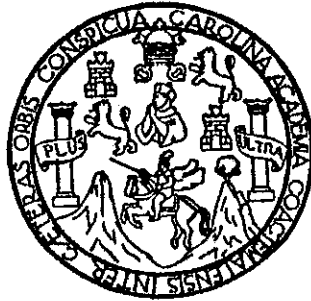


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA UTILIZACIÓN  
DE AGUA PROVENIENTE DE LA DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL EN UNA  
INDUSTRIA DE COSMÉTICOS

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JORGE ESTUARDO ARÉVALO ARAGÓN  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 1999

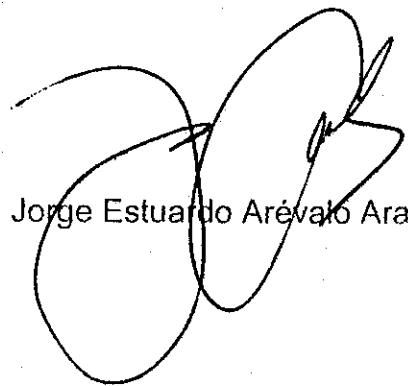
---

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 tesis titulado:

**Estudio de factibilidad técnico económico para la utilización de agua proveniente de la distribución municipal en una industria de cosméticos,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 12 de septiembre de 1997.



Jorge Estuardo Arévalo Aragón

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1°	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2°	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3°	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL 4°	Br. Dimas Alfredo Carranza Barrera
VOCAL 5°	Br. José Enrique López Barrios
SECRETARIA	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN  
GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Julio Chávez Montúfar
EXAMINADOR	Ing. Julio Rivera Palacios
EXAMINADOR	Ing. Otto De León De Paz
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, Diciembre de 1998

Ing. Julio Chávez  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Ingeniero Chávez:

Por medio de la presente hago de su conocimiento que he revisado el Informe Final de Tesis titulado: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA UTILIZACIÓN DE AGUA PROVENIENTE DE LA DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL EN UNA INDUSTRIA DE COSMÉTICOS, del estudiante JORGE ESTUARDO ARÉVALO ARAGÓN, deo constancia de mi aprobación, para proceder a la autorización del respectivo trabajo.

Agradeciendo la atención que se sirva dar a la presente,

  
Licda. Ana Elizabeth Beltrán Paiz  
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 12 de enero de 1,999.

Ingeniero  
Otto de León de Paz  
Director Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

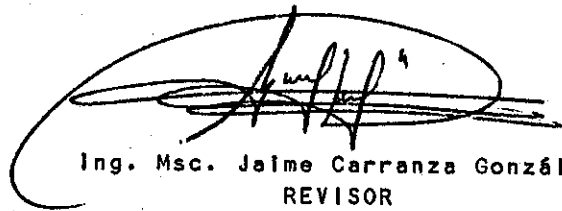
Estimado Ingeniero de León.

Por medio de la presente hago de su conocimiento que he revisado el Informe Final de Tesis titulado: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICO PARA LA UTILIZACION DE AGUA PROVENIENTE DE LA DISTRIBUCION MUNICIPAL EN UNA INDUSTRIA DE COSMETICO, del estudiante Jorge Estuardo Arévalo Aragón, dejo constancia de mi aprobación, para proceder a la autorización del respectivo trabajo.

Agradeciendo la atención que se sirva dar a la presente, lo saluda.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Msc. Jaime Carranza González  
REVISOR



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, Ingeniero Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis del estudiante JORGE ESTUARDO AREVALO ARAGON, titulado: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICO PARA LA UTILIZACION DE AGUA PROVENIENTE DE LA DISTRIBUCION MUNICIPAL EN UNA INDUSTRIA DE COSMETICOS, procede a la autorización del mismo.

Ing. Otto Raúl de León de Paz  
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 15 de febrero de 1,999.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICO PARA LA UTILIZACION DE AGUA PROVENIENTE DE LA DISTRIBUCION MUNICIPAL EN UNA INDUSTRIA DE COSMETICOS** del estudiante **JORGE ESTUARDO AREVALO ARAGON**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

**IMPRIMASE:**

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, 15 de febrero de 1,999.

## DEDICATORIA

**A**            **DIOS**

**A**            **MIS PADRES**  
Mario René Arévalo Ortiz  
Maria Luz Aragón de Arévalo

**A**            **MIS HERMANOS**  
Ana Carolina Arévalo Aragón  
Gustavo Adolfo Arévalo Aragón

**A**            **MI FAMILIA**

**A**            **MIS AMIGOS**  
Roberto Deleón, Estuardo Castañeda, Milton Cifuentes,  
César Calderón, Roger Ríos, Oscar Rossal, Carlos Figueroa,  
Dania Gil, Haydee González, Karin Padilla, Verónica Cobar



## AGRADECIMIENTOS

Al la Licda. Elizabeth Beltrán

Por su valiosa colaboración en la asesoría del presente trabajo.

Al Ing. Jaime Carranza

Por haber dedicado parte de su tiempo en la revisión de este trabajo de tesis.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
GLOSARIO	VI
RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN	IX
OBJETIVOS	X
HIPÓTESIS	XI
1. EL AGUA	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Usos del agua	2
1.3 Ciclo del agua	2
1.4 Parámetros del agua	3
1.4.1 Parámetros físicos	4
1.4.1.1 Olor y sabor	4
1.4.1.2 Color	4
1.4.1.3 Turbiedad	5
1.4.1.4 Temperatura	6
1.4.1.5 Potencial de Hidrógeno	6
1.4.2 Parámetros químicos	6
1.4.2.1 Carbonato y bicarbonato de calcio	6
1.4.2.2 Sulfato de calcio	7
1.4.2.3 Cloruro de magnesio	7
1.4.2.4 Nitrato de sodio	8
1.4.2.5 Bióxido de carbono	8
1.4.2.6 Manganeso	9

1.4.2.7	Hierro	9
1.4.2.8	Oxígeno disuelto	10
1.4.2.9	Nitrógeno	10
1.4.3	Parámetros biológicos	12
1.5	Aguas para usos industriales	14
1.5.1	Agua para uso en operaciones de transferencia de calor	15
1.5.1.1	Calentamiento	15
1.5.1.2	Enfriamiento	16
1.5.2	Procesos de manufactura	17
1.5.3	Generación de energía	17
1.5.4	Usos varios	18
1.6	Calidad de agua para usos industriales	18
1.7	Pozos	19
1.7.1	Generalidades	19
1.7.2	Hidrogeología	24
1.7.3	Aguas subterráneas	28
1.8	Distribución Municipal	29
1.8.1	Purificación del agua	29
1.8.2	Suministro municipal de agua	30
1.8.3	Tratamiento del agua	32
1.8.4	Aguas superficiales	33
2.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	37
2.1	Universo de trabajo	37
2.2	Medios	37
2.2.1	Recursos humanos	37
2.2.2	Recursos materiales	37
2.2.3	Equipos y materiales	38

2.3	Metodología	38
2.3.1	Muestreo	38
2.3.1.1	Selección de los sitios de muestreo	38
2.3.1.2	Frecuencia del muestreo	39
2.3.1.3	Recolección, transporte y conservación de muestras	39
2.3.2	Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua	
2.3.2.1	Análisis fisicoquímico	41
2.3.2.2	Análisis bacteriológico	41
2.3.3	Análisis económico	42
2.3.3.1	General	42
2.3.3.2	Agua de la distribución municipal	42
2.3.3.3	Agua de pozo	43
3.	RESULTADOS	44
3.1	Tablas de resultados	44
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
	CONCLUSIONES	48
	RECOMENDACIONES	49
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
	ANEXOS	52
ANEXO 1	Especificaciones de calidad del agua de la industria en estudio	53
ANEXO 2	Análisis fisicoquímico del agua	54
ANEXO 3	Análisis económico	55
ANEXO 4	Muestra de cálculo	61
ANEXO 5	Diagramas del proceso	63

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Análisis del valor presente neto (V.P.N.) para el agua de pozo	58
2.	Análisis del valor presente neto (V.P.N.) para el agua de la distribución municipal	60
3.	Diagrama del proceso actual	63
4.	Diagrama del proceso en estudio	64

### TABLAS

I	Cuadro resumen de los análisis fisicoquímicos y bacteriológico del agua, según época para cada tipo de fuente en estudio	44
II	Cuadro resumen del análisis económico por medio del valor presente neto de las utilidades en cada fuente estudiada	45

III	Análisis fisicoquímico del agua de pozo	54
IV	Análisis fisicoquímico del agua de la distribución municipal	55
V	Análisis bacteriológico del agua	56
VI	Análisis del valor presente neto (V.P.N.) para el agua de pozo	57
VII	Análisis del valor presente neto (V.P.N.) para el agua de la distribución municipal	59

## GLOSARIO

<b>Acuatubulares</b>	Tipo de caldera que contiene agua en los tubos y fuego en la coraza.
<b>Aerobio</b>	Organismo que se desarrolla en presencia de oxígeno.
<b>Alga</b>	Amplio grupo de microorganismos clorofílicos eucariontes.
<b>Anaerobio</b>	Organismo que se desarrolla en ausencia de oxígeno.
<b>Bacteria</b>	Grupo de microorganismos procarionte.
<b>Calidad del Agua</b>	Son aquellas características físicas, químicas y bacteriológicas, por medio de las cuales puede determinarse si el agua es adecuada o no para el uso al que se destina.
<b>Cieno</b>	Lodo blando que forma depósito en ríos y sobre todo en lagunas o en sitios bajos y húmedos.
<b>Gérmenes</b>	Principio rudimental de un nuevo ser orgánico.

<b>Limo</b>	Barro o lodo.
<b>Mucilaginoso</b>	Substancia viscosa que se halla en ciertas partes de algunos vegetales, o se prepara disolviendo en agua materias gomosas.
<b>Nemátodo</b>	Orden de gusanos nematelmintos que comprenden aquellos cuyo cuerpo es prolongado, cilíndrico y filiforme.
<b>Organismo Patógeno</b>	Organismo capaz de producir daño a un huésped e infectarlo.
<b>Pirotubulares</b>	Tipo de caldera que contiene fuego en los tubos y agua en la coraza.
<b>ppm</b>	Abreviatura de partes por millón; para líquidos y sólidos es el número de soluto por millón de gramos de muestra.
<b>Virus</b>	Elemento genético que contiene ya sea DNA o RNA y que es capaz de alternar entre estados intracelulares y extracelulares constituyendo este último el infeccioso.



## RESUMEN

Este informe presenta los resultados de una investigación sobre la factibilidad tecno-económica al utilizar agua de distribución municipal de la Ciudad de Guatemala, comparándola con la de un pozo propio, para la elaboración de cosméticos. Se evalúan los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que la industria requiere para su utilización; y se determina la mejor opción económica de inversión.

Se toman doce muestras en cada época climática (invierno y verano), según los procedimientos estipulados y se determinan las características indicadas. De lo mismo se concluye que el agua de la distribución municipal es apta para su utilización en la manufactura de cosméticos.

El análisis económico se determina utilizando como base el caudal necesario para la planta de procesos, de donde se encuentra que la recuperación de la inversión es Q.859,033.25 a una tasa de rendimiento del 20% en un lapso de 10 años, lo cual es económicamente rentable al compararse con la del pozo.

## INTRODUCCIÓN

El agua en estado natural, posee ciertas características físicas, químicas y biológicas que le imparten su extraordinaria importancia en las industrias manufactureras y de servicios; por lo tanto, el control y aprovechamiento de sus propiedades es una tarea encaminada hacia el mejoramiento de la calidad del agua utilizada.

Dentro de la evaluación de la calidad del agua se encuentran; por un lado, los objetivos y normas para el logro de su potabilidad y por otro, los requisitos de calidad para su utilización en un proceso específico de manufactura.

De esta forma, la calidad del agua que se va a utilizar debe ser evaluada, para determinar sus características físicas, químicas y bacteriológicas exigidas por las normas que regulan sus diferentes usos benéficos.

El lector se involucrará a continuación en el estudio de la calidad y composición del agua de distribución municipal y su comparación con el agua de pozo que actualmente se utiliza en una industria manufacturera de cosméticos. Así mismo se presentaran alternativas de tratamiento para minimizar los costos de fabricación de los cosméticos que se producen.

Para realizar el muestreo se utilizaron dos fuentes, el agua de pozo almacenada en un tanque anterior a su entrada al proceso y el agua de la distribución municipal de un grifo en las afueras de la planta.

## **OBJETIVOS**

### **GENERALES:**

Investigar la factibilidad técnica y económica del agua proveniente de la distribución municipal de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA), para su uso en la elaboración de cosméticos.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Comparar la calidad del agua proveniente de la distribución municipal de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA), y la del pozo (actualmente en uso) para la elaboración de cosméticos.
2. Comparar la factibilidad tecno-económica entre el agua de la distribución municipal de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA) y la actualmente usada (pozo) en la elaboración de cosméticos.

