



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO

Luis Pablo Samayoa Gallardo

Asesorado por el Ing. César Ernesto Urquizú Rodas

Coasesorado por la Inga. Nora Leonor García Tobar

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA
PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS PABLO SAMAYOA GALLARDO

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR ERNESTO URQUIZÚ RODAS
COASESORADO POR LA INGA. NORA LEONOR GARCÍA TOBAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

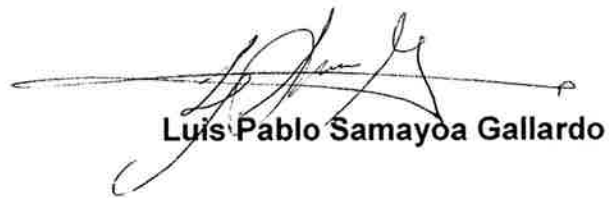
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADORA	Inga. Maria Martha Wolford de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha enero de 2012.



Luis Pablo Samayoa Gallardo

Guatemala, 19 de marzo de 2013

Ingeniero
César Ernesto Urquizú
Director Escuela de Ing. Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Por este medio me dirijo a usted para someter a su consideración el trabajo de graduación titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO”**, elaborado por el estudiante Luis Pablo Samayoa Gallardo, quien se identifica con el carnet No. 200830302.

He Asesorado y revisado dicho trabajo y considero que llena satisfactoriamente los requisitos establecidos por el reglamento de trabajos de graduación de la facultad de ingeniería, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente, me es grato suscribirme,

Atentamente,



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Colegiado No. 4272

César Ernesto Urquizú Rodas
Ingeniero Industrial
Colegiado 4272



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO**, presentado por el estudiante universitario **Luis Pablo Samayoa Gallardo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiada No. 8121

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2013.

/mgp



REF.DIR.EMI.224.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO**, presentado por el estudiante universitario **Luis Pablo Samayoa Gallardo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2013.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO PARA PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Pablo Samayoa Gallardo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, agosto de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** A quien le doy toda la honra y gloria porque de él proviene la sabiduría la inteligencia y el conocimiento, por su amor incondicional y su presencia.
- Mis padres** Luis Samayoa y Marleni Gallardo de Samayoa, por su apoyo incondicional por el cual siempre estaré agradecido. Su amor y enseñanzas serán siempre guía en mi vida.
- Mis abuelas** Victoria Arellano de Gallardo y Marquina Gonzales de Samayoa por su cariño y apoyo.
- Mi hermano** David José Samayoa, por ser mi gran amigo y compañero de aventuras entre otras cosas.
- Mi tío** Mario Gallardo, por su apoyo y colaboración en esta investigación.
- Mis tíos** Oscar Samayoa, Verónica Samayoa, Carlos Samayoa, Marbin Gallardo, Rosita Gallardo y Juan Bautista por su cariño sincero.
- Mi tía abuela** Priscila Elizabeth Gallardo, por inspirar el estudio de la ingeniería.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por su presencia y apoyo en los momentos cuando más lo necesite.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la oportunidad de poder desarrollarme intelectualmente en esta casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por dar las herramientas del saber y la instrucción adecuada.
Pueblo de Guatemala	Que con sus impuestos sostienen las operaciones de esta casa de estudios.
Mis amigos de la facultad	Por su amistad y soporte durante estos años de universidad y los que vendrán.
Oscar Samayoa y Alberto Baeza	Por sus oraciones, consejos y apoyo espiritual.
Luis Alberto Samayoa	Mi padre, por su soporte, amor y confianza depositada en mí.
Ilce Marleni Gallardo de Samayoa	Por sus consejos, amor y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1. Definición del producto	1
1.1.1. Características	2
1.2. Análisis de la demanda	3
1.2.1. Segmentación de mercado	3
1.2.2. Características del beneficiario	5
1.2.3. Comportamiento histórico de la demanda	5
1.2.4. Investigación de la demanda	8
1.2.4.1. Método de investigación	9
1.2.4.2. Investigación cualitativa	12
1.2.4.3. Investigación de campo	13
1.2.4.3.1. Instrumentos	15
1.2.4.3.2. Muestreo	15
1.2.4.4. Tabulación de datos	16
1.2.4.5. Interpretación de resultados	23
1.2.5. Proyección de la demanda	30
1.3. Análisis de la oferta	33
1.3.1. Productos similares	34

1.3.2.	Productos sustitutos	35
1.4.	Análisis de proveedores	36
1.4.1.	Identificación de principales proveedores en Guatemala.....	36
1.4.2.	Proveedores de materia prima	37
1.4.3.	Proveedores de repuestos	38
1.5.	Análisis de precios	38
1.5.1.	Análisis de precios en el mercado internacional.....	39
1.5.2.	Análisis de precios en el mercado nacional.....	40
1.5.3.	Estimación del precio de venta.....	41
1.6.	Canales de distribución	43
1.6.1.	Descripción de los canales de distribución.....	43
2.	ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA	45
2.1.	Alcance	45
2.2.	Consideraciones técnicas	46
2.2.1.	Normas de calidad	46
2.2.1.1.	Recomendaciones de la OMS en materia de calidad del agua potable.....	48
2.2.2.	Requerimientos necesarios del sistema	49
2.2.3.	Usos del sistema	51
2.2.4.	Bosquejo preliminar.....	53
2.3.	Selección de tecnología	57
2.3.1.	Descripción de las tecnologías a utilizar.....	57
2.4.	Diseño del equipo.....	60
2.4.1.	Diseño de unidades funcionales.....	60
2.4.1.1.	Unidades de prefiltrado	60
2.4.1.2.	Unidades de filtrado.....	62
2.4.1.3.	Unidades de sanitización.....	63

2.4.2.	Materiales necesarios.....	66
2.4.3.	Planos.....	68
2.4.4.	Diagramas de funcionamiento	70
2.4.5.	Diagrama de explosión	72
2.5.	Construcción de prototipo.....	73
2.5.1.	Bitácora de construcción.....	74
2.5.2.	Fotografías del equipo construido.....	75
2.6.	Pruebas	77
2.6.1.	Resultado de pruebas.....	78
2.6.2.	Análisis de pruebas	82
2.6.3.	Diseño de mejoras.....	85
2.7.	Implementación de mejoras.....	87
2.7.1.	Rediseño con base en mejoras	87
2.8.	Especificaciones del producto final.....	89
2.8.1.	Materiales utilizados	89
2.8.2.	Características.....	90
2.8.3.	Dimensiones	92
3.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL.....	93
3.1.	Estructura organizacional del proyecto.....	97
3.2.	Responsables.....	98
3.3.	Funciones	99
3.4.	Regulaciones guatemaltecas de calidad del agua.....	102
3.5.	Forma de manejo de la tecnología	109
4.	ESTUDIO ECONÓMICO	113
4.1.	Determinación del costo total del equipo	113
4.2.	Costos fijos de operación	115
4.3.	Costo variable de operación	116

4.4.	Punto de equilibrio.....	117
5.	ESTUDIO FINANCIERO	119
5.1.	Análisis financiero	119
5.1.1.	VPN	122
5.1.2.	TIR	123
5.1.3.	Análisis beneficio / costo	124
5.2.	Fuentes de financiamiento	126
5.3.	Análisis de sensibilidad	127
6.	ESTUDIO AMBIENTAL.....	131
6.1.	Descripción de los efectos ambientales	131
6.2.	Valuación de los efectos ambientales	134
6.3.	Conclusiones y estrategias de mitigación.	136
	CONCLUSIONES.....	139
	RECOMENDACIONES.....	141
	BIBLIOGRAFÍA.....	143
	APÉNDICES.....	145
	ANEXOS.....	151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Boleta de encuesta.....	14
2.	Gráfico de consumo de bebidas.....	23
3.	Gráfico de información de salud.....	24
4.	Gráfico de tipo de agua consumida.....	25
5.	Gráfico de tipo de servicio.....	26
6.	Mercado del agua	27
7.	Gráfica precio-hogares servidos	28
8.	Confianza de tecnología.....	29
9.	Tipos de envase	30
10.	Interpolación polinomial.....	31
11.	Normas de calidad del agua usadas en Latinoamérica.....	47
12.	Esquema preliminar del purificador de agua	53
13.	Esquema de unidades de prefiltrado.....	54
14.	Esquema preliminar del proceso de filtrado	55
15.	Esquema preliminar del sistema de desinfección	56
16.	Diseño unidad de prefiltrado	61
17.	Unidades de filtrado	63
18.	Unidades de sanitización	65
19.	Vista frontal del equipo.....	68
20.	Vista lateral del equipo	69
21.	Diagrama eléctrico	69
22.	Diagrama de flujo del proceso.....	70
23.	Diagrama de explosión.....	72

24.	Imagen del purificador de agua	75
25.	Imagen frontal del purificador	76
26.	Dispositivo Venturi	88
27.	Eficiencia de la lámpara.....	91
28.	Mortalidad de la lámpara	91
29.	Organigrama propuesto	97
30.	Estimación de ventas primeros 18 meses	120
31.	Gráfica del flujo de efectivo a 3 años	122
32.	Gráfico de impacto a la economía familiar del consumidor.....	125
33.	Gráfico de aporte a ingresos familiares	125
34.	Saldo acumulado	127
35.	Saldos acumulados, análisis de sensibilidad	129

TABLAS

I.	Género	16
II.	Consumo de bebidas	17
III.	Sondeo de información de salud.....	18
IV.	Tipo de agua consumida	18
V.	Tipo de servicio	19
VI.	Marcas de consumo	20
VII.	Precios y demanda	21
VIII.	Confianza de tecnología.....	22
IX.	Tipos de envase	22
X.	Precios en el mercado.....	40
XI.	Diagrama hombre maquina del purificador	71
XII.	Bitácora de construcción	74
XIII.	Resultados de análisis físico químico sanitario previo al proceso	79

XIV .	Resultados del análisis físico químico sanitario posterior al proceso	80
XV .	Resultados del análisis bacteriológico previo al proceso	81
XVI .	Resultado del análisis bacteriológico posterior al proceso.....	82
XVII .	Especificaciones finales	89
XXVIII .	Características sensoriales que debe tener el agua para consumo humano	103
XIX .	Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles.....	104
XX .	Relación de las sustancias inorgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud	105
XXI .	Substancias plaguicidas cuya presencia en el agua es significativa para la salud	106
XXII .	Substancias orgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud	107
XXIII .	Valores guía de la calidad microbiológica del agua	108
XXIV .	Valores guía para los aspectos radiológicos.....	108
XXV .	Radionúclidos indicadores de radiación y sus valores guía en agua.....	109
XXVI .	Costo de materia prima.....	114
XXVII .	Costos iniciales	115
XXVIII .	Costos fijos mensuales	116
XXIX .	Costos variables por garrafón producido	117
XXX .	Flujo de efectivo del proyecto (10 meses)	121
XXXI .	Análisis de sensibilidad	128
XXXII .	Matriz de identificación de impacto ambiental.....	133
XXXIII .	Matriz de evaluación ambiental.....	135

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Bq	Becquerel, unidad de medida de la actividad radiactiva
cm	Centímetros
σ	Desviación Estándar
\emptyset	Diámetro
\emptyset	Diámetro
Psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada, Unidad de presión
L	Litro
μ	Media aritmética o promedio
m	Metro
μm	Micrómetro
mL	Mililitro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
'	Pies
%	Porcentaje
Hp	Potencia en caballos de fuerza
”	Pulgadas

GLOSARIO

Aleatorio	Pertenciente o relativo al juego de azar.
Beneficio	Ganancia económica que se obtiene de un negocio, inversión u otra actividad mercantil.
Contaminar	Alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos o físicos.
Cualitativo	Que denota cualidad o características que no pueden ser descritas de forma numérica.
Cuantitativo	Pertenciente o relativo a la cantidad.
Demanda	Cuantía global de las compras de bienes y servicios realizados o previstos por una colectividad.
Desinfección	Acción de quitar a algo la infección o la propiedad de causarla, destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.
Distribución	Reparto de un producto a los locales en que debe comercializarse.

