera municipal y departamental.

Por sus condiciones naturales y su posición geográfica estratégica proyecta un auge económico, siendo la agricultura, la ganadería y la industria sus fuentes principales. La mayor parte del área cultivada está dedicada a la producción de caña de azúcar, café, frijol, yuca, banano, plátano, cardamomo y frutas tropicales. Mientras tanto, la ganadería está

orientada a la crianza, esquilme y engorde de ganado bovino, produciendo considerables cantidades de carne y leche. Por lo que a la industria respecta, existen varias plantas industriales como ingenios, de elaboración de aceites y grasas vegetales, beneficios de café, aserraderos, y gran cantidad de medianas y pequeñas industrias que incrementan la economía de este municipio. Tomando en cuenta que el desarrollo económico de esta región está basado en la actividad agrícola y la actividad industrial, debemos de considerar como factor importante el hecho de que gran cantidad de agua es utilizada por estas actividades económicas. Generalizando, para la ciudad de Escuintla, los datos de la Figura 2., puede concluirse que, el 74% del agua extraída de Escuintla se utiliza para la actividad agrícola, el 17% para la actividad industrial y solamente el 9% para el abastecimiento de la población.

3.1. Factores que inciden en el consumo de agua en la ciudad de Escuintla

Alrededor de la problemática del agua, es importante señalar aquellos factores que inciden en el consumo de este vital líquido. Entre estos factores podemos señalar los siguientes: la cultura comercial de quienes se dedican al comercio en esta ciudad; respecto a su clima, su temperatura; la falta de conciencia ecológica; desconocimiento de la realidad del problema por parte de las autoridades municipales, así como una política débil en la prestación del servicio del agua; el bajo costo del servicio, aunado a esto la falta de cobro del exceso de consumo de agua por ausencia de contadores o lectores de contadores; y, por último, por una parte, la conexión de servicios fantasmas por parte de personas individuales, y por otra, de instituciones, industrias, lotificaciones que, en ocasiones se han hecho con el aval de autoridades municipales anteriores.

3.1.1. Cultura comercial

Escuintla es una ciudad en la que la actividad comercial desempeña un papel importante en la economía de la región. Razón por la que se ha convertido en una ciudad

cosmopolita, siendo habitada por personas de diferentes orígenes, tanto nacionales como internacionales. En la actualidad, el manejo de la acumulación de basura proveniente de negocios y mercados, es un factor importante para el consumo de agua. En los mercados de la ciudad, a pesar de contarse con servicio de recolección, muchas personas aun propician que la basura sea depositada en los ríos que atraviesan la ciudad, dando como resultado lógico, la contaminación de estas posibles fuentes de agua potable.

3.1.2. El clima y la temperatura

Su clima es cálido, su temperatura promedio varía entre los 24 y 30 °C a la sombra en verano. Estas condiciones naturales de la ciudad de Escuintla son las que propician mayor consumo de agua, para baño personal más frecuente, con el objeto de refrescarse, para regar y refrescar ambientes, calles, jardines.

3.1.3. Conciencia ecológica

Es un factor importante en el consumo de agua de esta ciudad, el desconocimiento de las consecuencias de su uso irracional. El consumo inmoderado del agua, en este orden, está regido por uso del agua en actividades que no son indispensables como el lavado de autos, la indiferencia ante desperfectos en las válvulas o grifos en cuanto a fugas físicas.

3.1.4. Desconocimiento de las autoridades municipales de la realidad del problema

En la actualidad, en la municipalidad de Escuintla, no se cuenta con información acerca de las fuentes de abastecimiento, planos de las mismas, mecanismos de control, de inventario, de planes de desarrollo en cuanto al renglón agua. La labor en este orden, está restringida a la búsqueda de soluciones inmediatas a problemas que surgen en el que hacer de la conducción y la distribución.

El no tener una política fuerte en cuanto a esta problemática, genera que en esta ciudad el costo del canon de agua sea muy bajo Q5.00 mensuales (Dato obtenido en el departamento de Tesorería de la Municipalidad de Escuintla) la media paja de agua, no teniéndose a la fecha un cobro por exceso en el consumo de agua, ya que se han autorizado muchas conexiones de servicio de agua sin que se cumpla con el requisito de instalar un contador. Al no haber instalaciones de contadores, no hay razón para estar realizando lecturas para el cobro del servicio de agua potable. Este hecho es fundamental para que el uso irracional de agua se aiente en aquellos sectores que cuentan con el suministro de agua, al no tener consecuencias por su gasto excesivo, con menoscabo para las personas a las que el agua llega con mayor dificultad.

Esta débil política en el renglón agua en la ciudad de Escuintla, también ha dado como resultado las conexiones fantasmas de personas individuales, que, motivadas por la ausencia de mecanismos de control, se amparan para realizarlas. Y peor aun, son aquellas conexiones anómalas o irregulares que se han realizado al amparo de autoridades municipales anteriores, en industrias, instituciones y lotificaciones. La esperanza es, que, este tipo de administración del agua, con la presente comuna, llegue a cambiar para el buen desarrollo de la ciudad de Escuintla.

3.2. Situación actual del servicio de agua para consumo humano en la ciudad de Escuintla

En la ciudad de Escuintla, el suministro de agua potable a la población es realizado por: 1) la Municipalidad y 2) empresas privadas.

3.2.1. Servicio de agua para consumo humano proporcionado por empresas privadas en zonas residenciales

El municipio de Escuintla cuenta con cuatro empresas que brindan el servicio de agua para consumo humano en distintas colonias, siendo estas las siguientes:

1.- Cooperativa el Modelo II

Le suministra el agua potable a los residentes de la colonia Modelo II, distribuidos en 600 medias pajas de agua; extrayendo el agua de un pozo mecánico y prestándoles el servicio durante 8 horas diarias.

2.- Fundazúcar

Ésta, brinda el servicio de agua potable a las colonias: Cañaveral I, II, III, IV y Magnolias, distribuyendo el agua en 1404 medias pajas de agua. El agua la obtienen de un nacimiento denominado San José y este servicio es durante las 24 horas del día.