## **HIPÓTESIS**

### **GENERAL:**

Es factible utilizar técnica y económicamente el agua proveniente de la distribución municipal de la Ciudad de Guatemala en la elaboración de cosméticos.

### **ESPECÍFICA:**

Es posible que la calidad del agua proveniente de la distribución municipal cumpla con los parámetros requeridos por la industria en cuestión.

# 1. EL AGUA

## 1.1 Generalidades

El agua es una combinación de hidrógeno y oxígeno ( $H_2O$ ); es un líquido insípido, incoloro, inodoro, que en su composición pura, es difícil de obtener, ya que casi cualquier sustancia es soluble en ella. Es una mezcla de diferentes moléculas debido a la existencia de los diferentes isótopos del hidrógeno y oxígeno, esta complicación unida a su polaridad hace que todas sus constantes físicas sean anormales (1, 47)\*. Se sabe que el agua se presenta en las condiciones naturales en uno de los tres estados: gaseoso, líquido o sólido y su importancia fisicoquímica es tal, que las temperaturas de transformación de un estado a otro han sido tomadas como puntos fijos. Es por lo tanto, un líquido con grandes anomalías, entre las cuales se encuentran como más importantes (1,48):

El valor máximo de su densidad se da en estado líquido a 3.98 °C.

El agua se expande al solidificarse

Tiene una tensión superficial muy elevada

Calor específico muy elevado

Un gran calor latente de fusión

Conductividad térmica elevada

Fuerte poder ionizante y constante dieléctrica elevada

Gran poder disolvente

Propiedades de combinación y oxidantes.

---

\*/ En el sistema para indicar referencias bibliográficas utilizado en el presente trabajo de tesis, se indican dos números entre paréntesis; el primero indica el número al que corresponde el libro en la sección de referencias bibliográficas y el segundo, el número de página de donde se tomó la cita en ese libro.

## 1.2 Usos del agua

Doméstico: bebida, usos domésticos.

Comercial: higiene, vías de comunicación.

Industria: fuente de energía, manufactura, fabricación.

Agrícola: riegos, lavado de terrenos.

Público: demanda de incendios, higiene de poblaciones, etc.

Para la mayoría de estos usos, es primordial la calidad del agua, ya que ligeras variaciones en el contenido de alguna de las sustancias presentes pueden alterar su calidad, y la puede convertir en inservible y, a veces altamente peligrosa para la salud (2, 54).

## 1.3 Ciclo del agua

El agua sigue un ciclo por el cual cambia de estados en la naturaleza; este ciclo se denomina Ciclo Hidrológico, y es a través de él que el agua obtiene sus distintos contaminantes (3,150). Las aguas que en forma de lluvia caen sobre la tierra, o bien discurren por la superficie de la misma, se infiltran para circular por su interior, y constituyen las aguas subterráneas. El agua posteriormente se evapora en los océanos debido al calentamiento solar y forma nubes de humedad. El aire húmedo se mezcla con aire más frío, se desplaza a zonas más frías, y se inicia la condensación de las nubes, en forma de lluvia, que cae nuevamente a la tierra (4, 77). El agua que se aprovecha del ciclo hidrológico se divide en tres tipos de fuentes:

Fuentes de agua atmosférica, que es el agua que se condensa de las nubes y se precipita en forma de lluvia, granizo o nieve.

Fuentes de agua superficial, que es el agua que contiene los océanos, mares, lagos, ríos y pantanos.

Fuentes de agua subterránea, que es el agua de manantiales, pozos y galerías de infiltración.

#### **1.4 Parámetros del agua**

Conforme la lluvia cae puede absorber oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno, polvo y otras impurezas contenidas en el aire y también disolver sustancias minerales en la tierra (5,61). Esta contaminación puede acrecentarse además con ácidos procedentes de la descomposición y combustión de materia orgánica.

Las sustancias contenidas por el agua se clasifican en disueltas y en suspensión (sedimentarios, flotantes y totales). En el grupo de las sustancias disueltas se incluyen: bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, nitratos, cloruros, óxido de hierro, sílice y gases tales como: oxígeno y bióxido de carbono. El grupo de materiales en suspensión comprende: limo, arena, arcilla y materia vegetal (6, 59).

Las impurezas biológicamente activas se pueden clasificar como: bacterias, virus, algas, protozoarios, nemátodos y hongos (7, 38).

### 1.4.1 Parámetros físicos

#### 1.4.1.1 Olor y sabor

Desde el punto de vista fisiológico, los sentidos del gusto y del olfato están íntimamente relacionados, puesto que las papilas linguales y los órganos olfatorios detectan estímulos simultáneos y complementarios, de tal modo que la percepción organoléptica de sabor y olor se confunde generalmente con una sola. El olor y el sabor pueden ser debidos a la presencia en el agua de compuestos químicos como: fenol, cloro, materia orgánica en descomposición o ciertos organismos (2, 60). Los olores y sabores desagradables convierten a las aguas en no aptas para muchos procesos industriales. Estas son intolerables en bebidas y productos alimenticios, y se pueden clasificar con base en olores específicos de la siguiente manera (6, 75):

Olor	Compuesto causante
Putrefacto	Acido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)
Pescado	Aminas
Gusano	Sustancias fosfatadas
Tierra	Humus

#### 1.4.1.2 Color

Todas las aguas presentan una tonalidad diferente dependiente de muy variadas circunstancias. La tonalidad del color del agua tiene su origen en causas internas y externas.



Las primeras son debidas a los materiales disueltos y suspendidos en la misma agua; y las segundas, las externas, tienen su origen en la absorción de las radiaciones de mayor longitud de onda. No se puede establecer ninguna relación entre el color y la polución.

El color se encuentra principalmente en las aguas superficiales o en algunos pozos poco profundos y manantiales; el agua de pozos profundos son incoloras, con excepciones en las cuales existen minas de hierro y manganeso (2, 68). El mismo se puede clasificar en verdadero y aparente. Las aguas muy coloreadas son objetables para muchos procesos industriales y, en general, no se aceptan para agua de alimentación de calderas. Para consumo humano, deben desecharse por razones estéticas.

#### **1.4.1.3 Turbiedad**

Turbiedad es cualquier impureza finamente dividida en forma coloidal, cualquiera que sea su naturaleza y que disminuye su claridad. Un alto grado de turbiedad puede proteger a los microorganismos de los efectos de desinfección y estimular el desarrollo de bacterias. En consecuencia, en todos los casos en que se desinfecta el agua, la turbiedad debe ser escasa (preferiblemente inferior a 1 UTN) para que el procedimiento resulte eficaz. El valor guía es de 5 unidades de turbiedad nefelométrica (UTN) o 5 unidades de turbiedad de Jackson (UTJ), pero preferiblemente inferior a 1 UTN cuando se practica la desinfección.

#### **1.4.1.4 Temperatura**

La temperatura es otro de los parámetros físicos que tienen una importancia grande en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el agua como la solubilidad de los gases y de las sales, las reacciones biológicas (las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse), etc. Este parámetro permite normalizar numerosas pruebas físicas, químicas y biológicas (6, 85).

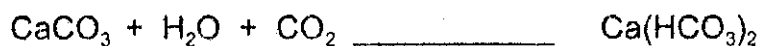
#### **1.4.1.5 Potencial de hidrógeno**

Es importante determinar este parámetro, ya que la mayoría de las aguas naturales superficiales tienen valores de pH entre 5.5 a 8.6 unidades. La alteración excesiva fuera de este límite puede indicar contaminación de la fuente de agua de algún desecho de tipo industrial (8, 125). Un agua con el pH menor que 6.0 será fuertemente corrosiva para los metales ya que aumenta la concentración de iones hidrógeno.

### **1.4.2 Parámetros químicos**

#### **1.4.2.1 Carbonato y bicarbonato de calcio**

Aproximadamente todas las aguas contienen bióxido de carbono o ácido carbónico gaseoso. Cuando el agua que contiene este gas entra en contacto con piedra caliza, actúa como un ácido formando el carbonato de calcio o bicarbonato de calcio, de acuerdo con la reacción:



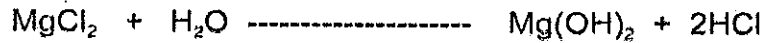
En tanto haya suficiente bióxido de carbono en el agua, esta sal permanece en solución; por ebullición, se inicia el proceso inverso; se descompone el carbonato ácido de calcio, se libera el bióxido de carbono, y regresa el carbonato de calcio. Puesto que este último no es muy soluble en el agua, se separa de la solución como una sustancia sólida, blanca y cristalina.

#### **1.4.2.2 Sulfato de calcio**

Su fórmula es  $\text{CaSO}_4$ . Esta sal ( $\text{CaSO}_4$ ) es conocida familiarmente como yeso. Contiene cierta cantidad de agua en sus cristales. Si esta agua es parcialmente separada, se forma lo que se conoce como Yeso de París. Las cualidades de fraguado de esta sustancia se deben a su reabsorción de agua y formación de cristales. El sulfato de calcio es bastante soluble en agua a temperaturas ordinarias. Cuando la temperatura de la solución se eleva arriba del punto de ebullición del agua a presión atmosférica, el sulfato de calcio viene a ser menos soluble. Cuando el agua se concentra bajo alta presión y temperatura, el yeso se precipita y se deposita como una incrustación muy dura y fina.

#### **1.4.2.3 Cloruro de magnesio**

Su fórmula es  $\text{MgCl}_2$ . Esta es una sal ( $\text{MgCl}_2$ ) muy soluble en el agua que reacciona con esta, en la interfase agua-metal de una manera similar al sulfato de magnesio, de acuerdo con la reacción:



El ácido clorhídrico (HCl) corroe el metal. El grave inconveniente que presentan los cloruros es el sabor desagradable que dan al agua. Prácticamente su efecto nocivo es nulo (9, 234).

#### **1.4.2.4 Nitrato de sodio**

Su fórmula es  $\text{NaNO}_3$ . Esta sal ( $\text{NaNO}_3$ ) es extremadamente soluble y su único efecto es que contribuye a la corrosión, debido a que libera rápidamente parte de su oxígeno.

#### **1.4.2.5 Bióxido de carbono**

Se supone que el agua sea pura, pero esto no ocurre en la naturaleza, pues la misma tiene en disolución otras sustancias, diversos cationes que modifican estos equilibrios. Atendiendo a que los cationes más frecuentes son Ca, Mg y Na; podemos encontrar en una agua natural, además del bióxido de carbono y el ácido carbónico, el bicarbonato y el carbonato de cada uno de estos tres iones. El bióxido de carbono que se disuelve en el agua puede estar en las formas de  $\text{CO}_2$  libre y  $\text{CO}_2$  combinado, el combinado es el que forma carbonatos y el libre está en forma de ácido carbónico (1, 60). Este gas es por naturaleza corrosivo y en presencia de oxígeno es un factor acelerante de la corrosión.

#### 1.4.2.6 Manganese

No se encuentra libre en la naturaleza; este elemento se encuentra comúnmente en el organismo, y es un activador de ciertas enzimas; cuando se ingiere en grandes dosis, es un veneno que afecta fundamentalmente el sistema nervioso central. No se encuentra formalmente en las aguas naturales; solamente en casos excepcionales en las aguas ácidas, generalmente asociado al hierro y en el caso de una polución industrial (7, 50).

Su presencia en agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que producen la formación de depósitos insolubles de estas sales (1,75). Las bacterias formadas producen un limo que hace una acción de taponamiento de conductos.

#### 1.4.2.7 Hierro

Se encuentra disuelto en muchas aguas naturales fundamentalmente en las aguas subterráneas, ya que las sales solubles son en general las ferrosas. Principalmente se encuentra disuelto en forma de bicarbonato ferroso  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ .

El hierro también da origen a microbios que presentan acumulaciones de óxido férrico en las canalizaciones y depósitos. Es un constituyente normal del organismo y sus sales no son tóxicas en pequeñas cantidades. Comunica al agua un sabor astringente, aunque tiene este sabor, no quiere decir que el agua es impotable (9, 245).

Los suministros de agua que contienen más de 0.1 ppm de hierro son perjudiciales para casi todos los usos industriales, y para muchos de ellos la tolerancia no debe exceder a 0.1 ppm. El hierro produce problemas en casi todo tipo de industria al exceder esta cantidad, por ejemplo, en las industrias de cuero les produce muchas manchas y decoloraciones, y causa pérdidas en el blanqueo.

#### **1.4.2.8 Oxígeno disuelto**

Las agua superficiales están saturadas de oxígeno, mientras las subterráneas son pobres en el mismo o carecen de él, como consecuencia de haber sido consumido por la oxidación de la materia orgánica del suelo.