Dureza	Concentración de compuestos minerales de cationes polivalentes, que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio.
Estándar	Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia.
Factibilidad	Cualidad o condición de factible o realizable.
Filtro	Materia porosa, a través de la cual se hace pasar un líquido para clarificarlo de los materiales que lleva en suspensión.
Garrafón	Recipiente de líquidos con un volumen de 5 galones, utilizado generalmente en la distribución de agua potable embotellada.
Hidrostática	Parte de la mecánica que estudia el equilibrio de los fluidos.
Instrumento	Aquello que sirve de medio para hacer algo o conseguir un fin.
LMA	Límite Máximo Aceptable, es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores desde un punto de vista sensorial, sin que implique un daño a la salud del consumidor.

LMP	Límite Máximo Permisible, es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano.
Manómetro	Instrumento que mide la presión.
Muestreo	Selección de una pequeña parte estadísticamente determinada, utilizada para inferir el valor de una o varias características del conjunto.
OMS	La Organización Mundial para la Salud, autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas.
Ozono	Molécula formada por tres átomos de oxígeno, de estado gaseoso con propiedades oxidantes y de desinfección.
Planta	Instalación de tipo industrial.
Polinomio	Expresión compuesta de dos o más términos algebraicos unidos por los signos más o menos.
Potable	Adjetivo, Que se puede beber.
Radiación	Flujo de partículas o fotones con suficiente energía para producir ionizaciones en las moléculas que atraviesa.

<i>Red Bushing</i>	Pieza mecánica con rosca externa e interna de distinto diámetro.
<i>Refill</i>	Anglicismo utilizado para describir la acción de llenar nuevamente, un recipiente con alguna sustancia.
Residuos	Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.
Segmento	Cada uno de los grupos homogéneos diferenciados a los que se dirige la política comercial de una empresa.
Turbidez	Cualidad de ser mezclado o alterado por algo que oscurece o quita la claridad natural o transparencia.
UV	Ultravioleta; se dice de la radiación electromagnética que se encuentra entre el extremo violado del espectro visible y los rayos X y provoca reacciones químicas de gran repercusión biológica.
UV-C	Radiación ultravioleta de onda corta: radiación electromagnética de longitud de onda en el rango de 283 y 200 nm, peligrosa para los seres vivos, es capaz de eliminar bacterias y virus sin dejar residuos.

RESUMEN

El diseño y construcción de un equipo de purificación de agua, que cumpla con los criterios de calidad y costos bajos, es un reto que requiere de investigación aplicada, a modo de emplear a teoría para desarrollar tecnología que beneficie al ser humano. Por ello se diseñó un sistema de purificación de agua modular. Que tienen como objetivo brindar agua que cumpla los normativos nacionales e internacionales en relación al agua potable, como la Norma COGUANOR NTG 290001 y las guías de la OMS. El diseño de una planta, requiere de una serie de estudios que determine la factibilidad de implementar un proyecto utilizando el equipo de purificación de agua propuesto.

Por ello en el estudio de mercado, se identificaron todos los aspectos importantes que permitan la comercialización de los productos fabricados, y la planta en sí misma. En el estudio de ingeniería se incluyen todos los aspectos técnicos, de diseño, construcción y pruebas del equipo, siendo la sección más importante de la investigación, puesto que se desarrolló tecnología nueva denominada UV + Ozono, que aprovecha la radiación ultravioleta, UV-C para eliminar cualquier bacteria o virus presente en el agua y para generar ozono.

Sin embargo en la implementación de un proyecto de ese tipo, hay que tomar en cuenta los aspectos administrativos, la legislación nacional, normativos y recursos humanos. Los costos y la evaluación financiera, son de vital importancia puesto que se busca la viabilidad financiera de implementación del purificador y mantener bajos costos de ejecución y operación. Por último, el estudio ambiental determina los efectos del proyecto sobre el ambiente, y acciones para mitigar el impacto negativo.

OBJETIVOS

General

Diseño y construcción de equipo de sistemas de purificación de agua con capacidad industrial, de bajo costo de operación y fabricación.

Específicos

1. Desarrollar un proyecto con base en los métodos existentes de purificación de agua o desarrollar nuevos métodos, buscando la mayor eficiencia de implementación.
2. Elegir los métodos técnicas y sistemas de purificación adecuados para el proyecto, que cumplan con los criterios de funcionalidad y costos establecidos.
3. Diseñar y construir las unidades del sistema de purificación.
4. Realizar pruebas al equipo y al producto final, corregir errores, para brindar un equipo de alta calidad.
5. Establecer la factibilidad técnica, económica, financiera y ambiental de un emprendimiento utilizando el equipo de purificación.

INTRODUCCIÓN

El agua pura, uno de los recursos más importantes para la vida, indispensable, valioso y cada vez más escaso debido a la contaminación, es un bien considerado como indispensable para el ser humano, su acceso es un derecho humano. De tal modo que hay que aplicar la ciencias para producir tecnologías que solucionen y mitiguen problemas a través de investigación aplicada.

La ciudad de Guatemala y ciudades vecinas, tienen dificultades de disponibilidad de agua potable, para las familias el agua embotellada es la opción más segura, pero los precios altos que los productores y distribuidores imponen, hacen difícil para las familias de sectores populares, el acceso al agua pura de calidad. Este problema, llevó a plantear el proyecto de diseño y construcción de un purificador de agua a bajo costo, el cual debe ser fue evaluado bajo distintos puntos de vista para comprobar su viabilidad y factibilidad.

Por ello se procedió a diseñar y construir un equipo de capacidad industrial que cumpliera con los criterios de costos bajos y de calidad. También se realizaron los estudios de factibilidad correspondientes como lo son el estudio de mercado, técnico de ingeniería, económico, financiero y ambiental, necesarios para evaluar la viabilidad de implementar un proyecto de ese tipo.

Logrando con ello; el desarrollo de nuevas tecnologías, comprobar la factibilidad técnica, económica y financiera de la implementación de un equipo de purificación de agua a bajo costo y mitigar el problema del acceso al agua potable sin desatender los beneficios económicos y sociales.

1. ESTUDIO DE MERCADO

Establecer el segmento al cual va dirigido un proyecto, los beneficios económicos y sociales, el impacto que puede tener en el mercado o la cantidad demandada de los bienes producidos, requiere de investigación, cualitativa y cuantitativa que despeje esas dudas y más, en este capítulo se ampliará y se dará a conocer todos los aspectos mercadológicos, de implementar y poner en marcha una planta de purificación de agua, como la propuesta en esta investigación.

1.1. Definición del producto

Las necesidades constituyen una oportunidad en las economías para desarrollar productos o servicios, que la satisfagan; cuando una necesidad afecta a una gran población, es necesario satisfacerla mediante la aplicación de las ciencias y tecnología a modo de eliminarla o mitigarla. El agua es una necesidad básica para el ser humano, sin embargo debido a procesos de contaminación, encontrar agua apta para el consumo humano en la naturaleza es cada vez más difícil, todo esto ha llevado a que el agua potable, sea sujeto de comercialización, pese a que el 70 por ciento de la superficie del planeta está compuesta por agua, lo que supone un reto en la búsqueda de soluciones, por medio de productos que faciliten la obtención de vital recurso. Tomando en cuenta esos factores, el producto se define en dos aspectos importantes:

- Primero: un equipo de purificación de agua industrial de mediana capacidad, que brinde agua potable de calidad a un bajo costo de operación.

- Segundo; el agua pura producida como resultado del proceso realizado por la planta de purificación.

El producto está compuesto por prefiltros, filtros y unidades de potabilización; los prefiltros que tienen como objetivo dar un tratamiento previo al vital líquido con el fin aumentar la vida útil de los filtros de mayor precisión y costo. El sistema utiliza como medio de desinfección, luz ultravioleta cuya radiación es capaz de matar la mayoría de microbios en pocos segundos. También cuenta con un sistema de inyección de ozono, a modo de evitar la recontaminación bacteriana del agua al salir del equipo de tratamiento, todo esto con el fin de brindar agua con alto grado de pureza al final del proceso.

1.1.1. Características

El equipo de purificación está diseñado a modo de ser portátil, compuesto de múltiples piezas que se acoplan a través de un dispositivo llamado unión universal, tiene una capacidad aproximada de 5 000 litros, en una jornada de 8 horas. Lo cual equivale (si el agua se utiliza para embotellado) a 240 garrafones de 5 galones, de agua purificada de alta calidad, sin agentes infecciosos y otros contaminantes, el sistema posee 8 unidades funcionales las cuales son:

- Bomba de agua
- Prefiltro de grava, arena y otros
- Prefiltro de carbón activado (quita malos sabores)
- Filtro de 5 μm
- Filtro de 0,5 μm
- Unidad de rayos ultravioleta
- Tuvo Venturi de inyección de ozono
- Mezclador

Las unidades funcionales, son interdependientes entre sí, aunque existe la posibilidad de obviar el funcionamiento de algunas unidades, dependiendo el estado del agua a tratar, por ejemplo; si el agua a purificar es del grifo, significa que es un producto clarificado, por lo tanto no es necesario el uso de los prefiltros, y se puede proceder directamente a los filtros de 5 y 0,5 micrómetros.

1.2. Análisis de la demanda

El requerimiento de equipos de purificación de agua de tipo industrial es limitado, con un limitado número de clientes, por ello es necesario analizar el mercado del agua pura en sí, ya que la viabilidad de instalar una planta de este tipo depende en gran manera de la demanda de agua pura embotellada, a continuación se ampliará el análisis de la demanda.

1.2.1. Segmentación de mercado

El equipo se diseñó para la purificación de volúmenes aceptables de agua potable, de manera continua, de tal modo que se han identificado los siguientes clientes potenciales:

- Emprendimientos familiares
- Empresas de purificación de agua
- Organizaciones No Gubernamentales (ONG)
- Iglesias
- Cooperativas
- Municipalidades y otras entidades de gobierno
- Edificios públicos y privados
- Entidades de Socorro (cruz roja, CONRED)

Sin embargo por las características sociales de la investigación se prefieren organizaciones que tienen como meta el bienestar de la población, facilitando el acceso al agua pura, ya sean lucrativas o no lucrativas.

Respecto a la segmentación de mercado, una planta de purificación puede ser adquirida por los siguientes niveles socioeconómicos que representan el 70 por ciento de la población de la ciudad de Guatemala y ciudades vecinas.

- Nivel bajo D
- Nivel medio bajo C2

Según la definición de niveles socio económicos desarrollado por: Multivex sigma dos, empresa multinacional especializada en investigación de mercados radicada en Guatemala¹, dichos niveles poseen las siguientes características.

- Nivel D: ingresos familiares comprendido alrededor de los Q. 2 500,00 con una escolaridad de primaria completa, y secundaria parcial, el jefe de familia generalmente posee un puesto operativo con una remuneración cercana al salario mínimo, lo que obliga a varios miembros de la familia a contribuir al ingreso familiar. Las viviendas son modestas ubicadas en barros o colonias populares o bien edificios multifamiliares (generalmente alquiladas), poseen bienes y servicios necesarios, sin lugar a la ostentación.
- Nivel C2: ingresos familiares que oscilan un promedio de Q. 10 500,00 al mes, su nivel educacional se sitúa en estudios primarios y secundarios completos, por lo general son profesionales, comerciantes, pequeños industriales o ejecutivos de mandos medios. La vivienda es cómoda, generalmente de 3 habitaciones ubicadas en colonias de habitación.