3.- Palmares

Esta empresa suministra el agua a las colonias Ciudad Palmares y El Esfuerzo, en 550 medias pajas de agua. Para Ciudad Palmares el servicio es de 24 horas al día. Para la segunda, el servicio es de 4 horas al día, esta agua no es bebible.

4.- La Cascada

Esta empresa le brinda el servicio de agua potable 24 horas diarias en 600 medias pajas de agua a la colonia La Cascada, extrayéndola de un pozo mecánico (Ver Tabla I. en Apéndice).

3.2.2. Servicio de agua potable de la municipalidad de Escuintla para consumo humano

Según los libros de control de usuarios del Agua Potable de la cabecera departamental de Escuintla, el número de servicios conectados es para 9,956 usuarios, haciendo un total de 11,223 medias pajas de agua (Ver Tabla IV. en Apéndice).

3.3. Disponibilidad de agua para la ciudad de Escuintla

3.3.1. Disponibilidad actual del recurso agua superficial para el municipio de Escuintla

El ingeniero Pedro A. Tax, Coordinador del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos del INSIVUMEH, preparó el documento “Balance Hídrico de la República de Guatemala”, en base a la interpretación del Estudio Balance Hídrico Superficial desarrollado con la cooperación de la UNESCO, obteniéndose como producto principal, el Mapa de Zonas de Disponibilidad de Recursos Hídricos Superficiales.

Este mapa muestra las zonas con menos disponibilidad y las zonas con más disponibilidad de agua en Guatemala. (Ver Figura 3.).

En el mapa en mención puede observarse que para el Departamento de Escuintla existe una disponibilidad moderada de aguas superficiales en caudales específicos.

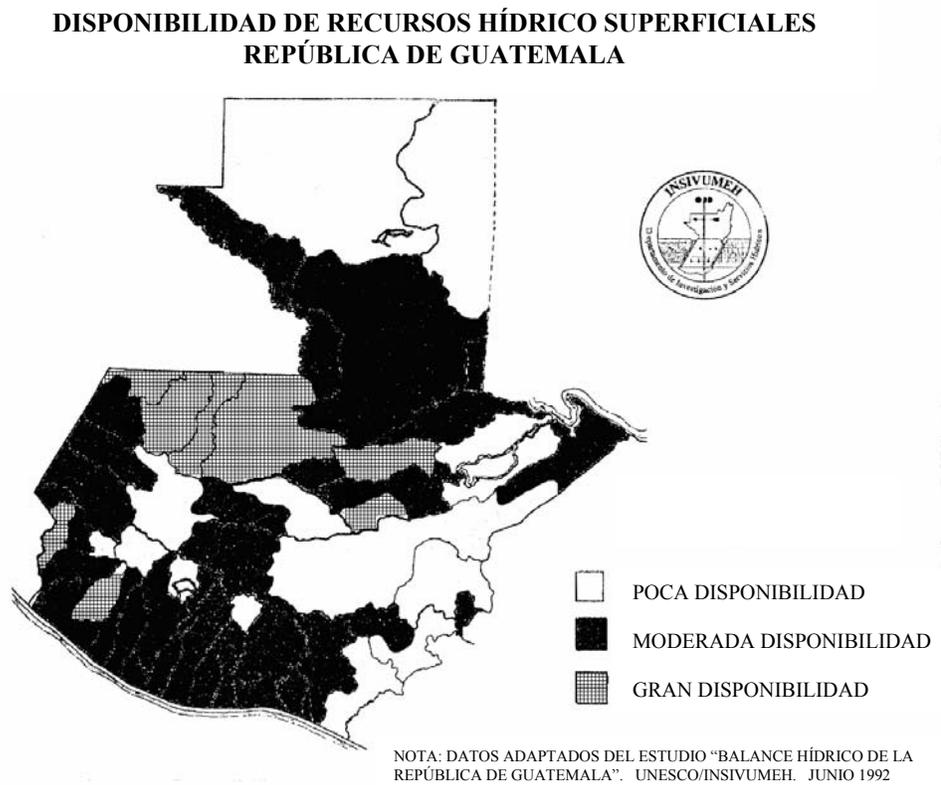
3.3.2. Agua para el futuro

Se considera que a largo plazo, el cambio climático puede reducir la disponibilidad de agua en muchas partes de la tierra, debido a probables cambios en la distribución de las lluvias. Fenómenos como el ENOS (El Niño Oscilación Sureña) y recientemente la llamada Niña, que producen, por un lado el calentamiento de las aguas del mar, y por el otro, enfriamiento, marcan una alteración en el patrón de distribución de la lluvia.

La demanda y creciente necesidad de los recursos hídricos es latente; se estima que la utilización del agua se ha multiplicado por seis a comienzos del siglo XX. La utilización del agua debe conjugarse en la unidad hidrológica (cuenca); la actividad humana, el ambiente y los recursos naturales deben integrarse. El manejo de las cuencas y la conservación del recurso son indispensables.

Debe entenderse que el agua es un bien social y económico, por lo tanto debe ser eficiente, equitativo y racional. La participación gubernamental, privada, usuarios y la del público en general, son importantes en la determinación de este bien común.

Figura 3. Disponibilidad de Recursos Hídricos de la República de Guatemala.



Fuente: Estudio "Balance Hídrico de la República de Guatemala" NESCO/INSIVUMEH Junio 1992.

METODOLOGÍA

1. Método: Estudio descriptivo.
2. Procedimiento: Observación directa.
Pláticas con las personas encargadas de los tanques de captación de agua municipal de la ciudad de Escuintla.
Investigaciones bibliográficas.
Internet.
3. Muestra a estudiar: Volumen de los caudales de abastecimiento de agua potable en los tanques de captación de la ciudad de Escuintla.
Reportes municipales de agua tributaria de la ciudad de Escuintla.
Casas en la colonia “La Ceiba” donde había contadores de agua y el suministro de agua es constante a toda hora del día.
4. Recursos:
 - 4.1 Económicos: Investigación bibliográfica.
Computadora.
Fotocopias.
Internet.
 - 4.2 Físicos: Instalaciones de las plantas del sistema de distribución de agua potable de la municipalidad de la ciudad de Escuintla.
Municipalidad de Escuintla.
Computadora.
Fotocopiadora.
Materiales de escritorio y oficina.
Papel Bond tamaño carta.
 - 4.3 Humanos: Personal que labora en las diferentes plantas de captación de agua potable.
Bibliotecarios.
Investigador.