El agua potable debe contener cierta cantidad de oxígeno disuelto, ya que acelera sus propiedades corrosivas; la velocidad de corrosión es proporcional a la cantidad de oxígeno disuelto y está influida igualmente por la temperatura (a mayor temperatura mayor corrosión) y el pH (a menor pH mayor corrosión) (10, 312).

#### **1.4.2.9 Nitrógeno**

Es un gas inerte y no tiene ningún efecto corrosivo; se debe de considerar en sus formas albuminoideo, amoniacal, de nitritos y de nitratos. El agua de lluvia contiene trazas de amoníaco que tiene su origen en la atmósfera.

Las aguas superficiales, si están bien aireadas, no deben contener normalmente amoníaco, en lo que respecta a aguas subterráneas no se puede prever nada.

A veces, aguas subterráneas de buena calidad contienen trazas de amoníaco. Esta agua es potable, aunque frecuentemente tiene un sabor y olor a cieno, que la hace repugnante para ingerirla. Las aguas subterráneas poco profundas en general tienen siempre amoníaco. La presencia de amoníaco en un agua favorece la multiplicación de los microbios, por lo que cuando este compuesto esté presente, será muy elevado el número total de bacterias; esta presencia de amoníaco es considerada como una contaminación reciente y peligrosa; el contenido de amoníaco en el agua no debe sobrepasar de 0.5 a 0.6 ppm.

En lo que respecta a los nitritos, de aguas que lo contengan se debe sospechar de su potabilidad. En las aguas superficiales se encuentran cuando están polucionadas con aguas negras o residuos orgánicos y que están en período de autodepuración. En las aguas subterráneas, se pueden encontrar a veces la presencia de nitritos que la impotabiliza. Además de que su presencia indica una polución con la consiguiente presencia de microorganismos patógenos, presenta una cierta toxicidad como consecuencia de su acción metahemoglobizante e hipotensiva.

### 1.4.3 Parámetros biológicos

Son las impurezas presentes en el agua como los microorganismos coliformes, estreptococos fecales, ferrobacterias, sulfobacterias, algas, bacterias productoras de limo, virus, huevos, nemátodos, etc. (1, 215).

Muchos de estos organismos forman costras en tuberías o se forman a menudo desprendiéndose en grandes masas bloqueando el flujo en válvulas, tuberías, bombas, etc. Las tolerancias, para estos parámetros, dependen del tipo de aplicación que se le va a dar al agua. Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del ser humano. Su presencia en el agua indica contaminación fecal. Muchas bacterias elaboran materiales gomosos o mucilaginosos, ya como estructuras capsulares o como excreciones extracelulares (1, 220).

Las ferrobacterias son los microorganismos del agua más molestos en la industria, pues transforman los compuestos solubles de hierro en insolubles. El depósito y acumulación de estos materiales en los sistemas de tuberías acaba por obstruir el paso del agua. Estas además de producir limo, colorean el agua y la hacen fétida y de sabor desagradable. Mientras las sulfobacterias pueden producir y tolerar fuerte acidez.



Cuando el agua se expone a la luz, se desarrollan algas que según algunos microbiólogos equivalen a la maleza de un jardín; las hay en todos los ambientes acuáticos y entre sus características indeseables están producir turbiedad, coloración, olor y sabor al agua.

El agua tratada o sin tratar que circula por un sistema de distribución no debe contener ningún microorganismo que puede ser de origen fecal. La presencia de gérmenes del grupo coliforme definido como a continuación se indica, ha de considerarse como un indicio de contaminación fecal más o menos reciente, y por lo tanto peligrosa, que exige la aplicación de medidas urgentes.

El grupo coliforme comprende todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos gramnegativos no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a 35-37° Celsius en menos de 48 horas.

A los efectos del análisis sanitario del agua, el grupo coliforme fecal se define como un bacilo gramnegativo no esporulado, que fermenta la lactosa con producción de ácido y de gas a 44° Celsius en menos de 24 horas. La presencia de microorganismos del grupo coliforme indica una alta posibilidad de presencia de organismos patógenos en el cuerpo de agua; éstos no aislan en el examen por las siguientes razones:

- a) Lo más probable es que los gérmenes patógenos lleguen al agua esporádicamente y no sobreviven en ella durante largo tiempo, por ende, pueden no encontrarse en las muestras enviadas al laboratorio.

- b) Si existen en muy pequeño número, es fácil que escapen a las técnicas de investigación.

Es sabido que estos microorganismos llegan a los cuerpos de agua a través de las deyecciones intestinales, por lo que el examen que habitualmente se practica al agua, consiste en la investigación en el intestino grueso del hombre y otros animales de sangre caliente. Estas especies de por sí no son patógenas, se asocian a menudo con los organismos que sí lo son y son un buen índice del grado de seguridad bacteriológica de un cuerpo de agua.

### **1.5 Agua para usos industriales**

Para la industria, el agua es un factor de vital importancia; debido a esto en todo desarrollo industrial deben de tomarse en cuenta varios aspectos relacionados a la calidad y suministro del agua. La industria debe de contar con un suministro abundante para cubrir sus necesidades, disponibilidad de la misma a suficientes niveles de flujo y presiones, así como de una calidad apropiada para los usos que se requieren (11, 325).

La industria usa el agua para varias aplicaciones; las más importantes son:

- a) Operaciones de transferencia de calor.
- b) Procesos de manufactura.
- c) Generación de energía.
- d) Usos varios.

Es aquí donde se muestra la importancia del agua en lo que es el renglón industrial, el agua para cada industria tendrá diferentes especificaciones que deberá cumplir; éstas no han sido aún normadas en nuestro país. Para la mayor eficiencia de su uso, se han realizado estudios y han sido determinados los parámetros que se deben tomar en cuenta y los estándares que se van a comparar en las diferentes industrias. Uno de estos estudios ha sido el seminario taller Normas de Calidad de Agua realizado en la ciudad de Panamá en 1986, y los datos que se ofrecen se han tomado como la Propuesta de Norma Catie. Este estudio ofrece los valores promedio requeridos para el agua de alimentación de las principales industrias que operan en el área centroamericana.

### **1.5.1 Agua para uso en operaciones de transferencia de calor**

#### **1.5.1.1 Calentamiento**

El agua, debido a sus propiedades termodinámicas y a su bajo costo, ha sido utilizada en la industria, para la operación de transferencia de calor. Gran parte de las operaciones de calentamiento en la industria se realizan utilizando vapor de agua como el medio de transferencia de calor, el cual posee una capacidad calorífica alta y altos coeficientes de transferencia térmica. Se ha comprobado que un alto porcentaje de la energía que consume la industria se utiliza en la producción de vapor para procesos industriales (12, 211).

El vapor de agua es producido en una caldera, la cual consiste esencialmente en un recipiente que contiene agua que se transforma en vapor por la aplicación de calor. Para llevar a la práctica esta función básica, los diseñadores han concebido innumerables configuraciones y variaciones de esencialmente dos tipos generales de calderas: piro-tubulares y acuotubulares.

En cada caso, sin embargo, la función de la caldera es transferir el calor de los gases de combustión al agua alimentada, para llevarla al punto de ebullición a una presión de operación determinada (8, 525).

#### **1.5.1.2 Enfriamiento**

El agua se utiliza en la industria también para enfriar en diferentes pasos del proceso. Para esto existen tuberías especiales de enfriamiento, intercambiadores de calor, tanques con chaqueta, etc. El agua se utiliza en un sistema de recirculación donde enfría el proceso y luego pasa a una torre de enfriamiento y vuelve al proceso.

Con el crecimiento en número y tamaño de las plantas manufactureras de todo tipo, acompañado por tasas más altas de calor de rechazo, la necesidad de torres de enfriamiento han aumentado en gran cantidad. Estas tendencias se unen a aspectos ambientales, que incluyen conservación de agua y limitaciones en las descargas térmicas y químicas (2, 301).

El objetivo de una torre de enfriamiento es enfriar agua para poder utilizarla muchas veces. El agua caliente, generalmente procedente de un condensador u otro aparato de transmisión de calor, se introduce en la parte posterior de la torre y mediante un sistema de distribución de líquido, cae en forma de cascada sobre un enrejado de madera que proporciona grandes áreas de contacto entre el aire y el agua. En la torre, se evapora parte del agua en el aire y se transmite calor sensible desde el agua caliente hacia el aire más frío, dando lugar ambos procesos a un enfriamiento del agua. El balance de agua se efectúa realizando una pequeña reposición del líquido al sistema, para compensar las pérdidas por evaporación y por arrastre (12, 225).

### **1.5.2 Procesos de manufactura**

El agua puede tomar parte en los procesos de la industria en diferentes formas, ya sea como materia prima para lavado, como medio de transportación, etc. Dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar, el proceso y el tipo de industria lo que regirá para determinar parámetros de calidad requeridos. Como ya se explicó anteriormente, ha sido ya descrita una Propuesta de Norma Catie, que indica los valores promedio requeridos, de los principales tipos de industria en Centroamérica (7, 69).

### **1.5.3 Generación de energía**

La energía puede ser obtenida a partir del uso del agua en equipos como turbinas y otros.

Esta agua, en general, debe de cumplir con varios requerimientos que pueden ser tomados como los mismos valores del agua para calderas. En general, el agua no debe de ser de carácter incrustante ni corrosiva. La generación de energía puede ser a partir de generadores de vapor o turbinas hidráulicas; esta energía se utiliza aun en varias industrias para accionar maquinaria al generar electricidad o por transmisión de energía mecánica (5, 102).

#### **1.5.4 Usos varios**

El agua es una materia prima abundante y de bajo costo para la industria; de esta forma ha sido encontrado su uso en varias aplicaciones: material sellante de bombas centrífugas o se puede emplear en embragues hidráulicos, para poner en marcha o detener una carga impulsada, o bien para ajustar su velocidad; también se utiliza como un blindaje para la protección de personal que labora en plantas nucleares, y lo guarda de la radiación; así como para limpiar a presión o enfriar los cortes en láminas metálicas (8, 615).

#### **1.6 Calidad del agua para usos industriales**

El agua que se consume en la industria debe de ser generalmente examinada para tener una medida de los parámetros que indican si cumple con la calidad necesaria para el tipo de industria especificada. El agua siempre posee impurezas, las cuales se adquieren durante el ciclo hidrológico que sigue naturalmente.

Las impurezas consisten principalmente en sustancias minerales y gases en solución, pero también deben de considerarse los parámetros físicos y bacteriológicos, los cuales deben de cumplir con estándares ya establecidos según el tipo de industria.

## **1.7 Pozos**

### **1.7.1 Generalidades**

Constan de la parte superior o boca, la parte inferior o caldera y los costados o paredes. Es su sección, por lo general, circular, pero los hay rectangulares, especialmente entre los pozos de noria.

Cuando se destinan a la captación de agua y ésta se halla a presión en la capa por donde circula, de modo que en virtud de la misma el líquido asciende a la superficie, se llama al pozo, pozo artesiano. Suele llevar el pozo un antepecho o brocal, para descanso de los cubos o aparatos destinados a sacar el agua.

En general, para que haya posibilidad de establecer un pozo es preciso convencerse de que existe una capa permeable más o menos profunda y que ésta es asiento, efectivamente de una corriente. Si la capa permeable esta situada entre dos impermeables que se hallan en el subsuelo de un valle, se tiene una capa artesiana si esta capa recibe las condensaciones o corrientes en sitios más o menos altos. Conocida mediante sondeos la configuración de las capas y su buzamiento, es posible prever, en un punto determinado, cuál será la longitud del pozo.

En el subsuelo existen corrientes de agua como en la misma superficie. Aun podríamos decir, que es más corriente el hallar agua a cierta profundidad que en la superficie. Sólo la velocidad es, en general, más pequeña, debido al mayor rozamiento. Diques subterráneos de captación y pozos de alumbramiento permiten en tales casos detener o achicar el agua. Un análisis o sondeo puede revelar la existencia de capas permeables e impermeables. En el thalweg de una permeable a la que sirve de asiento una impermeable, es fácil hallar agua. En los mencionados thalwegs, si son próximos a la superficie, suele haber humedad, pantanos, mosquitos, rocío.

En general, puede decirse que si el suelo es seco, ello es debido o a que la capa permeable es profunda o que asienta sobre una capa impermeable. Y si es húmedo, a que la capa permeable es superficial o a que la capa impermeable no es profunda. Si el terreno es llano, suele ser favorable a la existencia, de capas acuosa; las anchas márgenes de los ríos, por ejemplo, suelen contener capas subterráneas de agua en los llanos que determinan.