¹ (Multivex Sigma Guatemala, 2009)

1.2.2. Características del beneficiario

El beneficiario, será aquel emprendedor individual, familia u organización que hará uso de la tecnología del equipo, para producción de agua potable, el usuario debe ser un ente que busque proveer el servicio de agua pura a un precio accesible a las personas que no tienen el acceso directo a ese recurso o personas que no posean los recursos suficientes para comprar agua embotellada a precios de mercado, a modo de ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas que habiten en el área de influencia del proyecto, a través de la oferta de agua pura segura, que esté libre de agentes infecciosos, bacterias, virus, compuestos orgánicos, minerales y residuos que puedan causar daño a la salud de los consumidores.

1.2.3. Comportamiento histórico de la demanda

La demanda de agua pura en Guatemala, está en aumento, debido al crecimiento demográfico en el país puesto que es un recurso vital y todo individuo necesita consumir agua para vivir, sin embargo la contaminación de fuentes naturales y la falta de confianza en las redes de distribución pública, ha hecho que la demanda de agua filtrada y embotellada creciera de manera exponencial durante los últimos años.

Desde los antiguos mayas Guatemala ya contaba con redes de distribución de agua, una muestra clara son los vestigios arqueológicos de Miraflores, y el montículo de La Culebra en la ciudad de Guatemala, considerado como uno de los acueductos más grandes construidos en la región, en la época prehispánica.

Con la llegada de los españoles el uso de nuevas tecnologías, extendió el uso de sistemas de distribución de agua, por medio de acueductos, canales y tubería de piedra, siendo posible abastecer ciudades como la antigua Guatemala.

Luego de la independencia, y con la llegada de los gobiernos liberales, se introdujo tecnología en materia de servicios, y obra pública. Iniciando la construcción de las primeras redes de agua entubada y suministros subterráneos así también de alcantarillado.

La década de los años 30, marco el inicio de la industria de purificación de agua en Guatemala puesto que se instalaron las primeras empresas de agua pura embotellada en Guatemala con una producción cercana a la artesanal.

En la década de los 50, los avances tecnológicos consecuencia de las guerras mundiales, introdujeron a Guatemala equipos de tipo Niágara, los cuales teneña la capacidad de producir hasta 220 garrafrones de 5 galones de agua pura por hora, surgiendo un monopolio del agua pura embotellada en Guatemala.

El terremoto de 1976, supuso para Guatemala una gran tragedia humanitaria, la destrucción de infraestructura a causa del sismo tuvo como consecuencia la escasez de agua potable, lo cual disparo de la demanda de agua embotellada para suplir las necesidades básicas de las población, y no solamente eso, implanto una cultura de consumo de agua embotellada a causa de las vicisitudes de la tragedia. Lo que llevo a que en 1977 aumentara la producción de las principales plantas embotelladoras de agua potable en el país de manera considerable.

El posterior crecimiento demográfico y la migración del campo a la ciudad, trajo consigo, nuevos problemas por resolver, como las necesidades de vivienda y de servicios públicos. El mal manejo de la situación de parte de las autoridades, causó el crecimiento desordenado de las ciudades, lo cual trajo consigo problemas de contaminación y desechos que afectaron principalmente a las fuentes de aguas superficiales disponibles para consumo, además de eso la escasez y falta de calidad, de las redes públicas, dieron como consecuencia un aumento significativo en la demanda de agua pura, embotellada.

En la actualidad Guatemala cuenta con una población cercana a los 15,4 millones de habitantes², de los cuales 24,74 por ciento no tiene acceso a agua potable lo cual supone que 3,81 millones de personas aproximadamente no tienen acceso al servicio de agua potable en Guatemala.

Entre el área rural, y urbana existe una marcada diferencia en el acceso del agua potable, el 90,46 por ciento de las familias en el área urbana tienen cobertura de servicio de agua potable, mientras que el 58,16 por ciento de las familias del área rural tienen acceso a las redes de servicio según proyecciones del INE al 2011.

Sin embargo el hecho de tener acceso a redes de distribución, no garantiza que el agua sea apta para el consumo humano, solamente dos municipios del país cuentan con agua potable certificada. Por ello se recurre a métodos de desinfección como hervir el agua, o la compra de agua purificada.

Existen múltiples oferentes de agua pura embotellada, sin embargo hay una marcada superioridad de una marca la cual ha sido líder en el mercado desde hace más de 80 años.

² (Instituto Nacional de Estadística INE, 2008)

Recientemente se han introducido nuevas tecnologías de filtración de agua, que supone el aumento de la competencia para el agua embotellada. Sin embargo el alto costo que impera en el agua embotellada desde el 2008, cuando se registro un incremento considerable de los precios, hace poco accesible para la población bajo el nivel de la pobreza, que representa alrededor del 60 por ciento de la población del país.

A causa de los aumentos al precio del agua pura, el mercado ha sido objeto de cambios, ya que la producción y venta de agua pura se ha hecho atractivo desde el punto de vista económico.

La nueva competencia la lideran emprendimientos productivos de pequeña escala, conocidos como; purificadoras, que abastecen de manera local barrios y colonias con agua pura, mediante equipos de filtración y tratamiento de agua, los cuales son en su mayoría importados.

1.2.4. Investigación de la demanda

El agua potable es un bien de consumo básico, por tal motivo se estima que la demanda de agua pura es alta en el Guatemala, sin embargo no hay datos exactos, por ello es necesario investigar el mercado para determinar: la cantidad demandada de ese recurso, los tipos de tecnologías de purificación usadas, la confianza y hábitos del consumidor respecto a la compra y uso de agua pura.

Con el propósito de conocer las tendencias, la demanda de agua pura, sistemas de purificación de agua como el propuesto .y dar conocer las condiciones de mercado para un adecuado manejo del sistema de purificación en base a las expectativas y necesidades de la población.

1.2.4.1. Método de investigación

Para analizar la demanda de agua pura en la región metropolitana y la viabilidad de implementar una planta de agua pura se utilizaron los siguientes métodos de investigación.

- Investigación de campo: se utilizará muestreo simple aleatorio, para describir el comportamiento de la población respecto al consumo de agua, a fin de estimar, la situación actual de consumo, y los precios que la población está dispuesta a pagar por el vital líquido.

Además se pretende determinar los usos y preferencia de la población respecto a las tecnologías de purificación ó métodos de obtención de agua potable para consumo familiar, en las principales ciudades de la región metropolitana, teniendo como referencia las siguientes opciones:

- Compra de agua embotellada en garrafones
- Recarga de recipientes
- Compra de agua embotellada en otras presentaciones
- Uso de filtros de agua
- Uso de filtros cerámicos (ecofiltro o similares)
- Unidades de tratamiento de agua ultravioleta
- Unidades de tratamiento por ozono
- Osmosis inversa
- Agua hervida
- Servicio de agua municipal
- Agua de pozo o manantial

Se pretende conocer la demanda de tecnologías de purificación y sanitización de agua en el país, y por medio de esto, conocer el nivel de demanda de equipos como el propuesto.

- Investigación cualitativa: a través del sondeo y la observación se busca estimar las necesidades del mercado, principalmente los requerimientos de las organizaciones respecto a tecnologías de purificación de agua. A fin de estimar la demanda de equipo de purificación de agua como el propuesto. Además de ello se pretende comprender la dinámica del mercado respecto a las empresas purificadoras de agua, y las expectativas de la población consumidora respecto a ellas, la investigación cualitativa se expondrá de manera más amplia en las siguientes secciones de la investigación.

- Determinación de la muestra: el cálculo del tamaño de la muestra se hará tomando en cuenta los siguientes criterios, relacionados a la cobertura del estudio:
 - La muestra será representativa de la región metropolitana por cuestiones de cobertura y costos.
 - El muestreo será aleatorio, por lo tanto se tomaran muestras en distintas locaciones del área metropolitana.
 - La muestra se calculara bajo procedimiento de muestreo aleatorio simple.
 - Se tomara en cuenta la población total del área metropolitana aproximadamente 3 millones de habitantes.
 - Se utilizará máxima varianza, debido a la falta de estudios previos.
 - Por lo tanto se utilizara la fórmula de muestreo aleatorio simple:

Fórmula:
$$n = \frac{N\alpha^2 pq}{Ne^2 + \alpha^2 pq}$$

Donde: N = tamaño de la población
 n = tamaño de la muestra
 e = error
 α = nivel de confianza al 95%
 p = probabilidad
 q = 1 – probabilidad

Si se toma como base una población estimada para algunas de las ciudades del área metropolitana de la ciudad de Guatemala,³ específicamente la ciudad de Guatemala, Mixco, Villa Nueva y Petapa, área donde se lleva a cabo la encuesta, cuya población estimada es de 3 034 712 para el 2013 según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística⁴.

$$n = \frac{N\alpha^2 pq}{Ne^2 + \alpha^2 pq}$$

$$n = \frac{3034712(1,96)^2(0,5)(0,5)}{3034712(0,05)^2 + (1,96)^2(0,5)(0,5)} = 384,1595 = 385 \text{ muestras}$$

Por lo tanto, se necesita realizar estudio de investigación con 385 muestras, lo cual tendrá como resultado datos estadísticos con un nivel de confianza del 95 por ciento y un error del 5 por ciento.

³ (Rafael Valladares, 2011)

⁴ (Instituto Nacional de Estadística INE, 2008)

1.2.4.2. Investigación cualitativa

Durante el proceso de muestreo se pudieron observar situaciones interesantes que poseen un impacto en los hábitos de consumo de agua en la población, un factor interesante es la forma en que las purificadoras de agua, han ido ganando espacio en el mercado del agua pura, generalmente están ubicadas en barrios y colonias, y su mercado principal es la población local, principalmente en San Miguel Petapa, ya que es un sector donde las purificadoras han tenido un éxito considerable, en comparación de otros sitios.

Según algunos de los pobladores esto se debe a que la atención de las purificadoras es personal, están al pendiente de sus clientes y realizan llamadas para preguntar si necesitan el servicio, además de eso, cuentan con facilidades como el servicio a domicilio, característico de las purificadoras de ese sector.

La capacidad de distribución es muy importante en el mercado de agua pura, en algunos casos se observó que ciertas personas utilizan dos o más marcas de agua pura en garrafón. Al preguntar el porqué del uso de distintas marcas, las personas afirmaban en la mayoría de ocasiones que el camión del agua pasa por su casa. Esto muestra que en el mercado del agua, la logística de distribución es sumamente importante ya que es muy solicitado el servicio en casa.

Se observó que uno de los factores clave del éxito en el mercado del agua, es la confianza, ya que si el consumidor confía en la calidad y pureza del agua, crea fidelidad a la marca de agua, como se pudo observar en el comportamiento de los consumidores respecto a la marca líder en el mercado, ya que la utilizaban como ejemplo, para referirse a la pureza del agua.

Por otra parte se observó que la población no tolera problemas en el agua, algunas personas afirmaron cambiar de marca o servicio de agua embotellada cuando esta presento problemas de mal olor, sabor, cierto grado de turbidez y contaminación microbiana.

Las malas experiencias con el servicio, hicieron que cambiara el interés a las marcas, pese a que se consumió el producto durante años, por ello se debe tomar en cuenta que el control de calidad en una empresa de purificación de agua, es sumamente importante, puesto a que si el producto llega con algún signo de contaminación al consumidor, es muy difícil recuperar la confianza del cliente, lo que se traduce en pérdidas a largo plazo para cualquier emprendimiento de ese tipo.

Aunado a esto, también existe confianza a otros métodos de purificación de agua, muchas personas, principalmente personas de una edad superior a los 40 años, afirmaban que el agua hervida, les daba mayor confianza, incluso más que el agua embotellada de marcas reconocidas.