Aspectos metodológicos

1. Caudal total entrando diariamente. (CTED)

Para calcular el caudal total que alimenta el sistema municipal de distribución de agua potable en la ciudad de Escuintla, se efectuaron aforaciones en los distintos manantiales o pozos por medio de: a) la medición de las áreas de los tanques colectores, b) la medición del nivel inicial y final de agua en cada tanque al momento de tomar la muestra, y, c) la medición del tiempo que llevaba el aumento de esa diferencia de niveles. Todo esto se llevó a cabo con las válvulas de descarga totalmente cerradas para que la diferencia de niveles representara la totalidad del agua entrando al tanque y por consiguiente, al sistema. Para determinar el caudal total diario entrando, el caudal de cada fuente de abastecimiento se multiplicó por el número de segundos que tiene cada período de trabajo.

2. Habitantes por municipio

Para calcular el número de habitantes que se espera haya para este año 2005 en el municipio de Escuintla, primeramente, se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística (INE), los datos de los censos de 1994 y 2002, los cuales al ser extrapolados proporcionaron el resultado buscado.

3. Viviendas por municipio.

Este valor, para el mismo año 2005, también se obtuvo de la extrapolación de los datos obtenidos en el INE de los mismos censos, para las viviendas del municipio de Escuintla.

4. Promedio de personas por viviendas (PPPV)

El promedio de personas por vivienda para el municipio de Escuintla, se obtuvo de dividir el número probable de habitantes esperados para el año 2005, entre el número probable de viviendas esperados para el mismo año.

5. Servicios conectados o viviendas servidas (SC)

El número de viviendas servidas o servicios conectados para la ciudad de Escuintla, se obtuvo en base a los datos recopilados en los libros de registro de la municipalidad de esta ciudad, de los servicios formalmente conectados en la red de distribución municipal de agua.

6. Población atendida

La población atendida por el sistema de distribución municipal de agua de la ciudad de Escuintla, se obtuvo como resultado de multiplicar la cantidad de servicios conectados (SC) por el promedio de personas por vivienda.

7. Consumo por persona diario (CPPD)

Para obtener el valor del consumo de agua *por persona* para habitantes de la ciudad de Escuintla, se llevaron a cabo lecturas semanales de consumo de agua en la colonia “La Ceiba” en viviendas que contaban con contador de agua. Se llevó a cabo esta investigación en esta colonia, porque la misma cuenta con servicio abundante de agua e ininterrumpido, por lo que el consumo de agua no tuvo ningún tipo de limitación. Al mismo tiempo que se hicieron las lecturas correspondientes en los contadores de agua, se levantó un censo en las mismas viviendas investigadas para determinar el número de habitantes por casa. Con esta información se procedió a calcular a) el consumo promedio familiar semanal, y, b) el consumo *por persona* diario.

8. Caudal real requerido diario (CRRD)

El caudal real requerido se calculó en base a multiplicar el valor obtenido del consumo *por persona* diario por la totalidad de servicios conectados formalmente a la red de distribución y este resultado a su vez, por el promedio de personas por vivienda, con el objeto de obtener la cantidad de litros de agua diarios requeridos para satisfacer la demanda de la totalidad de personas que componen la población tributaria de la ciudad de Escuintla.

9. Caudal teórico requerido diario (CTRD)

Este caudal se obtuvo de multiplicar la base mínima y suficiente diaria de abastecimiento de agua, que, teóricamente se necesita para satisfacer una vivienda, que es de media paja de agua (30,000 litros de agua al mes); por el número de medias pajas de agua con las que la Municipalidad de Escuintla tiene compromiso de suministrarles el servicio a través de la red de distribución de agua de la ciudad de Escuintla. Este valor se dividió entre el número de días promedio de un mes, que es de 30, para obtener la cantidad de litros de agua requeridos cada día para satisfacer, teóricamente, a la población tributaria de la ciudad de Escuintla.

10. Caudal de exceso diario en el consumo de agua (CED)

Es valor se obtuvo de la diferencia entre el caudal real requerido diario (CRRD) y el caudal teórico requerido diario (CTRD).

11. Pérdida real total entrando al sistema de agua (PRTE)

Este valor se obtuvo a partir de restarle al caudal total entrando diariamente (CTED) al sistema de distribución, el valor del caudal real requerido diario (CRRD).

RESULTADOS

1. Caudal total entrando diariamente (CTED)

En la actualidad, la red de distribución de agua potable municipal de la ciudad de Escuintla es alimentada por 5 manantiales y 6 pozos de agua para consumo humano, siendo estos:

Manantiales: San Luís, Aguas Vivas, Aqua Park, Musunga Norte, Hunapú; y

Pozos: El Calvillo, Santa Marta, Sebastopol 1, Sebastopol 2, Jacarandas y Prados del Río.

Los manantiales, alimentan el servicio de distribución en forma ininterrumpida; deteniendo su alimentación, solamente por causa de limpieza. En tanto los pozos, tienen diferentes períodos de trabajo, por ejemplo: 8 horas/día, 12 horas/día, 16 horas/día y 12 horas/48 horas.

Al momento de realizar la presente evaluación, la municipalidad de Escuintla tiene diferendos con la empresa que financió la construcción de una planta de tratamiento de agua localizada en la toma de Aqua Park, debido al flujo acordado que debía generar la planta, por lo que se toma la decisión de no detallar los mismos, para que los datos que se obtuvieron en la presente evaluación no puedan ser manipulados, sino que se expone únicamente el valor total entrando al sistema municipal de distribución de agua potable a la ciudad de Escuintla, siendo este valor de **23,668,344 litros de agua/día**

2. Habitantes por municipio

Por medio de extrapolación de los censos de 1994 y 2002, los cuales reportan una densidad de 89,914 y 119,897 habitantes respectivamente, se llegó a establecer que la población estimada del municipio de Escuintla para el año 2005 sería de **131,142 habitantes** (ver Figura 4. y, Tabla II. en Apéndice).

Figura 4. Crecimiento poblacional del municipio de Escuintla.