Hay dos clases de pozos: los de agua telúrica y los artesianos. El agua telúrica es extraída por medio de pozos propiamente dichos, ó de tubos. La experiencia ha enseñado que, debajo de la primera capa de agua, telúrica alcanzada, existe una segunda capa acuífera, y, á veces, una tercera. Tan pronto como en una de estas perforaciones se introduce una vena líquida, alimentada por un depósito situado más arriba, sale el agua por la abertura. Estos son los pozos denominados artesianos.



En los pozos propiamente dichos (pozos anchos) se impurifica mucho el agua. A la verdad, allí donde se ha evitado siempre la impurificación del suelo y la del agua telúrica que alimenta los pozos, el agua puede aproximarse, en sus cualidades, la de un manantial puro. Los pozos artesianos, y principalmente los hondos, dan, por lo general, un agua limpia y sana. Los pozos hondos, o las perforaciones en las areniscas rojas, en las formaciones eolíticas o cretáceas, suministran, por lo común, agua abundante, casi siempre procedente de capas superiores del terreno, puesto que estas rocas pueden filtrar con facilidad el agua y ésta se reúne profundamente en el suelo, constituyendo grandes depósitos. El agua que atraviesa con lentitud por gruesas capas de rocas porosas, aireadas y por tierra, alcanza un alto grado de pureza.

Otras propiedades diferentes presentan el agua de pozo, que procede del subsuelo de una ciudad. Estos pozos superficiales, que por regla general sólo tienen una profundidad de 4 a 8 metros, lo más 15, se impurifican casi de continuo por los residuos orgánicos y las aguas de desecho. Las sustancias de desecho, infiltradas incesantemente en el suelo durante muchos años, son conducidas a la profundidad, y se unen, en estado de disolución, al agua del pozo; a menudo caen directamente dentro de los pozos líquidos que filtran del estiércol e inmundicias, a causa, por regla general, de un cierre insuficiente de los estercoleros, letrinas, etc. Los compuestos solubles, cloro, amoníaco, etc., están entonces en gran cantidad. Casi nunca falta el ácido nítrico, y casi siempre existe la mitad más de cloruros alcalinos. La cantidad de ácido nítrico es frecuentemente tanta que, calentando el agua, se desprenden en gran cantidad vapores de ácido nitroso.

Por lo anteriormente referido, modernamente se prescinde de los pozos ordinarios para atender a la necesidad de agua de las ciudades. En cambio, las aldeas, los pueblos pequeños, los edificios asilados, las cárceles, las fábricas, etc., no tienen más remedio que proveerse de agua de pozo.

Este debe estar protegido en su totalidad contra las impurezas que pueden penetrar por los lados o por la parte superior. Las paredes del pozo deben tener un espesor tal, que se haga imposible la penetración de las aguas procedentes del exterior. Para esto deben emplearse ladrillos vidriados o azulejos. También pueden protegerse los pozos contra las impurezas del exterior mediante un revestimiento interior de  $\frac{1}{2}$  a 1m, hecho de arcilla humedecida.

Para que el agua se conserve limpia y para evitar que llegue hasta ella el polvo atmosférico y las impurezas de la superficie, el pozo debe tener un brocal, y éste hallarse cubierto por una caja que sobresalga lo suficiente y que esté protegida de un modo apropiado. La abundancia de un pozo puede ser determinada midiendo la altura del nivel a que queda el agua después de extraída en parte mediante una bomba; también se mide el tiempo durante el cual el agua vuelve a alcanzar su primitiva altura. Debe, no obstante, hacerse constar que la abundancia de un pozo, en diferentes y distintas circunstancias, sufre importantes oscilaciones. Por término medio, 1m<sup>2</sup> de superficie suministra de 50 a 60 litros de agua por minuto. El pozo debe estar libre y, alrededor, enlosado y provisto de un desagüe regular. Las canales, los tubos de desagüe y otros semejantes, nunca han de estar en la proximidad del pozo.

El agua primeramente extraída con la bomba, se deja siempre correr, sin utilizarla. Cuanto más tiempo hace que el pozo está fuera de servicio, tanta más agua debe ser sacada antes de aprovecharla de nuevo. La cavidad del fondo del pozo no debe ser demasiado grande, a fin de que se impida en lo posible la estancación del agua y de que pueda lavarse rápidamente por medio del agua telúrica que entra de nuevo.

Los pozos ordinarios se utilizan también muchas veces para la provisión central de agua, y a este fin deben escogerse siempre subsuelos sobre los cuales no haya edificios, libres de toda clase de impurezas, prados o bosques. Modernamente se han recomendado mucho los pozos de tubos.

Estos pozos, en su forma más sencilla, constan de tubos de hierro forjado, que tienen en uno de sus extremos una punta de acero y en la parte superior de ésta una perforación, que comunican con el tubo de hierro, cubiertas con una tupida red de alambre de cobre. Los tubos se introducen en el suelo, añadiéndose uno o varios, según las necesidades, para introducirlos más hondo. Como el terreno no se revuelve por las excavaciones, cual en los pozos ordinarios, fácilmente puede recogerse el agua en tubos limpios, libres de gérmenes, tan pronto como se ha penetrado en las capas más profundas del suelo.

También cuando se ha de proveer de agua a una ciudad, se ha aplicado dicho sistema. En otros casos, se introduce en el suelo muchos tubos, unidos entre sí formando uno solo, y el agua se extrae mediante una bomba, se colocan a la profundidad de 28 a 35m muchos tubos de 10 a 15cm de diámetro. Es de una especial importancia escoger el sitio en que se ha de emplazar el pozo, sea ordinario o de tubo. La extensión, la vertiente, la dirección y la duración del recipiente de agua telúrica exigen ser examinados con el mayor cuidado posible. Si la profundidad a que está el agua es de 1m por debajo del suelo, se saca mediante una bomba o un cubo. Hasta 12m de profundidad sirve una bomba aspirante sencilla con un tubo de aspiración más o menos profundo y válvula de retención.

Cuando el agua subterránea tiene poca profundidad es preciso adoptar un tubo simple de conducción de 5 a 7cm de diámetro, que se lleva a la profundidad necesaria para que el agua salga fresca y libre de bacterias, a cuyo fin se adapta un cesto filtrante interior cubierto de gasa fina que puede recogerse luego y con él la arena depositada en el fondo.

### **1.7.2 Hidrogeología**

La configuración geológica regional determina dentro de las cuencas hidográficas del Valle de Guatemala, por la naturaleza estructural de las formaciones subyacentes al gran relleno cuaternario y las características litológicas de este último, acuíferos generalmente libres en los primeros cien metros.

Sin embargo, dentro de la estratificación de los sedimentos volcánicos cuaternarios (pómez, cenizas, etc.) se intercalan paleosuelos algunos de regular importancia, sedimentos consolidados y sedimentos lacustres, que dan lugar a la formación de acuíferos confinados y semiconfinados de pequeña a mediana importancia por la potencia de los materiales confinantes y confinados. Por otro lado y como consecuencia de las fallas y fracturación existente en los flancos oriental y occidental del Valle así como en la parte sur del mismo, existen formaciones con alguna porosidad de fisuras, principalmente en las rocas volcánicas terciarias (andesita, dacita, riodacita y tobas), así como en las calizas cretácicas que afloran en la parte norte. Manifestaciones de "permeabilidad en grande" se conocen en las inmediaciones del lago de Amatitlán, de las cuales emergen caudales de regulares a pequeños y de naturaleza termomineral.

Algunas otras, pero más superficiales, se han encontrado en la parte central (ciudad de Guatemala), durante la excavación de un colector, por la Municipalidad de Guatemala.

De acuerdo con la estructura tectónica, la naturaleza litológica y la sucesión estratigráfica de las formaciones; podemos definir la siguiente unidad hidrogeológica:

## Acuíferos en rocas volcánicas macizas

La estructura en graben que comprende la parte superior y central de las cuencas hidrográficas del Villalobos y las Vacas, limitada lateralmente por una serie de fallas sobre las rocas terciarias y cuaternarias, las cuales desarrollan una red de fracturas hidrológicamente practicables; es decir abiertas y comunicadas entre ellas. Su importancia es considerable por la naturaleza de los sedimentos superpuestos que constituyen un buen medio para retener y alimentar este tipo de acuíferos; dada su extensión superficial y su espesor. Una manifestación importante de esta unidad hidrogeológica la constituye el manantial "Ojo de Agua", el cual emerge de un afloramiento terciario de dacita bien fracturada con un caudal mínimo de verano de 257lt/s, y un coeficiente de irregularidad de 1.5 para 6 días de observación. Circulaciones de menor importancia fueron encontradas en el relleno cuaternario durante la perforación de un colector, en el cual se han observado caudales del orden de 45lt/s

Tanto el graben como el complejo de fallas del volcán de Pacaya y la fosa del lago de Amatitlán; constituyen una gran unidad hidrotermal de origen más profundo y con emergencia de regular importancia localizadas en la región de Lago y directamente sobre algunas de las fallas.

Según el tipo de formación de que se trate, se pueden distinguir dos unidades hidrogeológicas características:

- A. Sedimentos volcánicos fundamentalmente piroclásticos
- B. Aluviones fluviales, lacustres y conos de deyección.

Dentro del primer tipo, la localización, límites y diferenciación entre unidades más pequeñas no es tan rigurosa, tratándose en general de un mismo tipo de formación en una gran unidad geográfica. Resulta, sin embargo, cómodo distinguir dentro de ella otras unidades más pequeñas, según otro tipo de consideraciones: naturaleza de la alimentación, relación hidrogeológica, posición topográfica y geográfica, así como a las características morfológicas del substractum. En este orden de ideas se pueden diferenciar las siguientes unidades:

- a) Relleno cuaternario en el altiplano central
- b) Relleno cuaternario en el altiplano oriental
- c) Relleno cuaternario en el altiplano occidental

Dentro del segundo tipo; tenemos como representativas las unidades siguientes:

- d) Valles aluviales de los ríos Villalobos, Pinula y Las Minas
- e) Delta del río Villalobos sobre el lago de Amatitlán
- f) Valle aluvial del río Michatoya
- g) Cono de deyección del Volcán de Pacaya.

### 1.7.3 Aguas subterráneas

El agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, penetra una parte en el suelo y se hunde en él profundamente hasta que alcanza una capa impermeable, sobre la cual se desliza para ser elevada artificialmente por medio de pozos o salir al exterior en forma de fuente.

Con la penetración en el terreno retienen por absorción principalmente aquellas sustancias que sirven con ventaja para el crecimiento de las plantas; pero, además, absorben también todas las partículas suspendidas y los microorganismos. Así, pues, quedan retenidas en el terreno de cultivo, ante todo, los compuestos de amoníaco, el ácido fosfórico y las sales de potasio; pero el agua retiene también otras sustancias que se hallan en el terreno; del aire del suelo se abstraen grandes cantidades de anhídrido carbónico y al mismo tiempo desaparece el oxígeno absorbido por el agua, gastándose en el suelo para la oxidación de las materias orgánicas e inorgánicas.

La cantidad de anhídrido carbónico del agua es una condición principal para disolver los componentes minerales del suelo. El agua que contiene anhídrido carbónico, disuelve sales, como, por ejemplo, los carbonatos térreos y los carbonatos ferroso y manganeso, en forma de bicarbonatos fácilmente solubles.



Aun los silicatos alcalinos y térreos, que en forma de arcilla y feldespatos existen en parte solos, en parte como componentes del suelo, experimentan (a pesar de la resistencia que ofrecen a los reactivos más energéticos), bajo la acción del agua cargada de ácido carbónico, profundas transformaciones por las cuales los álcalis y la sílice pasan a la forma soluble. Los sulfuros de hierro se transforman también, por la acción del ácido carbónico, en bicarbonato ferroso e hidrógeno sulfurado.

## **1.8 Distribución municipal**

### **1.8.1 Purificación del agua**

El agua libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas perjudiciales para la salud se denomina potable, y la contaminada con desperdicios domésticos o industriales agua no potable o contaminada. Los principales objetivos para obtener la potable son eliminar los microorganismos perjudiciales y las sustancias químicas no deseables. Estas medidas se deben aplicar lo mismo a los pozos o manantiales de los que se surten pocas personas, que a los sistemas que abastecen a centenares o millares de ellas. Sin embargo, los procedimientos para purificar son completamente diferentes en cada uno de estos casos.

### 1.8.2 Suministro municipal de agua

Las operaciones principales que se efectúan en una planta de purificación municipal de aguas de buena calidad y libre de riesgos para el consumo humano son la sedimentación, la filtración y la cloración. La sedimentación se efectúa en grandes depósitos, en los cuales el agua permanece en reposo y las partículas grandes se sedimentan. Tal precipitación se acelera adicionando sulfato de aluminio, que forma flóculos pesados.