1.2.4.3. Investigación de campo

La investigación de campo se llevo con el objetivo de conocer los hábitos de consumo de la población, los conocimientos generales de la población respecto al agua purificada, estimar la demanda de agua purificada en la ciudad de Guatemala y ciudades circunvecinas, los precios de venta de los garrafones de agua en el mercado, gustos y preferencias de la población respecto a las marcas de agua y las tecnologías de purificación disponibles y al alcance de la mano. La encuesta se llevara a cabo de manera personal, y para hacer el proceso más rápido y sencillo se facilita una boleta al encuestado el cual responderá de manera verbal al investigador como lo muestra la figura 1.

Figura 1. **Boleta de encuesta**

Boleta de Encuesta de Agua y hábitos de consumo
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Sector donde vive la persona:- _____ genero: M / F Fecha: _____

1. Cual es la bebida que más consume durante el día:
-Agua -Gaseosas -Café -Te -Fresco -Jugos
-Otros: _____

2. Cuantos Vasos de Agua consume al día? _____

3. Sabe que los expertos recomiendan consumir por lo menos 8 vasos? Si / No

4. Que tipo de Agua Pura Consume?
- Garrafón -filtrada con Cerámicos (Eco filtro o similares)
-Ozonada -Filtrada UV
-Clorada -Hervida
-del grifo -otros: _____
-Embotellada (otras presentaciones)

Si la respuesta fue Garrafón

5. Lleva su garrafón de agua a rellenar o prefiere el servicio en casa? _____

6. Cuanto paga por un garrafón de agua? Q. _____

7. Con que frecuencia consume un garrafón

8.Cuál es la marca de agua preferida por su persona?
-Salvavidas -Scandia -Aqua -Tatos -otras: _____

9. Cuanto le gustaría o está dispuesto a pagar por un garrafón de agua de buena calidad? _____

10. Qué tipo de agua le parece más confiable?
-Embotellada (garrafón) -Filtrada por Cerámicos (Ecofiltro y similares)
-Ozonada -Filtrada UV
-Clorada -Hervida
-del grifo -otros: _____

11. Que presentación de agua prefiere adquirir?
-Garrafón -Litro -Vaso -Doble litro -Galón
-Pachón (1/2litro) -Otros: _____

Fuente: elaboración propia.

1.2.4.3.1. Instrumentos

El instrumento utilizado fue una boleta de encuesta, la cual sirve como guía a la persona entrevistada para contestar las preguntas, como lo muestra la figura 1, la persona encuestada, responderá de manera verbal el cuestionario a modo de agilizar el proceso de transferencia de información.

1.2.4.3.2. Muestreo

Debido a que la muestra planificada fue aleatoria, se identificaron varios puntos geográficos en la ciudad de Guatemala, Mixco, Villa Nueva y Petapa que permitieran lograr una muestra representativa. Los lugares fueron elegidos en base a la cantidad de gente que transita en el lugar por ello se tomaron en cuenta las siguientes ubicaciones:

- Universidad de San Carlos, zona 12 de Guatemala
- Central de transferencia sur
- Transmetro eje sur y eje central (zonas 12, 11, 3,9,4 y 1)
- Paseo La Sexta, zona 1
- Parque central de la ciudad de Guatemala
- C.c. Peri-roosevelt, zona 7
- C.c. Paseo Cayalá, zona 16
- C.c. Géminis y c.c. Oakland Mall, zona 10
- Avenida Petapa (entrada a la USAC, trébol)
- Parque central de Villa Nueva
- Zona 4 de Villa Nueva
- Zona 2 de Mixco

Una de las características de estos lugares es el alto tráfico de personas, puesto que son espacios de tránsito o esparcimiento abiertos al público en general, esto hace posible encontrar individuos que habitan en las ciudades incluidas dentro del área de estudio, sin necesidad de ir a los centros urbanos de cada municipio, ya que en la región metropolitana, la ciudad de Guatemala es el principal lugar de trabajo de la mayoría de residentes de las ciudades vecinas.

1.2.4.4. Tabulación de datos

Luego de llevar a cabo el proceso de recolección de información, en la actividad de campo, se procede a tabular la información a través de hojas de cálculo a modo de consolidar los datos y presentarlos de forma ordenada, permitiendo una mejor interpretación de los resultados obtenidos en la investigación, a continuación se muestran los datos obtenidos ordenados en tablas y los respectivos porcentajes.

- Género de las personas entrevistadas

Tabla I. **Género**

Género de las personas encuestadas		
Género	Cantidad	Porcentaje
Femenino	231	60%
Masculino	154	40%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 1, ¿Cuál es la bebida que más consume durante el día?. Pregunta diseñada para determinar los hábitos de consumo del área de estudio

Tabla II. **Consumo de bebidas**

Pregunta 1		
Tipo	Cantidad	Porcentaje
Agua Pura	244	63,21%
Gaseosas	51	13,21%
Café	34	8,81%
Té	14	3,63%
Jugos	10	2,59%
Cerveza	1	0,26%
Fresco	31	8,03%
Licuidos	1	0,26%
Sumatoria	386	100,00%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 2, ¿Cuántos vasos de agua consume al día?. Los datos obtenidos presentan un resultado promedio equivalente a 5.14 vasos de agua al día, con una moda de 4 vasos
- Pregunta 3, ¿Sabe que los expertos recomiendan consumir por lo menos 8 vasos de agua al día?. Corresponde a un sondeo sobre la educación sobre hábitos saludables en la población

Tabla III. **Sondeo de información de salud**

Pregunta 3		
¿Sabe?	cantidad	Porcentaje
Si	350	90,67%
No	36	9,33%
Sumatoria	386	100,00%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 4. ¿Qué tipo de agua pura consume?. Indica la fuente directa de abastecimiento de agua pura en las familias encuestadas, tomando en cuenta la presentación del producto adquirido.

Tabla IV. **Tipo de agua consumida**

Pregunta 4		
Tipo	Cantidad	Porcentaje
Garrafón	262	67,88%
Filtro UV	11	2,85%
Manantial	2	0,52%
Cerámico	13	3,37%
Chorro	25	6,48%
Filtrada	11	2,85%
Ozono	17	4,40%
Hervida	15	3,89%
Bolsa	3	0,78%
Botella PET	16	4,15%
Clorada	11	2,85%
Sumatoria	386	100,00%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 5. ¿Lleva su garrafón de agua a rellenar o prefiere el servicio a casa?. Indica el tipo de servicio preferido por las familias respecto a la distribución del garrafón de agua.

Tabla V. **Tipo de servicio**

Pregunta 5		
Servicio	Cantidad	Porcentaje
Casa	226	86,26%
Auto Servicio	36	13,74%
total	262	100,00%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 6. ¿Cuánto paga por un garrafón de agua?. El precio varía entre marcas, pero las estadísticas muestran que el promedio de pago por un garrafón de agua en la región de estudio es de Q. 13,79 y la moda asciende a Q. 16,00.
- Pregunta 7. ¿Con que frecuencia consume un garrafón?. Con una magnitud en días, los datos obtenidos se revelaron que un garrafón dura en promedio 5,94 días.
- Pregunta 8. ¿Cuál es la marca de agua pura preferida por su persona?. Representa los gustos y preferencias del consumidor, respecto a las marcas disponibles en el mercado guatemalteco, la pregunta fue abierta por tal motivo se obtuvieron los datos presentados en la tabla VI, que se presenta a continuación.

Tabla VI. **Marcas de consumo**

Pregunta 8		
Marca	Cantidad	Porcentaje
Salvavidas	188	71,48%
Purificadoras	22	8,37%
Skandia	29	11,03%
Otros	12	4,56%
El Cielo	3	1,14%
Fuente	3	1,14%
Xajanal	2	0,76%
Pura Fiel	2	0,76%
Cascada	2	0,76%
Sumatoria	263	100,00%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 9. ¿Cuánto le gustaría o está dispuesto a pagar por un garrafón de agua de buena calidad?. A modo de establecer el comportamiento del precio y la demanda, se tabularon los datos con cantidades acumuladas, con el fin de obtener una función precio y demanda de agua pura en garrafón en el área de estudio, como se muestra en la tabla VII, donde se presenta el precio sugerido por los consumidores, versus la cantidad de consumidores que pagarían un garrafón a ese precio.

Según las leyes de la microeconomía, la demanda es inversamente proporcional al precio, en base a ese principio, se estableció que la cantidad acumulada de personas representa al total de población que está dispuesta a pagar una cantidad igual o menor al precio sugerido.

Tabla VII. Precios y demanda

Pregunta 9		
Precio (Q)	x (cantidad)	Σx (acumulada)
35	1	1
30	1	2
25	3	5
20	29	34
18	3	37
17	4	41
16	53	94
15	65	159
14	14	173
13	8	181
12	41	222
11	6	228
10	98	326
9	7	333
8	14	347
7	4	351
6	5	356
5	19	375
4	2	377
3	1	378
0	7	385

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 10. ¿Qué tipo de agua le parece más confiable?: determinar la confianza de la población en las tecnologías y servicios de purificación disponibles en Guatemala.

Tabla VIII. **Confianza de tecnología**

Pregunta 10		
Tecnología	cantidad	Porcentaje
Embotellada	185	48,05%
Hervida	86	22,34%
Manantial	22	5,71%
Clorada	16	4,16%
Osmosis	5	1,30%
Ozono	27	7,01%
Cerámico	10	2,60%
UV	21	5,45%
Filtrada	11	2,86%
Chorro	2	0,52%
Sumatoria	385	100,00%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 11. ¿Qué presentación de agua prefiere adquirir?. Sondeo para determinar los tipos de envase que las personas prefieren.

Tabla IX. **Tipos de envase**

Pregunta 11		
Presentación	cantidad	Porcentaje
Litro	29	7,51%
Garrafón	178	46,11%
Botella 500 ml	125	32,38%
Vaso	9	2,33%
Botella 750 ml	12	3,11%
2 litros	8	2,07%
Bolsa	16	4,15%
Galón	9	2,33%
Sumatoria	386	100,00%

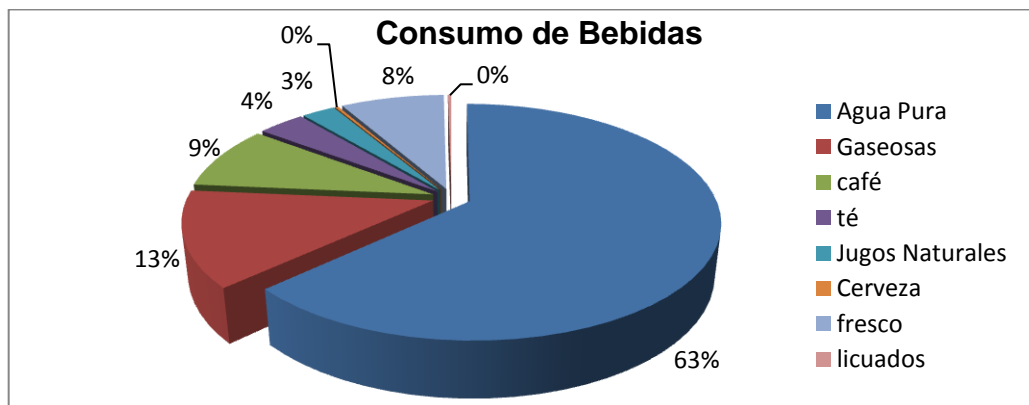
Fuente: elaboración propia.

1.2.4.5. Interpretación de resultados

Los resultados se tabularon en la sección anterior a través de tablas, en esta sección se mostraran gráficos y se interpretaran los resultados de la encuesta realizada.