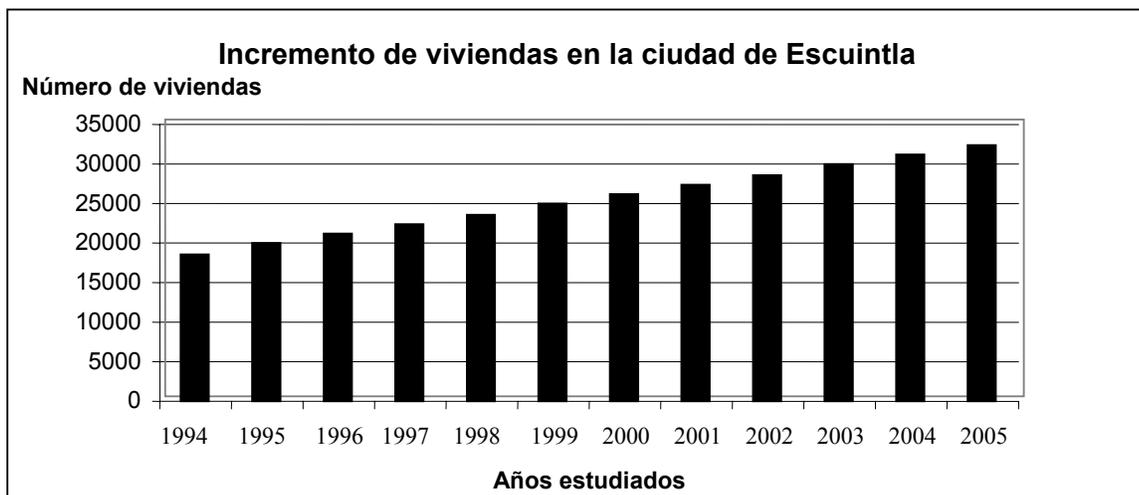


Elaborada en base a los datos de los Censos de 1994 y 2002 realizados por el Instituto Nacional de Estadística. Ver Tabla II Apéndice.

3. Viviendas por municipio

Tomando como base los mismos censos, en los cuales había una densidad habitacional de 18,637 viviendas para el año 1994 y de 28,638 viviendas para el año 2002, se estableció por medio de extrapolación, que para este año 2005 habría en el municipio de Escuintla, **32,387 viviendas** (ver Figura 5. y, Tabla III. en Apéndice).

Figura 5. Crecimiento del número de viviendas del municipio de Escuintla.



Elaborada en base a los datos de los Censos de 1994 y 2002 realizados por el Instituto Nacional de Estadística. Ver Tabla III. Apéndice.

Promedio de personas por viviendas (PPPV)

Del número estimado de habitantes y el número estimado de viviendas para este año 2005, se determina que el promedio de habitantes por vivienda para el mismo año será:

$$\text{Promedio de habitantes/vivienda} = \frac{131,142 \text{ habitantes}}{32,387 \text{ viviendas}} = 4.05 \frac{\text{habitantes}}{\text{vivienda}}$$

4. Servicios conectados o viviendas servidas (SC)

De la Tabla IV. del Apéndice, se obtiene que la cantidad de servicios conectados al sistema municipal de agua potable de la ciudad de Escuintla es de **11,223 medias pajas de agua que cubren un total de 9,956 servicios conectados**. Entendiéndose como “media paja de agua” como la cantidad de 30,000 litros de agua al mes.

Es importante resaltar que a la fecha, todos los servicios que están inscritos en los libros de control de pago del canon del agua de la ciudad de Escuintla, solamente tienen que pagar la cantidad de Q5.00 sin ningún tipo de pago adicional por excesos, puesto que a la fecha no se realizan lecturas de contadores de agua.

5. Población atendida

Del número de servicios conectados o viviendas servidas, y, del número promedio de personas por vivienda, se obtiene que la población atendida por el sistema municipal de agua de la ciudad de Escuintla son **40,322 habitantes**.

$$\text{Población atendida} = (9,956 \text{ viviendas servidas}) * \frac{(4.05 \text{ habitantes})}{\text{Vivienda servida}} = 40,322 \text{ habitantes}$$

6. Consumo por persona (CPPD)

El consumo *por persona* promediado se determinó en base a las mediciones de consumo de agua que se llevó a cabo en casas de la colonia “La Ceiba” que cuentan con contador de agua (Ver Tablas V., VI., VII. y VIII. del Apéndice), este valor es de:

290 litros de agua por persona al día (lppd)

7. Caudal real requerido diario (CRRD)

Del consumo *por persona* diario de agua (CPPD) y, el número de habitantes atendidos por el sistema de distribución de agua de la ciudad de Escuintla, se tiene que el caudal real requerido diario es de **11,693,380 litros/día**.

$$\text{CRRD} = \frac{290 \text{ litros}}{\text{Persona-día}} * 40,322 \text{ personas} = \mathbf{11,693,380 \text{ litros/día}}$$

8. Caudal teórico requerido diario (CTRD)

A partir de la base mínima y suficiente diaria de abastecimiento de agua, que, teóricamente se necesita para satisfacer una vivienda con media paja de agua (30,000 litros de agua al mes); por el número de medias pajas de agua que la municipalidad esta comprometida a suministrar, que, según la Tabla IV. del Apéndice es 11,223, en la red de distribución de agua de la ciudad de Escuintla, se tiene que el valor de este caudal es de **11,223,000 litros/día**.

$$\begin{aligned} \text{CTRD} &= \frac{(30,000 \text{ litros/mes}) * (1 \text{ mes}) * (11,223 \text{ medias pajas de agua})}{\text{Media paja de agua (30 días)}} \\ &= \mathbf{11,223,000 \text{ litros/día}}. \end{aligned}$$

9. Caudal de exceso diario en el consumo de agua (CED)

La diferencia entre el caudal real requerido diario (CRRD) y el caudal teórico requerido diario (CTRD), da como resultado **470,380 litros/día**.

$$\text{CED} = (11,693,380 \text{ litros/día}) - (11,223,000 \text{ litros/día}) = \mathbf{470,380 \text{ litros/día}}.$$