Muchos microorganismos y materiales finamente suspendidos, se separan y al descender el sedimento y después se pasa el agua a través de lechos de arena, procedimiento que elimina el 99% de las bacterias. A continuación, el agua se le añade cloro para asegurar su potabilidad. Las dosis deben ser suficientes para dejar un residuo de cloro libre de 0.2 a 1.0 mg/l.

El proceso de purificación incluye eliminar los minerales que hacen dura el agua, el ajuste del pH si ésta es muy ácida o alcalina, la eliminación de sabores y olores indeseables y la adición de fluoruro para controlar la caries dental. El agua puede ser perfectamente clara, libre de olores y sabores pero estar aún contaminada. Obviamente, se necesitan procedimientos especiales para determinar su calidad sanitaria.

La investigación de los sistemas productores de aguas por sanitarios o ingenieros calificados se llaman investigaciones sanitarias. Éstas incluyen la inspección de a) la fuente sin tratar y las condiciones que influyen en su calidad, b) las operaciones de la planta purificadora o la construcción del pozo, y 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 no son estáticas pues hay cambios en la población de los tipos de las industrias y de la cantidad de aguas negras, así como de la forma de eliminarlas; consecuentemente, se requieren investigaciones sanitarias periódicas. Los resultados de esas investigaciones son muy valiosos puesto 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 por pruebas químicas y bacteriológicas de laboratorio. El análisis químico indica si está contaminada y proporciona también otras informaciones útiles; pero no es lo suficientemente preciso 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.

### 1.8.3 Tratamiento del agua

El agua se clasifica en aguas limpias y aguas negras. Por el enfoque de esta tesis describiremos el tratamiento en general, haciendo énfasis en la primera.

Las plantas municipales procesadoras de agua efectúan una serie de procedimientos que pueden resumirse de la manera siguiente:

1. Pretratamiento: consiste en la remoción de sólidos mayores que la arena gruesa, como por ejemplo: ramas, trapos, troncos, piedras, etc., y los procesos van desde la rejilla hasta desarenadores (aplicable a aguas negras y aguas limpias).

2. Tratamiento primario: consiste en eliminar los sólidos sedimentales y los procesos que se aplican son básicamente sedimentadores (diferentes tipos) y en algunos casos ayudados por coagulantes químicos (sulfato de aluminio).

3. Tratamiento secundario: consiste en remover la materia orgánica por medio de procesos biológicos y los procesos que se aplican son el RAFA (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente), filtros percoladores, lodos activados, etc. Este tratamiento generalmente se aplica para aguas negras.

4. Tratamiento terciario: consiste en afinar el agua removiendo sólidos disueltos o partículas diminutas. Los procesos que se aplican son los filtros, jacintas acuáticas, desionizadores, osmosis inversa, etc.

#### **1.8.4 Aguas superficiales**

A pesar de que cerca de las tres cuartas partes de los sistemas de abastecimiento público de agua provienen de fuentes subterráneas, estos sistemas sirven solamente a una cuarta parte de la población que toma su agua de los abastecimientos públicos.

Por lo general, las grandes ciudades dependen de abastecimientos superficiales, y en la mayoría de los casos las aguas superficiales, ya sean de corrientes, lagos o embalses, no son seguras para el consumo humano y requieren de tratamiento.

Los manantiales pequeños, de terrenos elevados, pueden proporcionar aguas insípidas, prácticamente claras, excepto durante la temporada de lluvias tempestuosas, en la que pueden tener una cantidad moderada de sólidos suspendidos. Aún cuando cualquier bacteria indeseable presente puede ser de origen animal, tales aguas están siempre expuestas a contaminación, accidental o incidental, de origen humano.

Las grandes corrientes usualmente reciben de cuencas habitadas y reciben también contaminaciones más serias producidas por el escurrimiento superficial de las tierras erosionadas o aradas, por lo que las características físicas de esta agua son, por lo general, inferiores a las grandes cañadas.

Además, las aguas negras y los desperdicios industriales pueden ser descargados directamente a muchas corrientes sin tratamiento adecuado. Los lagos, represas y embalses proporcionan agua de mejor calidad que la mayoría de las corrientes, debido al efecto benéfico de la autodepuración por sedimentación y reposo.

Ríos: los abastecimientos de agua de los ríos requieren por lo común de los mayores recursos para su tratamiento. La turbiedad, o enturbiamiento, el contenido mineral y el grado de contaminación varían considerablemente de un día a otro.

La variación de la temperatura del agua durante el año también puede hacerla indeseable, especialmente durante los meses calurosos de verano.

Aunque no siempre sucede así, a menudo el abastecimiento de río se prefiere solamente cuando no es posible obtener agua de otras fuentes seguras. Por otro lado, el abastecimiento de río tiene la ventaja, sobre el tipo de abastecimiento de embalses, de que la inversión que debe hacerse en la planta de tratamiento es menor, porque no se requiere construir costosos muros de retención, ni canales, ni grandes extensiones de terreno, ni adquirir derechos sobre el agua.

Lagos naturales: los lagos pueden proporcionar agua de calidad excepcionalmente buena, excepto cerca de sus márgenes y en la vecindad de descargas de drenajes o de corrientes fuertes. Además de necesitar un tratamiento mínimo, la disponibilidad de cantidades de agua prácticamente ilimitadas constituye una ventaja decisiva.

Desgraciadamente, sin embargo, los medios más deseables para disponer de las aguas negras de una ciudad consisten frecuentemente en descargarlas al mismo lago del que se suministra el agua. Debe tenerse gran cuidado para localizar tanto los puntos de toma de agua como los de descarga de drenajes, para que a la planta de tratamiento llegue un agua con el mínimo de contaminación.

Algunas veces es tan grande la distancia que hay desde la orilla al punto en donde puede obtenerse una agua satisfactoria de cuya toma resulta prohibitivo para una municipalidad pequeña.

En tales casos debe localizarse otro punto de abastecimiento u obtener de donde procede el agua de la ciudad cercana, que es la que seguramente está causando la contaminación principal. Por lo general, las aguas de los lagos son razonablemente uniformes de un día a otro, y no varían tanto en su temperatura como los ríos o los pequeños embalses.

Embalses: la cantidad de agua que lleva una corriente está sujeta a muy grandes variaciones de un día a otro, así como durante las diferentes épocas del año. Cuando el consumo de agua es mayor, o incluso cercano al del caudal de la corriente, puede ser necesario construir una represa, creando así un embalse para almacenar el agua durante la temporada de lluvias, la cual será utilizada durante la subsecuente época de estiaje. Los embalses tienen, además, la ventaja de eliminar la mayor parte del lodo o enturbiamiento del agua, por sedimentación, durante el almacenamiento.

Puede haber ventajas adicionales, tales como la disminución de bacterias, y también desventajas, como la producción de olores y sabores debidos a las algas.



## **2. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

### **2.1 Universo de trabajo**

La planta en estudio se ubica en el municipio de Mixco sobre la Calzada Roosevelt, es una industria manufacturera de cremas, fragancias y cosméticos, cuyo insumo principal es el agua. Esta agua se tomará de dos lugares. El primero de un pozo que abastece a la planta manufacturera y el segundo de la distribución municipal.

### **2.2 Medios**

#### **2.2.1 Recursos humanos**

El trabajo se realizará bajo la asesoría de la Lic. Elizabeth Beltrán y la colaboración del personal del laboratorio de la industria manufacturera de cosméticos.

#### **2.2.2 Recursos Materiales**

Laboratorio de control de calidad de la industria manufacturera de cosméticos. Bibliotecas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de la Facultad de Ingeniería, de la Escuela de Ingeniería Sanitaria y de Recursos Hidráulicos y del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

### **2.2.3 Equipos y materiales**

Las normas y métodos correspondientes requieren la utilización de equipo para toma de muestras y de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos. Estos incluyen cristalería, reactivos, equipo de laboratorio y de campo, los cuales son los recomendados en las referencias 13 y 14.

## **2.3 Metodología**

### **2.3.1 Muestreo**

#### **2.3.1.1 Selección de los sitios de muestreo**

La selección de los sitios de muestreo está planteado de acuerdo con los objetivos trazados, tomando en cuenta las dos partes del universo de trabajo, con el propósito de obtener datos útiles y representativos para este estudio.

El sistema de abastecimiento esta constituido por el agua de pozo la cual se bombea y almacena en un tanque de captación en donde se toman las muestras para su respectivo análisis (ver anexo 5). El agua de la distribución municipal se tomara de un grifo aledaño a la planta.

### **2.3.1.2 Frecuencia del muestreo**

En cada sitio y fecha de muestreo, se tomarán dos muestras, una destinada al análisis físico y químico, y otra destinada al examen bacteriológico. Los muestreos se practicarán de agosto de 1996 a enero de 1997. En esta forma, se cubre el cambio de estación climatológica para determinar las variaciones en la calidad del agua en el transcurso de las épocas de invierno y verano. Se tomaron doce muestras en cada época climática.

### **2.3.1.3 Recolección, transporte y conservación de muestras**

#### **a) Muestras para el análisis fisicoquímico**

Se tomarán las muestras en recipientes de polietileno con volumen de 500ml. El recipiente se enjuaga primero por tres veces consecutivas con la misma agua de la fuente en que se va a tomar las muestras. Después se llena completamente y luego se tapa para evitar contaminaciones. Éste se identifica debidamente apuntando diferentes datos que son requeridos: fecha de muestreo, hora, fuente de muestreo, temperatura, apariencia, etc.

#### **b) Muestras para examen bacteriológico**

La muestra se tomará en frascos de vidrio, de boca ancha, con tapón esmerilado, de 125 cm cúbicos, de vidrio resistente, que han sido debidamente esterilizados.

El tapón y el cuello del frasco son protegidos por medio de una cubierta de papel kraft que se encuentra atada por un cordel (13,14). Se deben utilizar dos técnicas en la forma de la muestra bacteriológica, debido a los tipos de fuentes que se van a muestrear: grifos y tanques de captación.

Primero, debe tomarse la muestra para examen bacteriológico antes que las demás para evitar contaminaciones en el sitio de muestreo. Para recolectar la muestra en los grifos, primero se debe esterilizar con la llama de un mechero de alcohol la boca del grifo durante un minuto. Luego se deja correr el agua por otro minuto. Seguidamente se quita la cubierta de papel al frasco y se procede a esterilizar la boca y tapón teniendo cuidado de no rozarlos con los dedos, se toma posteriormente la muestra, con la precaución de dejar un espacio de 12 mm de aire para su homogenización posterior. Se tapa a continuación el frasco y se le coloca la cubierta de papel kraft y se le identifica por medio de una etiqueta.

Para tomar la muestra en el tanque de captación, se le quita al frasco la cubierta de papel y se introduce en el cuerpo de agua con el cuello hacia abajo, lo más cerca del fondo posible. Se gira hasta que queda la boca ligeramente arriba del fondo. Luego, se abre y se introduce agua hasta dejar un espacio de aire que permita su posterior homogenización. Seguidamente se tapa y se le coloca la cubierta de papel kraft y se llena la etiqueta de identificación. Las muestras se identifican anotando todos los datos requeridos. Después se guardan en bolsas plásticas y se colocan en una hielera. La hielera contendrá hielo de forma que el frasco no tenga contacto directo con las muestras.

De esta forma se mantendrán las muestras a baja temperatura hasta el momento de realizar el examen bacteriológico, teniendo presente que las muestras no deben pasar más de seis horas en refrigeración.

### **2.3.2 Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua**

Todos los métodos de análisis y exámenes que se realizarán en las muestras para obtener las características físicas, químicas y bacteriológicas son las recomendadas por la industria en cuestión (ver anexo 1). Estos análisis son los siguientes:

#### **2.3.2.1 Análisis fisicoquímico**

Olor  
Temperatura  
Apariencia  
Potencial de hidrógeno  
Resistencia específica  
Cloro residual

#### **2.3.2.2 Análisis bacteriológico**

El examen bacteriológico que se practicará a las muestras de agua consiste en:

Recuento total de gérmenes a 20° Celsius y 35° Celsius en cajas de Petri con agar nutritivo encubada en un tiempo de 48hrs. y se expresa por el número de bacterias por cm cúbico; en la suposición de que una bacteria origina una colonia (10, 2).