- Pregunta 1, ¿Cual es la bebida que más consume durante el día?. Como parte del sondeo para conocer los hábitos de consumo de bebidas en la población, se pudo observar una marcada superioridad del agua como bebida de consumo principal, sin embargo es preocupante que un 13 por ciento de la población consuma gaseosas y el 8,8 por ciento café como bebida de consumo principal ya que no son de beneficio para la salud. Respecto al té, fresco, licuados y jugos son bebidas a base de agua, con ingredientes naturales, representan el 14,5 por ciento de los consumidores, este tipo de bebidas no supone un riesgo significativo para la salud de los consumidores, esta situación se observa en la figura 2, que muestra el gráfico correspondiente a la pregunta 1.

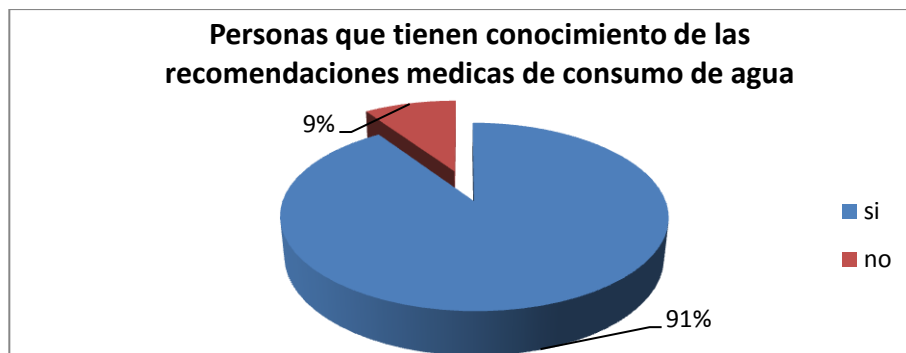
Figura 2. **Gráfico de consumo de bebidas**



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 2 y 3. ¿Cuántos vasos de agua consume al día?. Una de las principales recomendaciones médicas para el cuidado de la salud es el consumo de un mínimo de 8 vasos de agua durante el día, sin embargo la población solamente consume un promedio de 5,14 vasos, con una desviación de 2,83 y una moda de 4 vasos de agua al día, la desviación indica una variabilidad alta, sin embargo es alarmante que gran cantidad de la población no consuma el mínimo recomendado, paradójicamente solamente un 9 por ciento de la población desconocía sobre las recomendaciones medicas, lo cual muestra cierta negligencia de la población respecto al consumo de agua, como lo muestra la figura 3.

Figura 3. **Gráfico de información de salud**

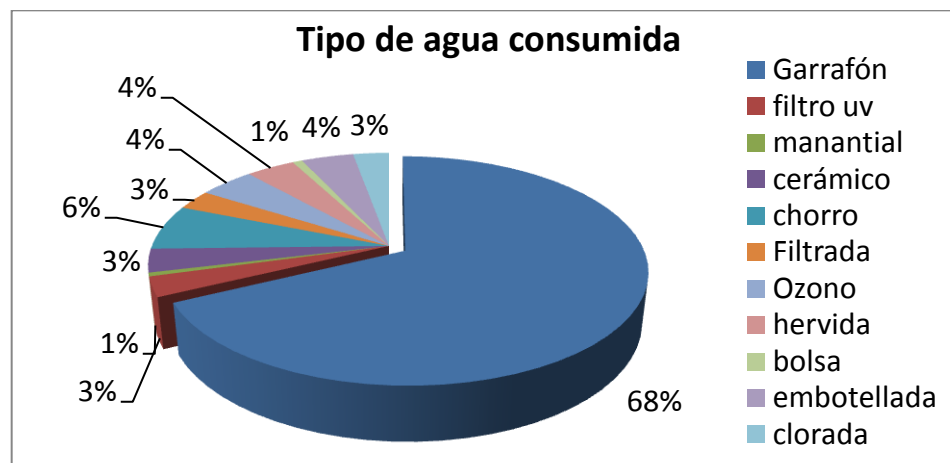


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 4. ¿Qué tipo de agua pura consume?. Los datos en la tabla IV, indican que la principal fuente de agua pura para consumo humano es el agua embotellada en la presentación de garrafón, con un 68 por ciento de la población, indicando la superioridad en el consumo de garrafones como fuente primaria del vital líquido. Hay que tener en cuenta, que la compra de este producto es familiar debido a las características y al volumen de almacenamiento de esa presentación.

Según datos estadísticos, el promedio de personas que integran una familia es de 5,2 personas,⁵ y la población estimada en el área de estudio es de 3 034 712 personas, esto representa un número estimado de 583 598 familias. De tal modo que si el 68 por ciento de esos hogares consumen agua pura en garrafón, alrededor de 396 846 hogares aproximadamente, consumen el producto en la ciudad de Guatemala, Villa Nueva, Mixco y Petapa.

Figura 4. **Gráfico de tipo de agua consumida**

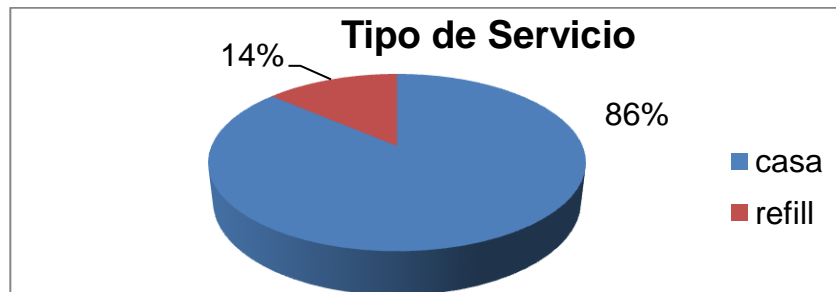


Fuente: elaboración propia.

- **Pregunta 5.** ¿Lleva su garrafón de agua a rellenar o prefiere el servicio a casa?. Esto demuestra las tendencias de consumo de garrafones de agua, tomando en cuenta los datos de la tabla V, de los 396 846 hogares que consumen garrafones, el 86.26 por ciento prefieren el servicio a casa equivalente a 342 319 hogares que prefieren el servicio de agua pura en casa. Mientras que el resto 54 527 hogares prefieren llenar su garrafón a un centro de llenado, o purificadoras donde los precios son mejores.

⁵ (Instituto Nacional de Estadística INE, 2008)

Figura 5. **Gráfico de tipo de servicio**

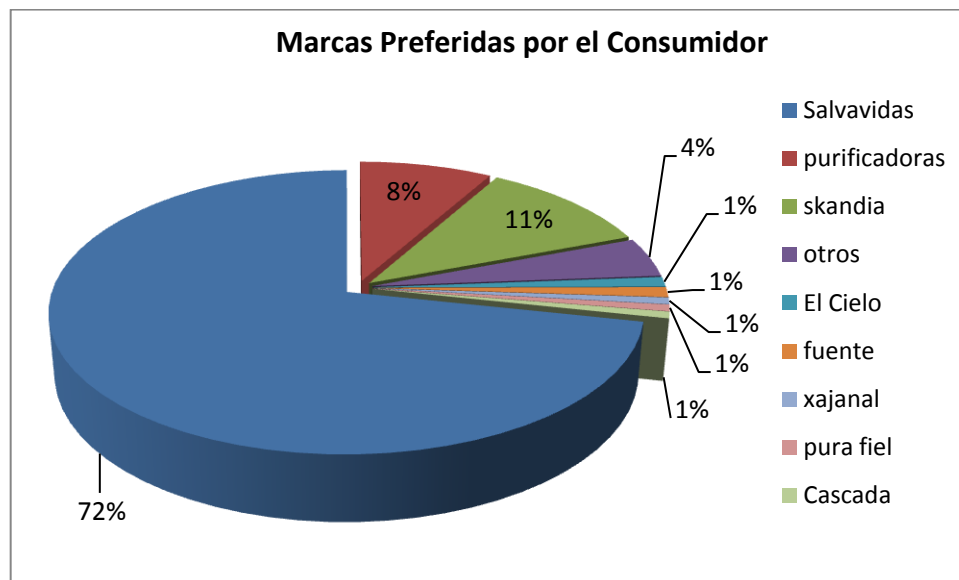


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 6. ¿Cuánto paga por un garrafón de agua?. Esta pregunta es básica para conocer el estado del mercado del agua en Guatemala el precio varía entre marcas, el promedio de pago es de Q. 13,79 sin embargo se detecto que el precio es específico dependiendo la fuente del agua. Este tema se ampliara en siguientes secciones.
- Pregunta 7. ¿Con que frecuencia consume un garrafón?. Clave para el cálculo de la demanda de agua, ya que es un bien de consumo continuo, según la encuesta, el garrafón dura en promedio 5,94 días con una desviación de 4,92 días, es una desviación bastante alta, debido a que el tiempo de consumo de un garrafón es inversamente proporcional a la cantidad de personas que habitan en el hogar.
- Pregunta 8. ¿Cuál es la marca de agua pura preferida por su persona?. En referencia al consumo, determina el porcentaje del mercado de agua pura en garrafón que hay en el área metropolitana. Según la grafica en la figura 6, es notoria la superioridad de la marca líder con un 72 por ciento del mercado. siendo seguida por un gran margen por la siguiente marca con solamente el 11por ciento de participación en el mercado.

Las purificadoras sólo abarcan el 8 por ciento del mercado de agua purificada, sin embargo estas están teniendo un auge importante debido al precio alto de las marcas principales.

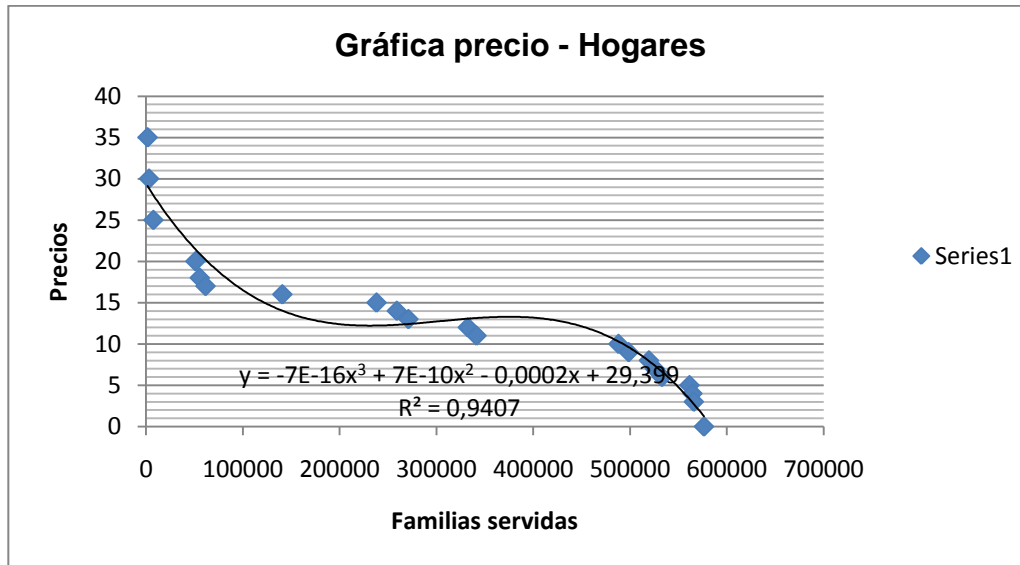
Figura 6. Mercado del agua



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 9. ¿Cuánto le gustaría o está dispuesto a pagar por un garrafón de agua de buena calidad?. El objetivo de la pregunta es determinar la demanda de garrafones de agua en la región de estudio, el gráfico de la figura 7, muestra la cantidad demandada y el precio de venta. Basado en los datos de la tabla VII, como se puede ver una gráfica a simple vista, el comportamiento de la demanda es en forma de polinomio, por tal razón se aplicara un proceso de regresión lineal, para hallar una ecuación que describa de manera adecuada el comportamiento de la demanda de agua pura en garrafón en al mercado de las principales ciudades de la región metropolitana.