10. Pérdida real total diaria (PRTD)

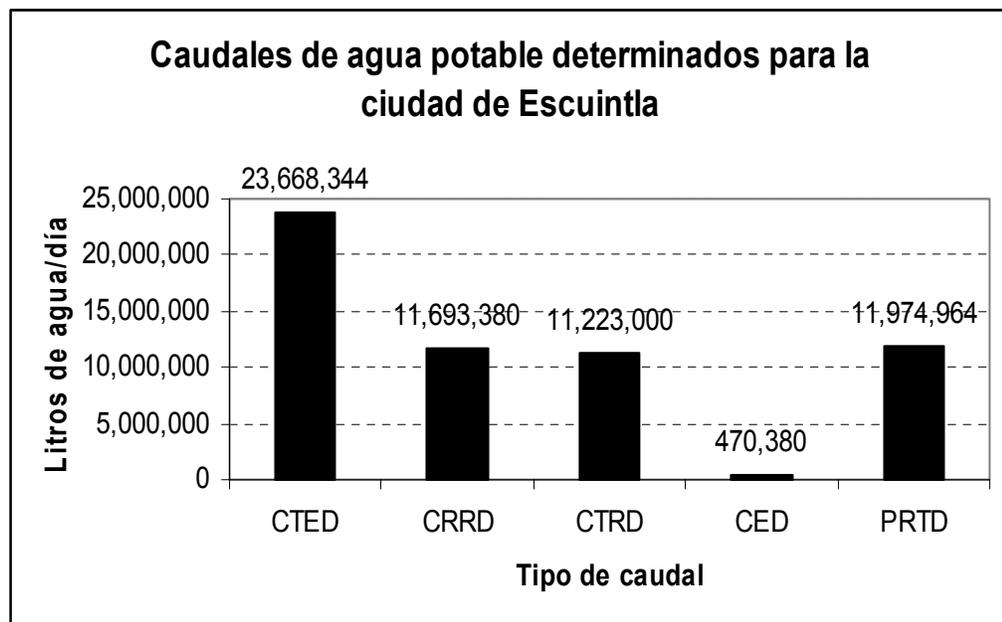
La diferencia entre el caudal total entrando diariamente al sistema (CTED) y el caudal real requerido diario (CRRD), da como resultado que al sistema entran **11,974,964 litros/día** en forma de exceso o excedente que se le denomina *pérdida*.

$$\begin{aligned} \text{PRTD} &= \text{CTED} - \text{CRRD} = (23,668,344 \text{ litros de agua/día}) - (11,693,380 \text{ litros/día}) \\ &= \mathbf{11,974,964 \text{ litros/día.}} \end{aligned}$$

RESUMEN DE LOS RESULTADOS

1.	<u>Caudal total entrando diariamente (CTED)</u>	23,668,344 litros/día
2.	<u>Habitantes por municipio</u>	131,142 habitantes
3.	<u>Viviendas por municipio</u>	32,387 vivienda
4.	<u>Promedio de personas por viviendas (PPPV)</u>	4.05 personas/vivienda
5.	<u>Servicios conectados o viviendas servidas (SC)</u>	9,956 servicios
6.	<u>Población atendida</u>	40,322 habitantes
7.	<u>Consumo por persona diario (CPPD)</u>	290 litros/persona-día
8.	<u>Caudal real requerido diario (CRRD)</u>	11,693,380 litros/día
9.	<u>Caudal teórico requerido diario (CTRD)</u>	11,223,000 litros/día
10.	<u>Caudal de exceso diario en consumo de agua (CED)</u>	470,380 litros/día
11.	<u>Pérdida real total diaria (PRTD)</u>	11,974,964 litros/día

Figura 6. Caudales de agua potable municipal de la ciudad de Escuintla (Ver Tabla IX. Apéndice)



CONCLUSIONES

1. Luego de terminada la investigación y el manejo de la información recabada, se concluye que el caudal teórico requerido diario para la población tributaria de la ciudad de Escuintla, con el compromiso de satisfacer el total de medias pajas de agua que se encuentran distribuidas en esa población, es de **11,223,000 litros/día**.
2. Se concluye que el caudal real requerido de agua potable para la población tributaria de la ciudad de Escuintla, sin ninguna restricción es de **11,693,380 litros de agua/día**.
3. Al determinar la cantidad de agua entrando al sistema de distribución de esta ciudad, se estableció que dicho caudal tiene un valor de 23,668,344 litros/diarios de agua potable; que la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades de la población tributaria que es de 40,322 habitantes, tiene un valor de 11,693,380 litros/diarios; **se concluye que hay un excedente total de agua entrando al sistema de 11,974,964 litros/diarios, que equivale al 50.59%**. Este excedente constituye la pérdida real total diaria del agua que entra al suministro municipal, teniendo como destino final: las fugas físicas, las conexiones fantasmas y las conexiones sin contador. Por lo tanto, **es conclusión final de este trabajo de investigación que la ciudad de Escuintla no debiera tener déficit de agua, por el contrario, cuenta con un considerable excedente con el cual no debería tener problemas para el suministro de la población formalmente conectada al sistema municipal de distribución de agua de la ciudad de Escuintla; por lo tanto, el agua no esta siendo utilizada racionalmente.**

RECOMENDACIONES

1. Dado el excedente de agua entrando determinado, en la base de servicios formalmente conectados, es necesario que las autoridades municipales asuman un papel protagónico e inmediato, para evitar que el agua continúe siendo utilizada irracionalmente y, en este sentido, deberá poner su mejor esfuerzo para la detección de conexiones fantasmas, fugas físicas y falta de contadores y, así, garantizar el suministro de agua potable a la población que a la vez de ser una responsabilidad municipal, también es un derecho de las personas a contar con tal suministro.
2. Asimismo es necesario que las autoridades actualicen las tarifas para el pago del servicio de agua y su exceso, para que pueda contarse con un capital de reserva para hacer frente a los diferentes costos de operación y suministros que se van presentando en el quehacer del abastecimiento y potabilización del agua, como también para que pueda invertirse en preservar aquellas regiones donde se encuentran localizados los mantos acuíferos, de tal manera que la deforestación no siga reduciendo la frontera boscosa y así evitar que esos mantos se sequen.
3. Es importante que entre las políticas de urbanización, la municipalidad exija estudios de impacto ambiental y compromisos legales de abastecimiento de caudales reales de agua a aquellos nuevos proyectos de lotificaciones, con el objeto de que estos, posteriormente no se conviertan en una carga para el sistema de distribución de agua de la ciudad de Escuintla.
4. Es importante considerar que, si bien es cierto, los usuarios formalmente conectados tienen el derecho de que se les suministre agua de buena calidad, también lo es para quienes no tienen esos servicios conectados; tienen el mismo derecho de recibir agua para su consumo, por lo que la municipalidad debe realizar