### **2.3.3 Análisis económico**

#### **2.3.3.1 General**

- a) Determinar caudal y carga

#### **2.3.3.2 Agua de la distribución municipal**

- a) Investigar tipo de bomba, potencia y valor
- b) Investigar diámetro de tubería y valor
- c) Investigar costo de KW-h
- d) Determinar consumo de KW-h/d
- e) Determinar valor de consumo energía eléctrica
- f) Investigar costo de paja de agua municipal
- g) Investigar valor del canon del agua municipal
- h) Determinar valor del consumo de agua municipal
- i) Determinar costos de operación y mantenimiento

### **2.3.3.3 Agua de pozo**

- a) Investigar profundidad de pozo
- b) Determinar valor de perforación de pozo
- c) Investigar valor de mantenimiento de pozo

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Tablas de resultados

TABLA I. CUADRO RESUMEN DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA, SEGÚN ÉPOCA PARA CADA TIPO DE FUENTE EN ESTUDIO

Parámetro	Fuente						Límite Permissible de Calidad del Agua
	Muestra de Agua de Pozo según época			Muestra de Distribución Municipal según época			
	Invierno	Verano		Invierno	Verano		
Olor	Sin Olor	Sin Olor	Sin Olor	Sin Olor	Sin Olor	Sin Olor	Sin Olor
pH	6.57	6.55	6.52	6.57	6.67	5.0 - 7.0	
Resistencia Específica	3.66	3.11	3.59	3.41	3.41	16.7 S máx.	
ppm Cloro	1.95	3.59	1.87	1.88	1.88	1.4 - 2.2	
Recuento Aeróbico Total	<5	<5	<10	<10	<10	100 UFC/ml	

Nota: En Anexo 2 se encuentran las tablas con los datos originales  
 En Anexo 4 se encuentra la muestra de cálculo



**TABLA II. CUADRO RESUMEN DEL ANÁLISIS ECONÓMICO  
 POR MEDIO DEL VALOR PRESENTE NETO DE LAS UTILIDADES  
 EN CADA FUENTE ESTUDIADA**

FUENTE	T.I.R.	
	20%	30%
AGUA DE POZO	654,707.33	448,413.40
AGUA DE DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL	859,858.98	633,194.92

Nota: En Anexo 3 se encuentran las tablas con los datos originales

#### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se determinó a través de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos, que el agua de la distribución municipal cumple con los requisitos mínimos de la industria manufacturera en estudio, el dato más relevante es la resistencia específica, la cual oscila en promedio entre 3.59 en invierno y 3.41 en verano; además, los análisis bacteriológicos indican que el recuento aeróbico total es 10UFC/ml, por abajo de los límites requeridos.

Por otro lado, se determinó el valor de la inversión al construirse un pozo para la distribución y se comparó con el valor de utilizar agua de la distribución municipal. Estos valores se generaron a partir del caudal necesario para abastecer a la planta de procesos (3.21gal/min), y la carga que debería soportar la bomba (4m), en función de estos valores se determinó el tipo de bomba y la potencia de la misma, así como el diámetro de la tubería; se valoraron los componentes de la inversión (bomba, tubería, consumo KW-h, valor KW-h, valor paja de agua municipal, costo del pozo, limpieza del pozo), y se determinaron los ingresos mensuales en función de las ventas de los productos procesados que contienen o utilizan agua para su fabricación. Con estos datos mediante el cálculo del valor presente neto, se llegó a la conclusión que es rentable la inversión en la distribución municipal (Q.859,033.25 de ganancia a los 10 años con una tasa de retorno de la inversión del 20%, en las condiciones previstas), que está arriba de las tasas de interés bancario que se ofrecen hoy en día.

El único inconveniente que podría presentarse al utilizar la distribución municipal es la continuidad del caudal, debido a las interrupciones de flujo que frecuentemente realiza la municipalidad de la Ciudad de Guatemala, esto se debe a que la demanda de agua es mayor que la oferta.

## CONCLUSIONES

1. Es factible, técnica y económicamente, utilizar el agua proveniente de la distribución municipal de la Ciudad de Guatemala en la elaboración de cosméticos.
2. El agua proveniente de la distribución municipal de la Ciudad de Guatemala, cumple con los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos requeridos por la industria.

## RECOMENDACIONES

1. Utilizar el agua de la distribución municipal como una opción para la economía en los procesos de fabricación de la industria.
2. Mantener la fuente de agua de pozo, para que en casos de emergencia (escasez de agua, sobrepoblación, terremotos, etc.), se mantenga la operación productiva de la planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PELCZAR, Michael, et.al. **Microbiología**. Traductor Antonio Capella y Dr. Jorge Tay. 2<sup>da</sup>. Edición en español. México, Editorial McGraw-Hill, 1982.
2. SEVERENS, W.H. et.al. **La producción de energía mediante el vapor de agua, el aire y los gases**. España, Editorial Reverté, 1975.
3. **Tópicos sobre usos industriales del agua**. ERIS-OPS-OMS. Seminario, Guatemala, 1979.
4. **Memorias del seminario taller de normas de calidad de agua**. Volumen V. Panamá, 1986.
5. **Taller de calidad del agua No. 2**. Curso de Ingeniería Sanitaria Facultad de Ingeniería, ERIS, USAC. Guatemala, 1990.
6. **Procedimientos simplificados para el examen de aguas** OPS-OMS-AWWA. Manual de Laboratorio. U.S.A. 1978.
7. POWELL, SHEPPARD, **Acondicionamiento de aguas para la Industria**. Trad. Salvador Ayanegui. México: s.p.i. 1966.
8. McCABE WARREN et.al. **Operaciones básicas de ingeniería química**. 4<sup>ta</sup>. Edición. México: McGraw Hill, 1996.
9. UNDA OPAZO, Francisco. **Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública**. México: s.p.i. 1969.
10. **Especificaciones de calidad para el agua**. Manual de Laboratorio. U.S.A. 1983.
11. **Agua su calidad y tratamiento**. American Works Association. Traductor Jack M. Verrey. México: Editorial UTHEA, 1968.

De esta forma se mantendrán las muestras a baja temperatura hasta el momento de realizar el examen bacteriológico, teniendo presente que las muestras no deben pasar más de seis horas en refrigeración.

### **2.3.2 Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua**

Todos los métodos de análisis y exámenes que se realizarán en las muestras para obtener las características físicas, químicas y bacteriológicas son las recomendadas por la industria en cuestión (ver anexo 1). Estos análisis son los siguientes:

#### **2.3.2.1 Análisis fisicoquímico**

Olor

Temperatura

Apariencia

Potencial de hidrógeno

Resistencia específica

Cloro residual

#### **2.3.2.2 Análisis bacteriológico**

El examen bacteriológico que se practicará a las muestras de agua consiste en:

## ANEXOS



## ANEXO 1

### ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL AGUA DE LA INDUSTRIA EN ESTUDIO

- **ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS**

a) Olor	Sin olor
b) Apariencia	Líquido cristalino, libre de sustancias extrañas
c) pH	5.0 a 7.0
d) Resistencia Específica	16.7 $\mu$ S máximo
e) ppm Cloro	1.4 a 2.2

- **ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS**

Recuento total aerobico de bacterias	100 UFC/ ml máximo
--------------------------------------	--------------------

ANEXO 2

TABLA III. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA DE POZO

FECHA DIAMES/AÑO	PUNTO DE MUESTREO	APARIENCIA	OLOR	pH	RESISTENCIA ESPECIFICA	COLOR RESIDUAL	TEMPERATURA
2-Ago-96	Agua de Pozo	Clara	Inodora	7.05	8.90	1.81	25.00
9-Ago-96		Clara	Inodora	7.24	3.20	1.20	24.00
20-Ago-96		Clara	Inodora	6.75	2.70	3.11	26.00
30-Ago-96		Clara	Inodora	6.99	2.60	2.16	25.00
3-Sep-96	Agua de Pozo	Clara	Inodora	6.30	5.40	3.00	25.00
9-Sep-96		Clara	Inodora	6.39	5.90	1.71	25.00
15-Sep-96		Clara	Inodora	6.40	2.10	2.00	24.00
30-Sep-96		Clara	Inodora	6.00	2.00	2.00	25.00
3-Oct-96	Agua de Pozo	Clara	Inodora	6.45	4.60	1.20	26.00
11-Oct-96		Clara	Inodora	5.80	0.70	1.84	25.00
18-Oct-96		Clara	Inodora	6.50	5.00	1.63	24.00
28-Oct-96		Clara	Inodora	7.00	0.80	1.75	25.00
4-Nov-96	Agua de Pozo	Clara	Inodora	6.20	6.90	1.68	26.00
11-Nov-96		Clara	Inodora	6.80	0.20	2.00	25.00
19-Nov-96		Clara	Inodora	7.80	4.60	3.90	25.00
28-Nov-96		Clara	Inodora	7.00	0.80	3.00	24.00
2-Dic-96	Agua de Pozo	Clara	Inodora	6.84	2.00	3.00	25.00
13-Dic-96		Clara	Inodora	6.94	3.33	2.00	25.00
19-Dic-96		Clara	Inodora	5.00	4.00	2.00	25.00
27-Dic-96		Clara	Inodora	6.50	2.00	4.00	26.00
3-Ene-97	Agua de Pozo	Clara	Inodora	6.50	10.00	6.00	25.00
10-Ene-97		Clara	Inodora	5.50	1.00	5.00	25.00
17-Ene-97		Clara	Inodora	7.40	0.40	5.00	24.00
31-Ene-97		Clara	Inodora	6.14	2.10	5.50	25.00

Resistencia Especifica en microsiemens  
 Cloro Residual en partes por millón  
 Temperatura en grados celsius

**TABLA IV. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA DE LA DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL**

FECHA DIA/MES/AÑO	PUNTO DE MUESTREO	APARIENCIA	OLOR	pH	RESISTENCIA ESPECÍFICA	CLORO RESIDUAL	TEMPERATURA
2-Ago-96	Distribución Municipal	Clara	Inodora	6.29	4.67	2.10	19.00
9-Ago-96		Clara	Inodora	6.39	5.12	2.10	19.00
20-Ago-96		Clara	Inodora	6.50	4.96	1.70	19.00
30-Ago-96		Clara	Inodora	7.48	5.03	1.90	18.00
3-Sep-96	Distribución Municipal	Clara	Inodora	7.00	4.07	1.80	18.00
9-Sep-96		Clara	Inodora	6.92	3.77	1.80	18.00
16-Sep-96		Clara	Inodora	5.79	2.23	2.10	21.00
30-Sep-96		Clara	Inodora	6.15	1.94	1.70	18.00
3-Oct-96	Distribución Municipal	Clara	Inodora	6.11	2.23	1.90	19.00
11-Oct-96		Clara	Inodora	6.09	2.42	1.80	20.00
18-Oct-96		Clara	Inodora	6.17	4.67	1.80	20.00
28-Oct-96		Clara	Inodora	7.29	1.94	1.70	19.00
4-Nov-96	Distribución Municipal	Clara	Inodora	6.80	3.97	1.70	18.00
11-Nov-96		Clara	Inodora	6.65	3.77	1.80	17.00
19-Nov-96		Clara	Inodora	6.88	4.07	2.00	18.00
28-Nov-96		Clara	Inodora	6.92	5.19	2.10	19.00
2-Dic-96	Distribución Municipal	Clara	Inodora	6.87	3.41	1.60	18.00
13-Dic-96		Clara	Inodora	6.38	4.11	2.00	19.00
19-Dic-96		Clara	Inodora	6.55	4.07	2.00	17.00
27-Dic-96		Clara	Inodora	6.42	4.26	1.80	17.00
3-Ene-97	Distribución Municipal	Clara	Inodora	6.15	1.52	1.70	19.00
10-Ene-97		Clara	Inodora	7.00	2.42	2.10	19.00
17-Ene-97		Clara	Inodora	7.29	2.23	1.80	19.00
31-Ene-97		Clara	Inodora	6.11	1.94	1.90	18.00

Resistencia Especifica en microsiemens  
 Cloro Residual en partes por millón  
 Temperatura en grados celsius