Figura 7. Gráfica precio - hogares servidos



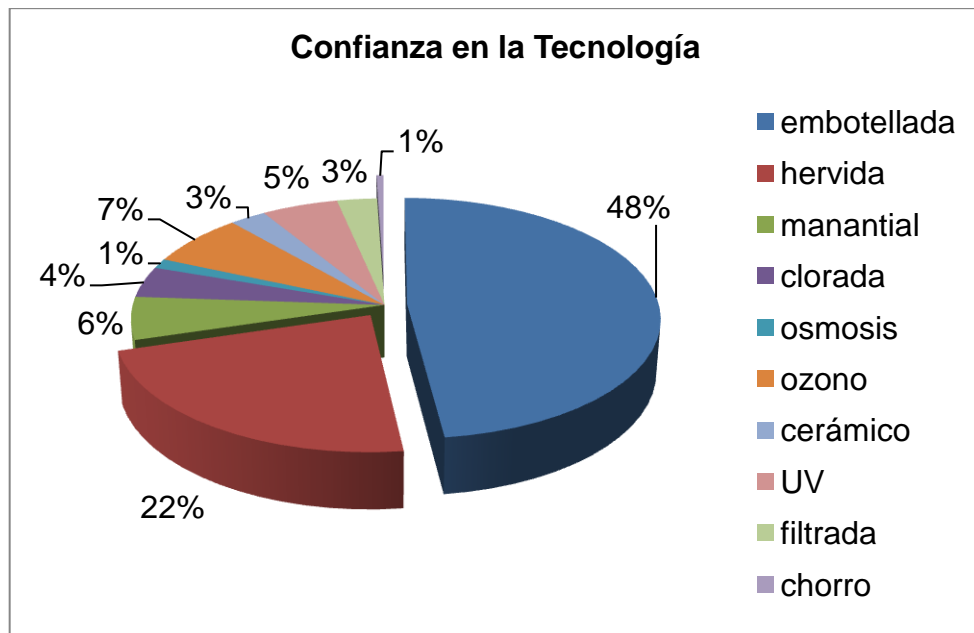
Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 10. ¿Qué tipo de agua le parece más confiable?. Gran parte de los consumidores desconoce las tecnologías modernas de purificación de agua, esta tendencia es bastante clara, al observar los resultados de la encuesta; el 48 por ciento de las personas afirmó que la mejor tecnología era el agua embotellada sin especificar la tecnología de purificación, puesto que desconocen el proceso que utilizan las empresas.

El 22 por ciento aseveró que el agua hervida era la más confiable, pese a que muchas personas aseveraron que su sabor no es agradable, el 4 por ciento de las personas encuestadas afirmó que el agua clorada era la mejor forma de purificar el agua, y el 19,2 por ciento de las personas mostró conocimiento sobre tecnologías de purificación más modernas como la ultravioleta y por ozono.

Respecto a otras tecnologías, el 3 por ciento mostró preferencia por los filtros cerámicos que incluyen tecnologías como ecofiltro, o filtros de candelas cerámicas. Solamente uno por ciento de las personas encuestadas eligió el proceso de ósmosis inversa (el proceso más moderno disponible en el mercado) como el más confiable para tratar el agua.

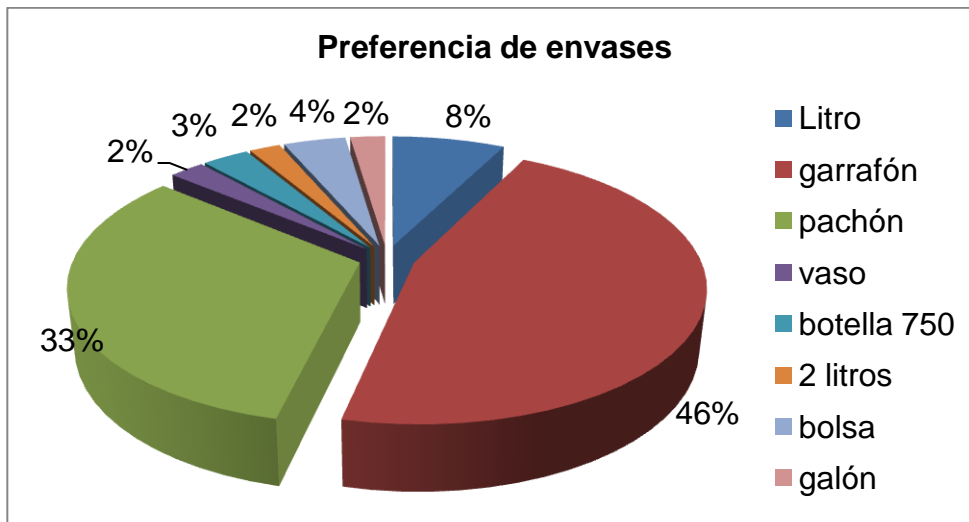
Figura 8. **Confianza de tecnología**



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 11. ¿Qué presentación de agua prefiere adquirir?. Según la figura 9, se pueden observar las tendencias respecto al tipo de envase preferido por el público, notando que las presentaciones mas aceptadas son el garrafón y la botella, el primero por la capacidad de almacenaje que tiene el envase para el consumo familiar y el segundo por la conveniencia y portabilidad que posee en el consumo individual.

Figura 9. Tipos de envase



Fuente: elaboración propia.

1.2.5. Proyección de la demanda

La demanda de plantas purificadoras de agua en Guatemala, es incierta puesto que la compra y venta de esos productos se realiza bajo pedido y su costo es relativamente elevado. Es muy difícil de estimar la cantidad demanda de los equipos, puesto que depende directamente de los emprendimientos realizados en la industria del agua pura.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, la proyección de la demanda se realizará con base en el consumo de garrafones de agua, para estimar la cantidad demandada de ese producto en la ciudad de Guatemala, Villa Nueva, Mixco y Petapa, a modo de estimar de manera realista, la participación en el mercado que se puede llegar a tener en el mercado al poner en marcha un emprendimiento utilizando planta de purificación y tecnología propuesta en el estudio técnico de ingeniería.

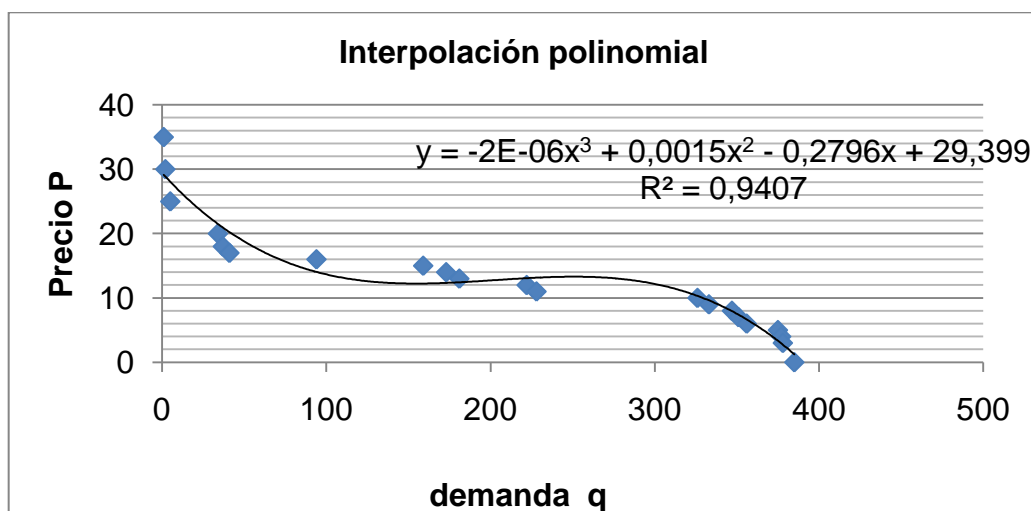
La pregunta número 9 de la encuesta, pretende obtener una curva que describa el precio y demanda de garrafones de agua en el área de estudio, sin embargo la curva de la demanda total obtenida en la investigación realizada, corresponde a las expectativas de los consumidores.

Por medio de regresión lineal se halla la ecuación, evaluada mediante análisis visual y el análisis de los coeficientes de correlación, se determino como la que más se adapta al comportamiento de mercado, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$f(P) = -2,5 * 10^{-6}q^3 + 0,0015q^2 - 0,2796 + 29,399$$

El resultado de la ecuación debe ser multiplicado por un factor de compensación equivalente a (583 598 familias / 385 encuestas = 1 598,9) esto indica que cada unidad en el grafico, es equivalente a 1 598,9 familias.

Figura 10. **Interpolación polinomial**



Fuente: elaboración propia.

La figura 10 muestra claramente el comportamiento de la demanda; en el rango de precios de Q. 10,00 a Q. 16,00 se observa una gran elasticidad precio/demanda. Al optimizar la función el precio de venta: Q. 13,24 representa mayor ganancia, y la cantidad de familias que harían uso del agua embotellada ascendería a 479 670 con un consumo aproximado de 2 422 334 garrafones mensuales, tal número de familias es mayor a la cantidad que hacen uso del agua en garrafón en la actualidad, según el sondeo realizado.

En el análisis cualitativo efectuado se observó claramente que la fortaleza de las principales marcas de agua purificada, es la distribución del producto, y la conveniencia que represente para el cliente adquirirlo, por ello la cantidad demandada de agua pura, se limita al área de influencia geográfica que pueda poseer la organización y a la confianza en el producto y marca.

Un emprendimiento en el sector del agua pura, debe luchar por posicionarse en el mercado ya existente por ello se puede decir que una sola planta con una inversión baja en publicidad puede llegar a ocupar un porcentaje bajo en el mercado, sin embargo, debido a la magnitud del mercado, sería posible atender a 393 familias que se encuentren un en un área geográfica cercana a la organización, como una colonia, barrio o zona.

393 familias representan solamente el 0,067 por ciento del total de ellas en la zona de estudio. Si se toma en cuenta que se determinó consumo promedio es de un garrafón es de 5,93 días, lo que se traduce en 5,05 garrafones al mes, la demanda mensual probable para un emprendimiento con el purificador sería de 1 984 garrafones al mes. Ese dato aplica para un área geográfica de influencia. Para aumentar la participación en el mercado se debe contar con un buen sistema de distribución, que complemente el equipo de purificación, asegurar la calidad y el trato al cliente, hasta posicionarse de buena manera.

1.3. Análisis de la oferta

La oferta de sistemas de purificación de agua en Guatemala de producciones similares al del producto es muy escasa, la mayoría de equipos se compra a empresas extranjeras y se importan, la asesoría de instalación y viáticos de los técnicos también corre a cuenta de la organización que compra el equipo.

Existen distribuidores en Guatemala que brindan servicios como, mantenimiento de plantas de purificación, y de ciertas unidades específicas de filtrado, entre las empresas con capacidad de construcción e instalación de plantas de purificación están:

- Oro azul, agua pura 2000
- Hidroambiente S.A.
- Hidrotecnia S.A.
- Eco-Tec S.A.

Estas empresas a excepción de la primera, son filiales de empresas extranjeras, que se hacen presentes en el mercado guatemalteco, y son representantes de las principales marcas de filtros, bombas de agua, generadores de ozono.

Son distribuidores de unidades específicas de sistemas de tratamiento de agua residual y potable, como:

- Filtros de lecho profundo
- Filtros de carbón activado
- Filtros de arena sílica

- Filtros de antracita
- Ablandadores de agua
- Membranas y sistemas de osmosis inversa
- Unidades de rayos ultravioleta
- Unidades de ozono.
- Bombas de agua

Hay que notar que solamente una de las empresas tiene entre su gama de productos, la construcción de plantas de purificación de agua.

1.3.1. Productos similares

Se han identificado ciertos productos similares todos aquellos que pueden reemplazar a un sistema como el propuesto, a continuación se presentan los principales productos similares.