todos los esfuerzos posibles, para que aquellas personas que no cuentan con este servicio, puedan ser incorporados a la red de distribución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 CASTAÑEDA, César Augusto. Interacción Naturaleza y Sociedad Guatemala, s. e. Editorial Universitaria Colección Editorial Universitaria Vol. 85 Guatemala 1991. Págs. 29 – 30.
- 2 COLECTIVO. Análisis de Género y Desarrollo Forestal. Manual de Capacitación y aplicación 2da. ed. 1999. Págs. 8 –10.
- 3 BIBLIOTECA DE CONSULTA MICROSOFT® Encarta® 2004. © 1993—2003. Microsoft Corporation.
- 4 TRIBUNAL CENTROAMERICANO DEL AGUA. Boletín informativo. Págs. 1- 4.
- 5 FAO Forestry, Agua de Guatemala, Versión 2000 Internet Págs. 3 – 4.
- 6 FAIR, Gordon Maskew y otros. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Vol. 1. México: ED. Limusa, 1993 Págs. 15, 32 - 34, 40 – 43.
- 7 REYNOLDS, Reginald. Cleanliness and Godliness. George Allen y Unwin, Londres, 1943. p. 4.

BIBLIOGRAFÍA

1. BIBLIOTECA DE CONSULTA MICROSOFT® Encarta® 2004. © 1993-2003 Microsoft Corporation.
2. CASTAÑEDA, César Augusto. Interacción Naturaleza y Sociedad Guatemalteca s. e. Editorial Universitaria Colección Editorial Universitaria. Vol. 85 Guatemala 1991.
3. COGUANOR. Norma 29 001-99 AGUA POTABLE. Publicada en el Diario Oficial Número 40 el 4 de febrero de 2000. Pág. 4-9.
4. COLECCIÓN Madre Selva. Artículos publicados en Prensa Libre de 1996 a 1999.
5. COLECTIVO. Desarrollo Sostenible y Reforma del Estado en América Latina y el Caribe. 1994.
6. COLECTIVO. Análisis de Género y Desarrollo Forestal. Manual de Capacitación. 2da. edición, 1999.
7. COLECTIVO. Análisis Sectorial de Agua Potable y Saneamiento. 1994.
8. CONAMA. Alianza centroamericana para el Desarrollo sostenible. . San José, Costa Rica 1994.
9. CUSTODIO E. y E. Díaz. Calidad del Agua subterránea.
10. ESCOBAR, Arturo Amiel y compañeros. Iniciativa de Ley que contiene la Ley General de Aguas. Congreso de la República. 12 de enero de 1993.
11. FAIR, Gordon Maskew, y otros. Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales. Ed Limusa, México 1987. Tomo 1.
12. FAO Forestry, Agua de Guatemala, Versión 2000 Internet.

13. ORTIZ, César Rolando. Agua y Desarrollo en Guatemala. Escuintla, Guatemala, Centroamérica 2000.
14. REYNOLDS, Reginald Cleanliness and Godliness, George Allen y Unwin Londres, 1943.
15. TRIBUNAL CENTROAMERICANO DEL AGUA. Declaración centroamericana del agua. Editorial Fundación Güilombe, 1999 José María Borrero Navia.
16. TRIBUNAL CENTROAMERICANO DEL AGUA. Fundamentos ético-jurídicos. Editorial Fundación Güilombe, 1999. Danilo José Antón (1991:57) José María Borrero Navia.

APÉNDICE

Tabla I. Suministro de agua potable por empresas privadas en la ciudad de Escuintla.

Empresa privada	Número de Medias pajas que abastece	Litros de agua suministrados, por el número de medias pajas (30,000 lts/mes)	Litros de agua suministrados por el equivalente diario del número de medias pajas (1,000 lts/día.)
Modelo II	600	18,000,000	600,000
Fundazucar	1404	42,120,000	1,404,000
Palmares	550	16,500,000	550,000
La cascada	600	18,000,000	600,000
	3154	94,620,000	3,154,000

Tabla II. Extrapolación del número de habitantes del municipio de Escuintla al año 2005.

Años	Habitantes		$y = 3748(\text{año } x - 1994) + 89914$
1994	89914	$y = mx + b$ $m = \frac{y - b}{x}$ $m = \frac{119898 - 89914}{8}$ $m = 3748$	89914
1995			93662
1996			97410
1997			101158
1998			104906
1999			108654
2000			112402
2001			116150
2002	119897		119898
2003			123646
2004			127394
2005			131142

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE). Censo de los años 1994 y 2002.

Tabla III. Extrapolación del número de viviendas de la ciudad de Escuintla al año 2005.

Años	Viviendas		$y = 1250(\text{año } x - 1994) + 18637$
1994	18637	$y = mx + b$ $m = \frac{y - b}{x}$ $m = \frac{28638 - 18637}{8}$	18637
1995			19887
1996			21137
1997			22387
1998			23637
1999			24887
2000			26137
2001			27387
2002	28638		28637
2003			29887
2004			31137
2005			32387

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) Censo de los años 1994 y 2002.

Tabla IV. Libros del Canon municipal de agua potable de la ciudad de Escuintla.