**TABLA V. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA**

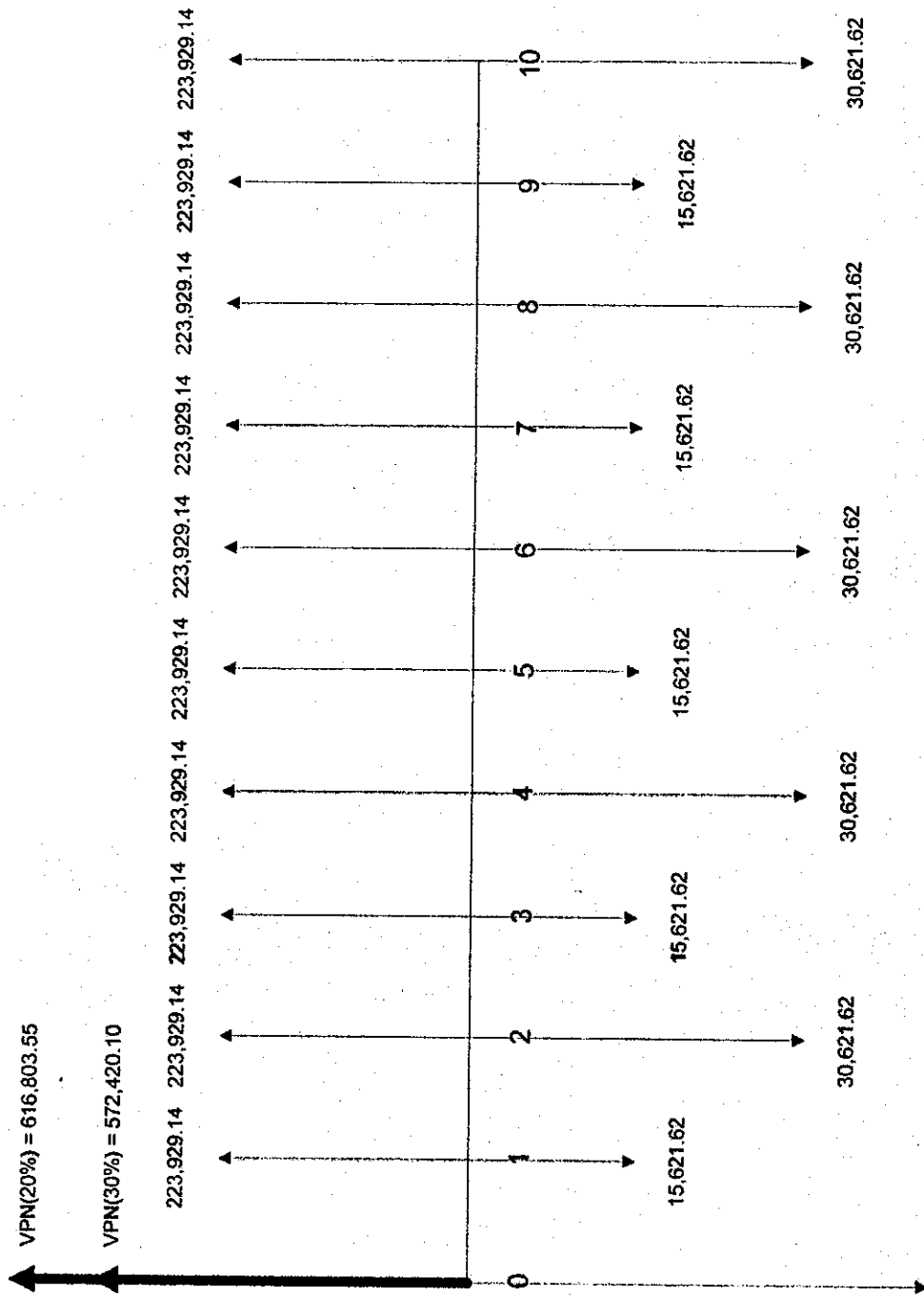
FECHA DÍAS/MES/AÑO	PUNTO DE MUESTREO	RECUENTO AEROBICO	PUNTO DE MUESTREO	RECUENTO AEROBICO	RECUENTO AEROBICO	TOTAL
2-Ago-96	Agua de Pozo	<5	Distribución Municipal	<5		<10
9-Ago-96		<5		<10		
20-Ago-96		<5		<5		
30-Ago-96		<5		<10		
3-Sep-96	Agua de Pozo	<5	Distribución Municipal	<5		<5
9-Sep-96		<5		<10		
16-Sep-96		<5		<10		
30-Sep-96		<10		<10		
3-Oct-96	Agua de Pozo	<5	Distribución Municipal	<5		<10
11-Oct-96		<5		<10		
18-Oct-96		<5		<10		
28-Oct-96		<5		<10		
4-Nov-96	Agua de Pozo	<5	Distribución Municipal	<5		<10
11-Nov-96		<5		<10		
19-Nov-96		<5		<5		
28-Nov-96		<5		<10		
2-Dic-96	Agua de Pozo	<5	Distribución Municipal	<5		<10
13-Dic-96		<5		<10		
19-Dic-96		<5		<10		
27-Dic-96		<5		<10		
3-Ene-97	Agua de Pozo	<5	Distribución Municipal	<5		<10
10-Ene-97		<5		<10		
17-Ene-97		<5		<5		
31-Ene-97		<5		<10		

ANEXO 3

**TABLA VI. ANÁLISIS ECONÓMICO  
ANÁLISIS DEL VALOR PRESENTE NETO (V.P.N.) PARA EL AGUA DE POZO**

AÑO	INVERSIÓN	COSTOS	BENEFICIO	INGRESO NETO	V.P.N FACTOR P/F 20%	V.P.N FACTOR P/F 30%
0	228,039.88	0.00	0.00	-228,039.88	-228,039.88	-228,039.88
1		15,621.62	223,929.14	208,307.52	173,520.16	160,188.48
2		30,621.62	223,929.14	193,307.52	134,155.42	114,438.05
3		15,621.62	223,929.14	208,307.52	120,610.05	94,779.92
4		30,621.62	223,929.14	193,307.52	93,174.22	67,657.63
5		15,621.62	223,929.14	208,307.52	83,739.62	56,034.72
6		30,621.62	223,929.14	193,307.52	64,758.02	40,014.66
7		15,621.62	223,929.14	208,307.52	58,117.80	33,120.90
8		30,621.62	223,929.14	193,307.52	45,040.65	23,776.82
9		15,621.62	223,929.14	208,307.52	40,411.66	196,433.99
10		30,621.62	223,929.14	193,307.52	31,315.82	14,014.80
<b>TOTAL:</b>					<b>Q616,803.55</b>	<b>Q572,420.10</b>

**FIGURA 1**  
**ANÁLISIS DEL VALOR PRESENTE NETO (V.P.N.)**  
**PARA EL AGUA DE POZO**

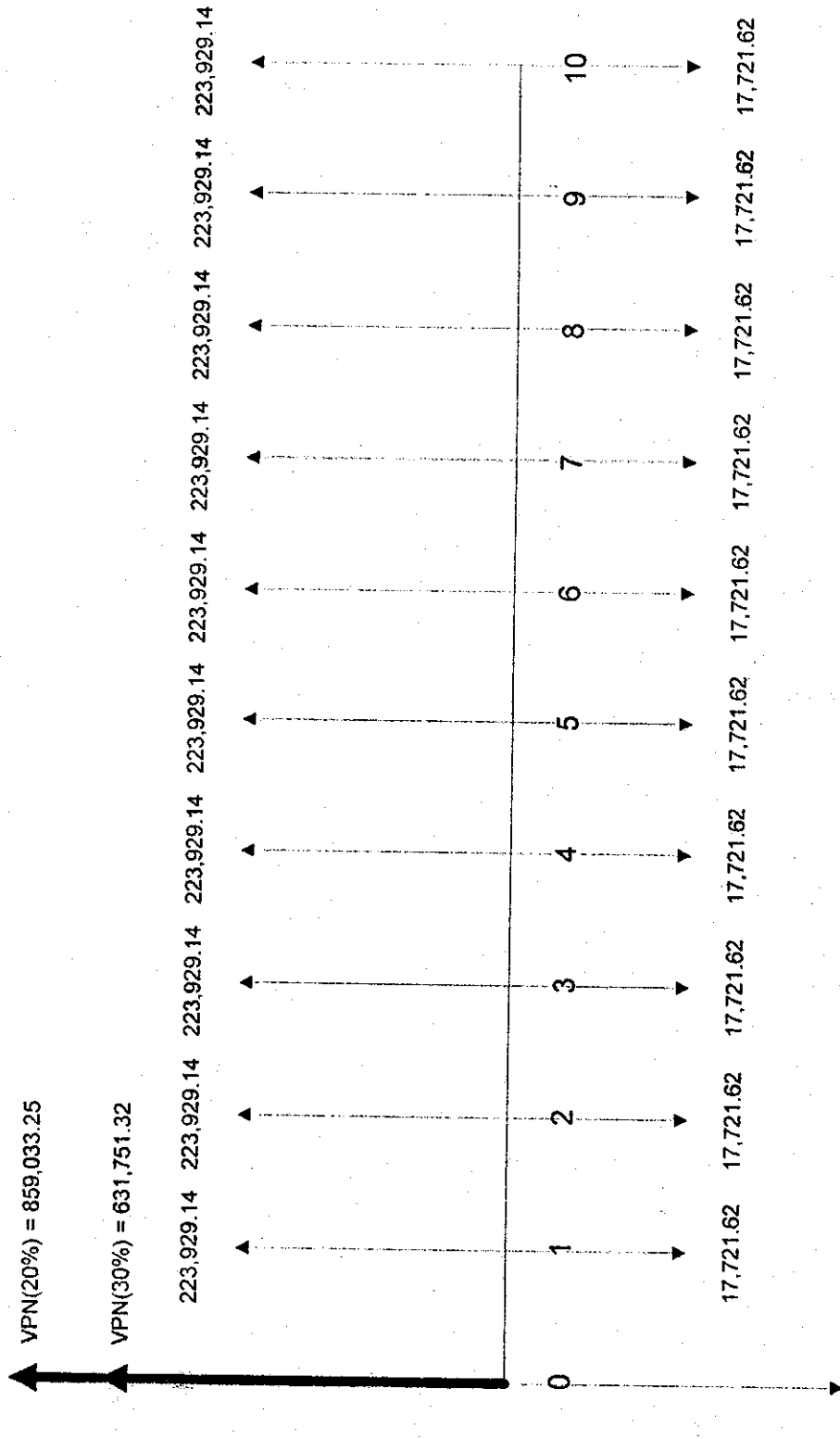


228,039.88

**TABLA VII. ANÁLISIS DEL VALOR PRESENTE NETO (V.P.N.)  
PARA EL AGUA DE LA DISTRIBUCIÓN MUNICIPAL**

AÑO	INVERSIÓN	COSTOS	BENEFICIO	INGRESO NETO	V.P.N FACTOR P/F 20%	V.P.N FACTOR P/F 30%
0	5,594.88	0.00	0.00	-5,594.88	-5,594.88	-5,594.88
1		17,721.62	223,929.14	206,207.52	171,770.86	158,573.58
2		17,721.62	223,929.14	206,207.52	143,108.02	122,074.85
3		17,721.62	223,929.14	206,207.52	119,394.15	93,824.42
4		17,721.62	223,929.14	206,207.52	99,392.02	72,172.63
5		17,721.62	223,929.14	206,207.52	82,895.42	55,469.82
6		17,721.62	223,929.14	206,207.52	69,079.52	42,684.96
7		17,721.62	223,929.14	206,207.52	57,531.90	32,787.00
8		17,721.62	223,929.14	206,207.52	48,046.35	25,363.52
9		17,721.62	223,929.14	206,207.52	40,004.26	19,445.37
10		17,721.62	223,929.14	206,207.52	33,405.62	14,950.05
<b>TOTAL:</b>					<b>Q859,033.25</b>	<b>Q631,751.32</b>

**FIGURA 2**  
**ANÁLISIS DEL VALOR PRESENTE NETO (V.P.N.)**  
**PARA EL AGUA DE LA DISTRIBUCION MUNICIPAL**





## ANEXO 4

### MUESTRA DE CÁLCULO

#### General

$$\text{Caudal} = 17.5 \text{ m}^3/3\text{d}$$

$$\frac{17.5 \text{ m}^3}{3\text{d}} \cdot \frac{1\text{d}}{8\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{60\text{min}} \cdot \frac{264.17\text{gal}}{1\text{m}^3} = 3.21\text{gal/min}$$

$$\text{Carga} = 4\text{m}$$

#### Muestra de cálculo para Distribución Municipal

Para un caudal (Q) de 3.21gal/min y una carga (H) de 4m, es necesaria una bomba centrífuga con las siguientes características:

Bomba Centrífuga de 1HP, 110V y 1" de diámetro de tubería a un precio de Q2,904.00

La tubería se vende por 1" X 6m a un precio de Q.33.97, se necesitan aproximadamente 24m de tubería PVC, por lo que el valor será:

$$4 \times \text{Q.33.97} = \text{Q135.88}$$

El precio del Kilowatt-hora, tarifa industrial en promedio es de Q0.58. Partiendo de la potencia de la bomba, determinamos el consumo en Kilowatt-hora:

$$1\text{HP} \cdot \frac{372.85\text{W}}{1\text{HP}} \cdot \frac{1\text{KW}}{1000\text{W}} \cdot \frac{8\text{h}}{1\text{d}} = 2.98\text{KW-h/día}$$

Entonces el valor del consumo es:

$$\frac{\text{Q0.58}}{1\text{KW-h}} \cdot \frac{2.98\text{KW-h}}{1\text{d}} \cdot \frac{30\text{d}}{1\text{mes}} \cdot \frac{12\text{meses}}{1\text{año}} = \frac{\text{Q.622.22}}{\text{año}}$$