- Plantas o unidades de ósmosis inversa: forman parte de las nuevas tecnologías de tratamiento de agua, y tienen la ventaja de tratar casi cualquier tipo de agua cruda, sin embargo su costo es muy elevado, debido al uso de membranas de alta tecnología.
- Planta NCW de fibra de vidrio: es una planta de tratamiento de agua especialmente diseñada para purificación de agua para comercializar en garrafón o botella PET, una de las más utilizadas en el mercado guatemalteco.
- Equipos industriales para producción de agua pura para embotellar con filtros de lecho profundo y unidades de sanitización.

1.3.2. Productos sustitutos

Se identifica como productos sustitutos, a todos aquellos a los que el consumidor puede recurrir, si en caso no está disponible el producto. De tal modo que se han identificado los siguientes productos en el mercado guatemalteco como productos sustitutos:

- Unidades portátiles de ozono: son pequeñas unidades de filtrado y ozonado del agua, se utilizan para brindar un suministro de agua pura en edificios o casas, utilizan agua clarificada del sistema de abastecimiento público.
- Agua pura en garrafón: es la principal fuente de agua para consumo humano en el país, debido al fuerte posicionamiento de las marcas en el mercado guatemalteco.
- Filtros cerámicos: es un sistema de filtración de agua, bastante sencillo, utilizado principalmente en áreas rurales, utilizan filtros cerámicos y como desinfectante utilizan el antibiótico conocido como plata coloidal.
- Servicio público de agua: es la fuente más barata de agua, aunque en realidad gran parte de la cobertura del servicio no es potable, los consumidores tienden a hervir el producto para desinfectar el vital líquido.
- Tabletas de desinfección de agua potable: están elaboradas de productos químicos que eliminan microorganismos del agua, son utilizadas principalmente para situaciones de emergencia y por la milicia.

1.4. Análisis de proveedores

Se consideran como potenciales proveedores a todas aquellas empresas u organizaciones que faciliten el acceso a materia prima, repuestos e insumos, necesarios para la construcción y funcionamiento del sistema de purificación de agua. Sin embargo no existen proveedores capaces de suministrar todas las piezas y materia prima necesaria para la construcción del proyecto, por ello se requerirá de múltiples proveedores a fin de solventar las necesidades de construcción de un sistema como el propuesto.

1.4.1. Identificación de principales proveedores en Guatemala

Los proveedores son claves para el funcionamiento de una organización, brindan la materia prima e insumos necesarios para la producción, entre las principales empresas proveedoras de insumos y materiales necesarios para la construcción y mantenimiento de equipos de purificación de agua y piezas de repuesto están:

- Amanco: tubería PVC, uniones, bombas de agua, válvulas, manómetros, cables de corriente, mangueras, entre otros.
- Comerrsa: arenas para filtrado, bentonita, filtro ayudas, coagulantes y floculantes, cartuchos y discos de membranas, cargas funcionales, resinas decolorantes, equipos de filtración, carbones activados, arenas y gravas sílicas.
- Eco-tec: arenas y gravas especiales para filtrado, cartuchos y discos de membranas, filtros, sistemas de osmosis y lámparas ultravioleta.

- Hidrotecnia S.A.: sistemas de purificación, repuestos, carcasas y cartuchos de filtros, lámparas ultravioleta de medidas especiales.
- Diprel S.A.: cableado, accesorios eléctricos.
- Servicios industriales y agrícolas S. A. (Sidasa): bombas de agua, ablandadores de agua, filtros de sedimentos.
- Serviozono S.A.: repuestos para unidades de producción de ozono, bombas de aire, unidades ultravioleta.
- Regeplast S.A.: bombas de agua, válvulas, conexiones y otros accesorios de PVC.

1.4.2. Proveedores de materia prima

La materia prima de un equipo es diversa y depende de la unidad y función que se necesite, por ejemplo, para conducción de agua, se utilizan tubos y accesorios de PVC, sin embargo para filtrado se utilizan carcasas plásticas, filtros, sin contar el cableado y las conexiones eléctricas entre otras.

En la planta realizada se utilizaron a los siguientes proveedores de materias primas, tomando en cuenta como materia prima, todo material que tuvo que ser sujeto a proceso durante la fabricación.

- Construfacil
- Diprelsa
- Ferretería Petapa
- Técnica Comercial S.A.

1.4.3. Proveedores de repuestos

Algunas unidades del sistema, se deben de comprar integralmente a un proveedor, debido a que no es posible fabricarlas con los medios disponibles, o bien porque el hecho de fabricarlas constituye un gasto mayor. Entre estas unidades están: cartuchos para filtrado, arenas y gravas, carcasas para filtros, lámparas UV entre otros. Los proveedores son los siguientes:

- Hidrotecnia S.A.
- *Blue Gold Pure Water 2000*
- Electroma; Electro Materiales Sociedad Anónima

1.5. Análisis de precios

El precio de una planta purificadora, es muy importante y depende de varios factores, como: el mercado, los márgenes de ganancia deseados, los costos implícitos y explícitos que la fabricación del equipo conlleva.

El precio de plantas purificadoras son altos en el mercado, puesto que se trata de maquinaria industrial, las plantas más sencillas rondan en precios de venta de Q. 10 000,00 a Q. 20 000,00 mientras que sistemas más complejos de gran volumen pueden llegar a costar millones, dependiendo de la capacidad y la tecnología utilizada.

El precio del producto de una planta de producción, es decir, un garrafón de agua, está sujeto a los precios del mercado y a la confianza de los consumidores tengan a la marca, analizar estas variables permiten determinar que tan lucrativo es el negocio de la purificación de agua.

Otro factor importante en el precio es el oligopolio en la oferta de sistemas de purificación, solamente 3 empresas ofrecen este tipo de equipo. Esto ha hecho que se especule con los precios de las purificadoras, que repercute de manera indirecta en el precio del agua embotellada.

Tomando en cuenta esos aspectos, el precio de venta propuesto para el purificador de agua, asciende a Q. 7 500,00 con un costo neto de Q. 5 207,90⁶ que incluye los costos de materia prima y mano de obra.

En materia de impuestos Q. 803,57 equivalen al impuesto IVA y se pretende una ganancia de Q. 1 488,30 equivalente a 19,8 por ciento del precio de venta, a continuación se profundizará en el análisis de precios a nivel nacional e internacional.

1.5.1. Análisis de precios en el mercado internacional

Los precios de sistemas de purificación parecidos al propuesto rondan cifras cercanas a los US\$ 2 800,00 – US\$ 3 000,00 dependiendo de la capacidad, los sistemas evaluados tienen características similares respecto al proceso sin embargo los tanques y sistemas de luz ultravioleta están hechos de acero inoxidable, factor que eleva los costos considerablemente.

El mercado mexicano, el más próximo a Guatemala los precios rondan los \$.25 000,00 a \$.40 000,00 pesos mexicanos, sin embargo, esas cifras no incluyen: el envío, los costos de instalación y viáticos del técnico instalador, haciendo poco atractiva la inversión, debido a que los costes de instalación se disparan.

⁶ Estudio Económico: (Sección 4.1; Determinación del costo total del equipo)

1.5.2. Análisis de precios en el mercado nacional

En el mercado nacional, es muy limitada la oferta de equipos de purificación de agua, únicamente 3 empresas se dedican a esto y son las que deciden los precios de mercado.

Una planta completa de agua, nueva, puede costar aproximadamente Q.20 000,00 en su versión más sencilla. Se pueden adquirir otro tipo de equipos a menor costo, pero con una capacidad bastante reducida que se limita al consumo doméstico de agua purificada. Las unidades de ozono, filtros cerámicos, ecofiltros, son otras opciones que pueden ser utilizadas a nivel domiciliario, comercios y en lugares públicos.

Respecto al mercado del agua pura embotellada hay una marcada diferencia de precios en la oferta, dependiendo de la empresa oferente, quedando de la siguiente manera:

Tabla X. Precios en el mercado

Precios de venta de agua pura en el mercado	
Agua pura Salvavidas	Q. 16,00
Agua pura Skandia	Q. 14,00
Otras marcas	Q. 12,00
Centros de llenado de marcas reconocidas	Q. 10,00
Purificadoras	Q. 8,00
ONG	Q. 4,00

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, es notable que la empresa líder en el mercado, a pesar de su alto costo, mantiene una gran participación del mercado con una considerable cantidad de clientes, debido a la confianza y lealtad que se tiene a la marca, por otro lado las ONG y las purificadoras trabajan con precios mucho más bajos, sin embargo no se garantiza la calidad del producto.

Las purificadoras, en su esfuerzo por posicionarse en el mercado de agua, venden el producto a mitad de precio, porque luchan con la influencia de las principales marcas de agua embotellada en la región y ofrecen precios bajos para lograr la preferencia del consumidor. En el caso de las ONG, no son lucrativas y sus precios están diseñados únicamente para cubrir el costo de producción y la mano de obra.

1.5.3. Estimación del precio de venta.

La estimación del precio de venta de mercado, se hace en base a la figura 9, que representa el comportamiento del precio y demanda de agua en la Región de estudio: Guatemala, Mixco, Villa nueva y Petapa. Para ello se debe hallar el ingreso marginal, que es la multiplicación de la ecuación de la gráfica por el costo de vender una unidad extra, es decir: $f(x) * x$, dando la siguiente ecuación:

$$f(x) = -2,5 * 10^{-6}x^4 + 0,0015x^3 - 0,2796x^2 + 29,399x$$

Donde: $f(x)$ función de precio
 X cantidad

Al analizar el punto donde la derivada del ingreso marginal es igual a 0, obtenemos el punto de equilibrio en el mercado del agua pura en la región de estudio, que también es el punto de máxima ganancia.

$$\frac{dy}{dx} = -10 * 10^{-6}x^3 + 0,0045x^2 - 0,5592x + 29,399$$

Cuando la función dy/dx es igual a 0, representa un cambio de pendiente en la función principal, por lo tanto, el valor de máxima ganancia del ingreso marginal, la cantidad demandada en dicho punto es $x = 292,46$, equivalente al 80,1 por ciento de cobertura en el mercado.

Donde el precio en la función es $f(x) = Q. 13.42$ el cual sería el punto de máxima ganancia y/o punto de equilibrio de mercado, en base a expectativas de precios y demanda.

Sin embargo la presión de competidores y los precios ofrecidos por ellos, obligaría a que una empresa que utilice el purificador, opte por un precio de venta ligeramente menor, debido a la competencia en el mercado, por lo tanto:

Precio de venta= Q. 12,00

Este precio es competitivo en el mercado del agua y permitirá una penetración más efectiva del producto en los gustos y preferencias del consumidor final.

1.6. Canales de distribución

En el caso de una purificadora, de las características industriales, representa una gran inversión, y no es un producto que se pueda vender al detalle, por ello la distribución es directa, es decir del productor al usuario industrial, mediante la recepción y entrega de pedidos, a diferencia de la comercialización del producto de la planta, el agua pura, cuyos canales de distribución pueden ser muy diversos y complejos, se profundizará en ellos a continuación.

1.6.1. Descripción de los canales de distribución

Los canales de distribución de agua potable son variados, similares a los de otras bebidas de consumo masivo, una característica descubierta en el estudio, ya que en el mercado del agua pura, la distribución cumple un papel muy importante en la compra y venta del producto.

El agua pura es un artículo de primera necesidad, y la gente la compra, cuando la necesita, por ello la logística y la distribución deben ir dirigidas a tener el producto en el momento adecuado en el sitio adecuado. Algunas tácticas de distribución aceptables para el agua pura serian las siguientes:

- **Venta directa:** la venta directa es aquella donde el cliente se acerca al centro de producción y adquiere el producto, para que este sistema sea eficiente, el precio debe ser bajo para el consumidor.
- **Producto a detallistas:** distribución donde el producto se entrega a detallistas, estos se encargan de la distribución y venta al consumidor final quedándose con un porcentaje de la venta, como comisión.