Libros	Sector	Medias Pajas de agua	Número de Servicios conectados
LIBRO #1	Zonas 1 y 2 Pueblo	1470	893
LIBRO #2	Zonas 1 y 2 Pueblo	558	532
LIBRO	Zona 3 Pueblo	414	210
LIBRO #1	Zona 4 Pueblo y La Ceiba	622	574
LIBRO	Zona 1 Aguas Vivas	656	511
LIBRO #1	Zona 2 Aguas Vivas	923	905
LIBRO #2	Zona 2 Aguas Vivas	196	193
LIBRO #1	Zona 3 Aguas Vivas	854	725
LIBRO #2	Zona 3 Aguas Vivas	621	600
LIBRO #1	Zona 4 Aguas Vivas	913	856
LIBRO #2	Zona 4 Aguas Vivas	67	66
LIBRO	Prados del Río --Hunapú	1276	1274
LIBRO	Sebastopol y Golondrinas	1489	1451
LIBRO	Colonia San Felipe	248	248
LIBRO	Colonia Rosalinda	297	297
LIBRO	Santa Marta y Monterrey	619	621
		11223	9956

Tabla V. Direcciones de las casas donde se evaluó el gasto de agua, para el cálculo del consumo *por persona* de agua en la Colonia “La Ceiba” de la ciudad de Escuintla.

Orden ruta	Nombre del usuario	Dirección Colonia "La Ceiba" Escuintla
1	Santos Nicolás Chiquel	2 Av. "D" 1-45
2	Sergio Hernández Saravia	2 Av. "D" 1-33
3	Eliodoro Ramírez Natareno	2 Av. "D" 1-29
4	Roberto Pineda	2 Ca. "B" 2-34
5	Carlos Artemio Conde	1 Ca. "C" 2-48
6	Joel Chanquín López	1 Ca. "C" 2-05
7	Efren Ismael Martínez	1 Ca. "C" 2-04
8	Sandra Álvarez	1 Ca. "A" 2-24
9	Aidee Aracely Callejas	1 Ca. "A" 2-21
10	Isidro Gálvez	1 Ca. "A" 2-12
11	Juan López López	1 Av. "B" 1-68
12	Rosa Josefa Fuentes	1 Av. "A" 1-59
13	Carlos Ernesto Girón	1 Av. "A" 1-62
14	Irma Yolanda González	1 Av. "A" 2-01
15	María Cristina Barillas	1 Av. "A" 2-07
16	Abisail Dávila Rodas	1 Av. 2-43
17	Carlos Enrique Flores	1 Av. "C" 2-02
18	Jorge Boris Rossell	2 Av. 2-38
19	Faustino Argueta Valiente	2 Av. 2-40
20	Sergio Aroldo Chajón	2 Av. "A" 2-07
21	Silvia Maribel Orellana	2 Av. "D" 2-39
22	Francisco Sazo Pivaral	2 Av. "D" 2-49
23	Óscar Armando Cristales	3 Ca. 2-29
24	Lilián Martina Gómez	2 Av. "E" 3-10
25	Jaime Vicente Ayala	2 Av. "E" 3-26
26	Pedro Domingo Carreto	2 Av. "F" 3-09
27	Alberto Mejía Morales	3 Av. 3-13
28	Victoiano Ramos Ruiz	3 Av. 3-19
29	Carlos Humberto Mazariegos	3 Av. "A" 4-19
30	Wilber Sosa Solórzano	3 Av. "A" 4-21
31	Cruz Augusto Baches	5 Ca. 3-32
32	Abilio Mercedes Hernández	2 Av. "C" 4-10
33	Sergio Geovany Sánchez	2 Av. "C" 4-12
34	Rafael Olivares	4 Ca. "B" 1-33
35	Arturo Julián Menchú	2 Av. 3-50
36	Débora Elizabeth Brindes	2 Av. 3.43
37	Byron Benjamín Roldán	2 Av. 3-28

Tabla VI. Lecturas de contadores de agua por vivienda.

Orden ruta	17 de mayo 1ra. Lectura Mts ³	17 de mayo 1ra. lectura Mts ³	24 de mayo 2da. lectura Mts ³	31 de mayo 3ra. lectura Mts ³	7 de junio 4ta. lectura Mts ³
1	361.9	361.9	364.5	367.0	369.4
2	1412.6	1412.6	1419.6	1424.5	1430.6
3	1377.4	1377.4	1382.7	1388.3	1394.4
4	1913.1	1913.1	1921.0	1928.1	1934.0
5	966.5	966.5	978.3	986.9	996.4
6	1070.4	1070.4	1078.5	1085.7	1092.4
7	1489.1	1489.1	1499.7	1511.6	1523.3
8	2222.4	2222.4	2232.1	2237.3	2246.2
9	2724.7	2724.7	2752.8	2799.4	2834.2
10	920.8	920.8	926.9	932.8	938.8
11	3380.6	3380.6	3397.7	3416.8	3433.3
12	1582.0	1582.0	1596.3	1605.9	1612.0
13	926.9	926.9	931.4	939.2	946.1
14	783.4	783.4	790.2	795.9	801.8
15	2499.4	2499.4	2528.2	2561.7	2587.8
16	1229.0	1229.0	1236.8	1243.8	1251.4
17	2444.4	2444.4	2464.1	2481.3	2495.9
18	886.2	886.2	898.4	910.8	923.7
19	1947.7	1947.7	1960.4	1980.2	1996.9
20	2537.2	2537.2	2547.9	2559.1	2572.3
21	1981.9	1981.9	2002.9	2024.0	2039.1
22	1552.4	1552.4	1558.6	1563.7	1570.0
23	630.7	630.7	640.3	649.1	658.5
24	1356.9	1356.9	1365.7	1372.8	1379.1
25	984.2	984.2	991.2	998.9	1007.8
26	506.3	506.3	513.4	521.6	528.5
27	1561.5	1561.5	1571.5	1584.6	1597.3
28	2160.1	2160.1	2169.6	2177.2	2187.2
29	1518.4	1518.4	1531.7	1544.4	1556.6
30	2526.8	2526.8	2534.5	2542.5	2551.0
31	1306.2	1306.2	1314.2	1323.0	1330.9
32	1400.5	1400.5	1419.3	1445.9	1467.7
33	2050.0	2050.0	2055.9	2063.5	2070.0
34	1368.1	1368.1	1386.5	1406.5	1427.8
35	2548.9	2548.9	2560.5	2571.0	2579.4
36	564.3	564.3	570.5	575.0	579.0
37	845.5	845.5	851.6	856.6	861.7

Tabla VII. Consumo semanal de agua por vivienda.