La inversión inicial para ½ paja de agua municipal = 30m<sup>3</sup> de agua, es de Q.2,555.00 y el valor del Canon de Agua es aproximadamente Q.30.00 por los 30m<sup>3</sup>. Por lo que se calcula:

$$\frac{17.5 \text{ m}^3}{3\text{d}} \cdot \frac{30\text{d}}{1\text{mes}} \cdot \frac{\text{Q.30.00}}{30\text{m}^3} \cdot \frac{12\text{meses}}{1\text{año}} = \frac{\text{Q.2.100.00}}{\text{año}}$$

Los costos de Operación y Mantenimiento se calcula conforme al tiempo que ocupa el Asistente y el Supervisor de Mantenimiento:

$$\text{Asistente: } \frac{2\text{h}}{1\text{d}} \cdot \frac{\text{Q.83.33}}{1\text{día}} \cdot \frac{1\text{día}}{8\text{h}} \cdot \frac{30\text{d}}{1\text{mes}} \cdot \frac{12\text{meses}}{1\text{año}} = \frac{\text{Q.7499.70}}{\text{año}}$$

$$\text{Supervisor: } \frac{1\text{h}}{1\text{d}} \cdot \frac{\text{Q.166.66}}{1\text{día}} \cdot \frac{1\text{día}}{8\text{h}} \cdot \frac{30\text{d}}{1\text{mes}} \cdot \frac{12\text{meses}}{1\text{año}} = \frac{\text{Q.7499.70}}{\text{año}}$$

### **Muestra de cálculo para el pozo**

Para el caudal de 3.21gal/min se necesita un pozo de 600pies de profundidad y el costo de la perforación y entubación es Q.375.00/pie, por lo que tenemos:

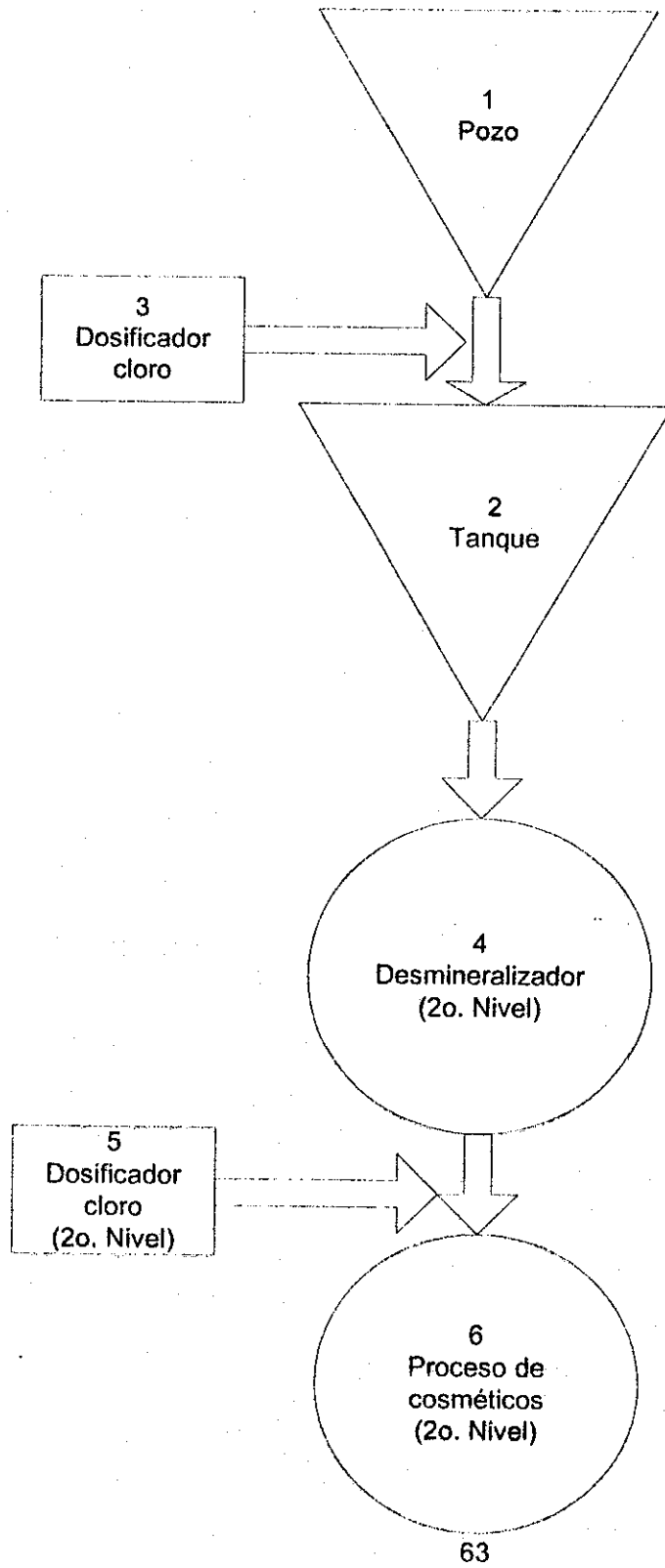
$$600\text{pies} \cdot \frac{\text{Q.375.00}}{\text{pie}} = \text{Q.225,000.00}$$

El mantenimiento del pozo según recomendaciones de los expertos es cada 2 años, lo cual incluye limpieza del pozo y del equipo de bombeo y tiene un valor de Q.15,000.00.

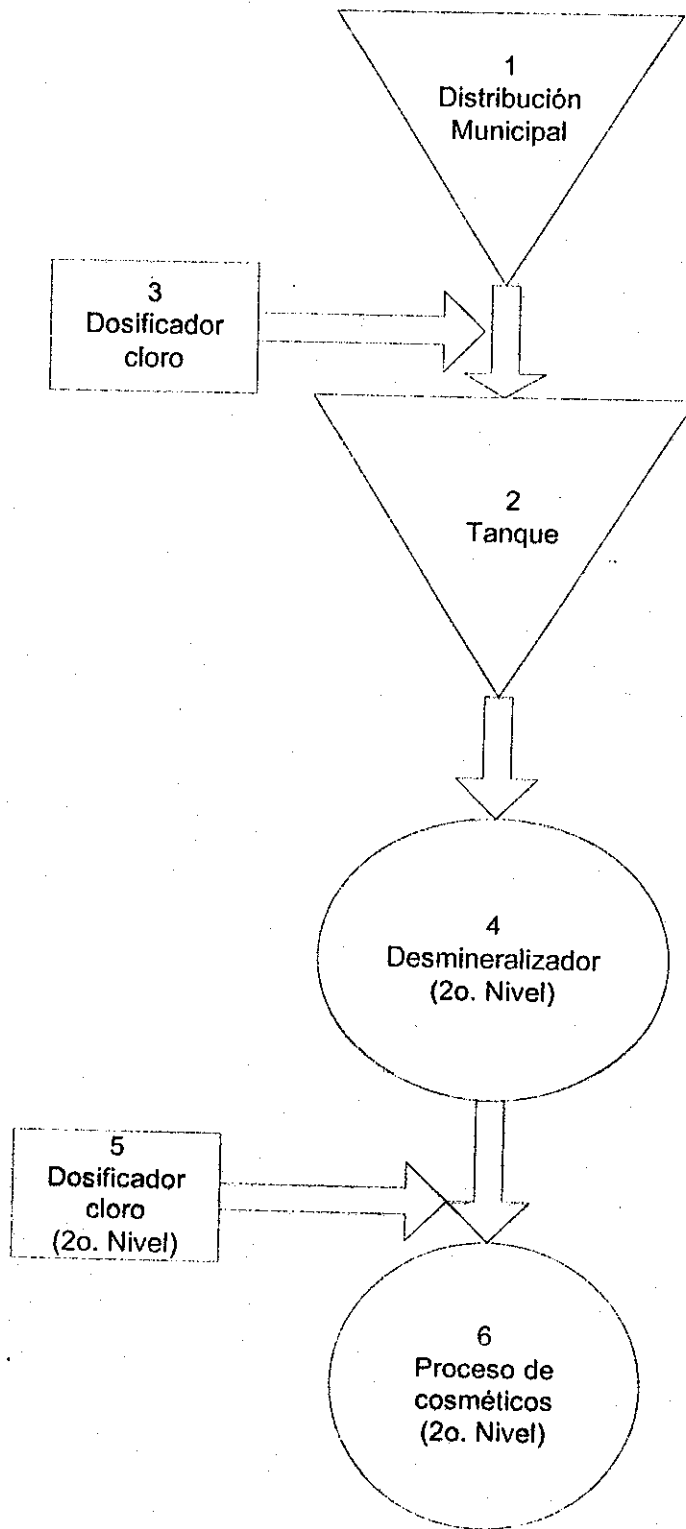
### **Muestra de cálculo para los beneficios**

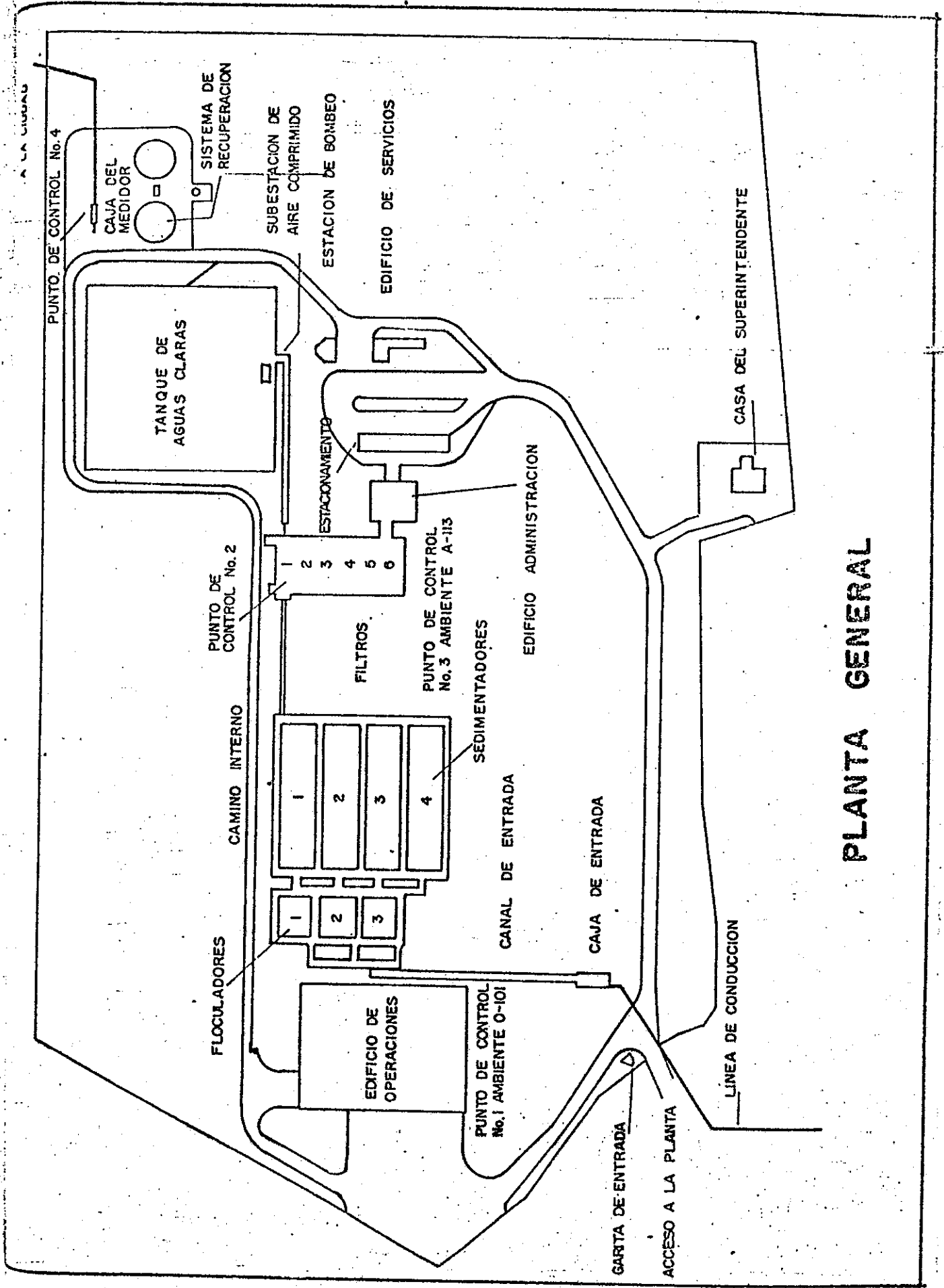
Tomando en cuenta la clasificación de productos que utilizan agua para su manufactura, se determinó el valor que se percibiría por la venta de los mismos, este valor representa el beneficio económico que se obtiene en el tiempo de aplicación del estudio.

**FIGURA 3**  
**DIAGRAMA DEL PROCESO**  
**ACTUAL**



**FIGURA 4**  
**DIAGRAMA DEL PROCESO**  
**EN ESTUDIO**





# PLANTA GENERAL