Orden ruta	Consumo 1 2da-1ra lectura Mts ³	Consumo 2 3ra-2da lectura Mts ³	Consumo 3 4ta-3ra lectura Mts ³	Consumo 4 5ta-4ta lectura Mts ³	Promedio Familiar Semanal
1	2.6	2.5	2.4	2.3	2.4 Mts ³
2	7.0	4.9	6.1	5.0	5.7 Mts ³
3	5.3	5.6	6.1	5.7	5.7 Mts ³
4	7.9	7.1	5.9	7.2	7.0 Mts ³
5	11.8	8.6	9.6	6.9	9.2 Mts ³
6	8.1	7.2	6.7	6.4	7.1 Mts ³
7	10.6	12.0	11.6	11.3	11.4 Mts ³
8	9.7	5.2	8.9	9.1	8.2 Mts ³
9	28.1	46.6	34.8	31.0	35.1 Mts ³
10	6.0	5.9	6.0	7.1	6.3 Mts ³
11	17.1	19.1	16.5	25.6	19.6 Mts ³
12	14.3	9.6	6.1	7.7	9.4 Mts ³
13	4.5	7.7	6.9	4.0	5.8 Mts ³
14	6.8	5.7	6.0	6.5	6.2 Mts ³
15	28.8	33.5	26.1	36.2	31.2 Mts ³
16	7.8	7.0	7.6	8.5	7.7 Mts ³
17	19.7	17.2	14.6	22.1	18.4 Mts ³
18	12.2	12.4	12.9	13.2	12.7 Mts ³
19	12.7	19.8	16.7	13.7	15.7 Mts ³
20	10.6	11.3	13.2	13.1	12.0 Mts ³
21	21.0	21.1	15.1	20.9	19.5 Mts ³
21	6.2	5.1	6.3	6.6	6.1 Mts ³
23	9.6	8.7	9.5	9.8	9.4 Mts ³
24	8.7	7.2	6.3	7.5	7.4 Mts ³
25	7.1	7.7	8.8	7.6	7.8 Mts ³
26	7.1	8.2	6.9	8.8	7.7 Mts ³
27	10.0	13.1	12.7	13.2	12.3 Mts ³
28	9.5	7.6	10.0	12.8	10.0 Mts ³
29	13.3	12.7	12.2	10.4	12.2 Mts ³
30	7.7	8.0	8.5	8.8	8.2 Mts ³
31	7.9	8.8	8.0	8.6	8.3 Mts ³
32	18.8	26.6	21.8	23.2	22.6 Mts ³
22	5.9	7.6	6.5	11.7	7.9 Mts ³
34	18.4	20.0	21.3	15.9	18.9 Mts ³
35	11.6	10.5	8.5	10.4	10.2 Mts ³
36	6.3	4.5	4.0	5.0	4.9 Mts ³
37	6.1	5.0	5.1	8.4	6.2 Mts ³

Tabla VIII. Cálculo del consumo de agua potable *por persona* en las viviendas investigadas

Orden ruta	Promedio Familiar Semanal		Habitantes			Consumo Por persona semanal	Consumo por persona diario	
			Adultos	Niños	Total			
1	2.4	Mts ³	2	0	2	1.22	0.17	
2	5.7	Mts ³	3	3	6	0.96	0.14	SUMATORIA 10.62 M ³
3	5.7	Mts ³	1	4	5	1.13	0.16	
4	7.0	Mts ³	2	3	5	1.41	0.20	
5	9.2	Mts ³	2	3	5	1.84	0.26	PROMEDIO 0.29 M ³ ppd (metros cúbicos por persona al día) 290 lppd (litros por persona al día)
6	7.1	Mts ³	3	2	5	1.42	0.20	
7	11.4	Mts ³	2	4	6	1.89	0.27	
8	8.2	Mts ³	4	1	5	1.64	0.23	
9	35.1	Mts ³	7	1	8	4.39	0.63	
10	6.3	Mts ³	5	0	5	1.26	0.18	
11	19.6	Mts ³	5	6	11	1.78	0.25	
12	9.4	Mts ³	4	2	6	1.57	0.22	
13	5.8	Mts ³	2	1	3	1.93	0.28	
14	6.2	Mts ³	2	0	2	3.11	0.44	
15	31.2	Mts ³	6	2	8	3.89	0.56	
16	7.7	Mts ³	2	4	6	1.29	0.18	
17	18.4	Mts ³	4	2	6	3.07	0.44	
18	12.7	Mts ³	4	1	5	2.54	0.36	
19	15.7	Mts ³	8	2	10	1.57	0.22	
20	12.0	Mts ³	2	3	5	2.41	0.34	
21	19.5	Mts ³	3	4	7	2.79	0.40	
22	6.1	Mts ³	5	0	5	1.21	0.17	
23	9.4	Mts ³	2	2	4	2.35	0.34	
24	7.4	Mts ³	2	1	3	2.47	0.35	
25	7.8	Mts ³	2	2	4	1.95	0.28	
26	7.7	Mts ³	3	2	5	1.55	0.22	
27	12.3	Mts ³	2	7	9	1.36	0.19	
28	10.0	Mts ³	3	2	5	2.00	0.29	
29	12.2	Mts ³	4	3	7	1.74	0.25	
30	8.2	Mts ³	3	2	5	1.65	0.24	
31	8.3	Mts ³	2	2	4	2.08	0.30	
32	22.6	Mts ³	4	2	6	3.77	0.54	
33	7.9	Mts ³	2	2	4	1.98	0.28	
34	18.9	Mts ³	6	5	11	1.72	0.25	
35	10.2	Mts ³	2	4	6	1.71	0.24	
36	4.9	Mts ³	1	2	3	1.64	0.23	
37	6.2	Mts ³	1	2	3	2.05	0.29	
	416.4				205	74.34		

Tabla IX. Caudales de agua potable municipal de la ciudad de Escuintla.

Tipo de Caudal	Siglas	Valor del Caudal litros/día
Caudal Total Entrando Diario	CTED	23,668,344
Caudal Real Requerido Diario	CRRD	11,693,380
Caudal Teórico Requerido Diario	CTRD	11,223,000
Caudal de Exceso Diario	CED	470,380
Pérdida Real Total Diaria	PRTD	11,974,964