- Distribución a la puerta: se utilizan recursos propios para la colocación y venta del producto por medio del transporte de la mercadería y venta, hasta la puerta de la casa del consumidor final, hay que notar que este método supone que los expendedores manejen efectivo, lo cual puede ser peligroso dependiendo el lugar o zona donde se esté distribuyendo, lo cual puede elevar los costos de seguridad.
- Entrega a domicilio: por medio del teléfono se reciben pedidos, y se despacha producto directamente al domicilio del solicitante. Este tipo de distribución supone un costo extra de transporte de la mercadería pero resulta en una mayor comodidad para el cliente y a la larga en una ventaja competitiva.

2. ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA

En el capítulo anterior se mencionaron todos los aspectos mercadológicos del equipo de purificación de agua, esta sección se adentrará en los aspectos técnicos, científicos y funcionales de dicho dispositivo, por tal motivo se definirá el alcance del proyecto.

2.1. Alcance

Se prevé que el equipo sea capaz de producir un aproximado de 3,000 litros de agua potable en una jornada diurna, si se toma en cuenta que la dosis de agua recomendada para una persona al día es de 8 vasos ó 2 litros de agua al día, se tendría la capacidad de abastecer aproximadamente a 1500 personas en un día.

Pero el alcance del proyecto depende básicamente del uso que se le de, si es utilizado para suministrar agua potable en un edificio, claramente el número de beneficiados será mucho menor, sin embargo, si el uso es para producción de agua embotellada, o estaciones de recarga de garrafones el número de beneficiados aumenta considerablemente.

Los usos de un sistema de purificación de agua, son diversos, pueden utilizarse para producción de agua embotellada, suministrar agua potable de calidad en un edificio, suplir las necesidades de agua potable en caso de emergencia, para limpieza, pero el fin más importante es, suplir la necesidad de agua potable para beber de la población.

2.2. Consideraciones técnicas

Un sistema de purificación debe tomar en cuenta varios factores que influyen de gran manera en el diseño y operación de los equipo, los normativos nacionales e internacionales de calidad del agua, requisitos legales en el manejo del agua y las especificaciones de los fabricantes de materias primas o piezas de un sistema a modo de cumplir con el objetivo primordial, brindar agua de alta calidad.

2.2.1. Normas de calidad

Existen normas internacionales de calidad del agua, y es imperativo que todo líquido que se denomine como agua potable o agua para consumo Humano, cumpla con dichos estándares. Por ejemplo, la norma ecuatoriana de calidad de agua, pone estándares de calidad al agua de la distribución pública que es de uso doméstico y para consumo humano, en la figura 11, se observa los niveles aceptados de distintas sustancias y microorganismos, según dicha norma.

En Guatemala las normas de calidad de agua potable están reguladas por La Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR, específicamente en la Norma COGUANOR NTG 29 001 donde establece las normas de muestreo para análisis de agua utilizadas en Guatemala, así como los parámetros de pureza de agua válidos en Guatemala, (se profundizara en dichas normas en los siguientes capítulos). Sin embargo a comparación de normas europeas y niponas, las normas guatemaltecas no es tan rigurosas como algunos normativos internacionales, esto ha llevado a que se tomen estándares internacionales como referencia, para la producción de agua potable, tal es el caso de las recomendaciones de la organización Mundial de la Salud OMS.

La OMS ha formulado desde hace años, normativos y documentos científicos que establecen normas de calidad de agua, para consumo humano, agrícola y recreacional. Las cuales han sido base para la creación de los reglamentos y normas de calidad de agua en muchos países del mundo. La figura 11 muestra los estándares de la norma ecuatoriana basada en las normas de la OMS.

Figura 11. Normas de calidad del agua usadas en Latinoamérica

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR (*)
Amoníaco	NH ₃	1,0
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	1,0
Cadmio	Cd	0,01
Cianuro	CN ⁻	0,2
zinc	Zn	15,0
Cloruros	Cl ⁻	250,0
Cobre	Cu	1,0
Color	Color real	75 Unid de Pt - Co
Compuestos Fenólicos	Fenol	0,002
Cromo	Cr ⁶⁺	0,05
Difenil Policlorados	Concentración de Agente activo	No detectable
Mercurio	Hg	0,002
Nitratos	N	10,0
Nitritos	N	1,0
pH	Unidades	5,0 - 9,0
Plata	Ag	0,05
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁼	400,0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0,5
Coliformes Totales	NMP	20.000 microorg./100 ml
Coliformes Fecales	NMP	2.000 microorg./100 ml

Fuente: Norma Ecuatoriana INEN 980.

2.2.1.1. Recomendaciones de la OMS en materia de calidad del agua potable

La calidad del agua potable, es de interés para todas las sociedades del planeta, debido a su repercusión en la salud pública, son factores de riesgo en el agua, los agentes infecciosos, productos químicos tóxicos y la contaminación Radiológica. Dichos factores demuestran la necesidad de enfoques de gestión preventivos, que influyen directamente en agua servida a los consumidores. La Organización Mundial Para la Salud, OMS, elabora normas internacionales relativas a la calidad de agua y la salud de las personas en forma de guías en las que se basan reglamentos y normas de países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados.

Cabe destacar que la versión más actualizada de las guías para la calidad del agua potable, es la tercera edición, la cual amplía significativamente la información acerca del modo de garantizar la inocuidad microbiológica del agua potable, en particular por medio de planes de salubridad del agua completos con un enfoque sistémico.

Se ha actualizado la información relativa a numerosos productos químicos, con el fin de incorporar información científica nueva, y se ha incluido información sobre productos químicos que no se había tenido en cuenta anteriormente. Se proporciona por vez primera información sobre numerosos agentes patógenos transmitidos por el agua.

Reconociendo la necesidad de contar con instrumentos y enfoques diferentes para la gestión de los sistemas de abastecimiento de gran tamaño y los comunitarios, en esta edición continúan describiéndose las características principales de los enfoques empleados en cada caso.

Contiene apartados nuevos que describen la aplicación de las guías en circunstancias concretas, como situaciones de urgencia y catástrofes, grandes edificios, agua envasada o embotellada, agua consumida por viajeros, sistemas de desalinización, producción y transformación de alimentos, y salubridad del agua en barcos y aviones.

2.2.2. Requerimientos necesarios del sistema

Existen muchos medios para purificar agua por medio de distintas tecnologías, dependiendo de la calidad de agua a tratar. Los parámetros utilizados comúnmente para describir la calidad del agua cruda (sin tratamiento), son la dureza del agua y el nivel de sólidos disueltos y la salinidad. Dependiendo del nivel de dureza, salinidad y sólidos disueltos se selecciona el tipo de proceso que se llevará a cabo para procesar el vital líquido.

Por ejemplo, si el agua es muy turbia, (agua con gran cantidad de sólidos disueltos), un sistema de filtración tradicional no será suficiente para tratar el fluido, ya que la vida útil de los filtros será muy corta, ya que el exceso de residuos tapa los poros de las unidades filtrantes. En el caso de la dureza del agua, que se refiere a iones de calcio y magnesio presentes en el agua, tiene la peculiaridad de que a largo plazo se forman depósitos de calcio y magnesio en tuberías y pueden afectar el desempeño de los equipos. Por ello se tiene como requerimiento para poder usar el sistema:

- Trabaja con agua de durezas menores a 250 mgCaCO₃/L
- Con un nivel de sólidos disueltos menor a los 500mg/L

Para evitar problemas, de calidad de agua, y ser capaz de operar y producir agua de calidad, el agua cruda que ingrese al sistema debe cumplir con las condiciones descritas con anterioridad.

Operar bajo los parámetros, de la norma implica la necesidad de que el sistema de purificación de agua cuente con tres fases de tratamiento que aseguren aumentar la vida útil del equipo y un buen proceso de purificación de agua, los cuales son:

- **Prefiltración:** es el primer tratamiento que se le da al agua cruda y tiene como objetivo, limpiar el agua de contaminación física, principalmente de partículas grandes, y basura. El proceso elimina contaminación visible como la turbidez, por medio de filtración en sustratos arenosos y el mal olor por medio del filtrado en carbón activado. El prefiltrado tiene la peculiaridad, de ayudar al aumento de la vida útil de las unidades que le siguen en el proceso.
- **Filtración:** el agua prefiltrada, continúa el proceso de tratamiento con el filtrado, que se realiza por medio de membranas que poseen poros a escalas micrométricas, los cuales retienen partículas contaminantes y dejan pasar únicamente partículas con dimensiones menores a las del poro, para ello se necesita la ayuda de filtros especializados que posean membranas filtrantes con porosidades de este tipo.
- **Desinfección:** por último están las unidades de sanitización o desinfección, las cuales se encargan de eliminar agentes infecciosos que hayan sobrevivido a los procesos anteriores, estas unidades pueden realizar su función por medios físicos o químicos.

2.2.3. Usos del sistema

Los usos del sistema pueden ser variados, dependiendo de las necesidades del usuario, del proceso o a la calidad de agua que se espera producir, y la capacidad del sistema que ascenderá aproximadamente a 100 litros por hora aproximadamente, el sistema presenta características que se pueden utilizar en:

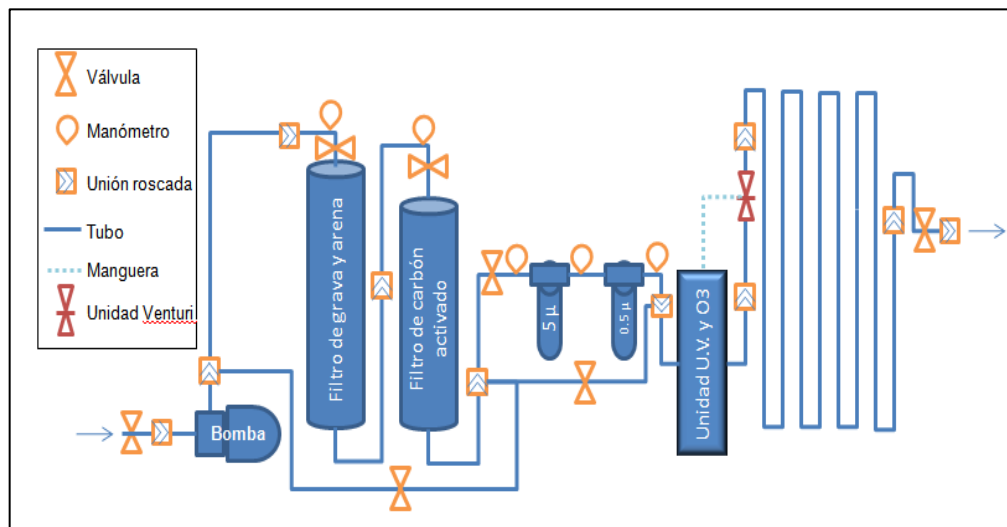
- Plantas de purificación de agua potable para embotellado: solamente es necesario instalar ciertos complementos, indispensables para dicha función: grifos para llenadoras de garrafones o botellas y para lavado de botellas, depósitos de agua para garantizar continuidad en la operación, estaciones de trabajo y la infraestructura de soporte necesaria.
- Sistema de purificación en edificios y familias: debido a la capacidad estimada para el sistema, es muy grande para servir de agua a una sola casa pero muy pequeño para suplir gran cantidad de demanda, por lo que se puede utilizar para proveer del vital líquido a todos los grifos de una casa grande, los bebederos de un edificio público, siempre y cuando no se sobrepasen un consumo de 100 litros en una hora.
- Plantas de purificación de agua entubada: idealmente para comunidades pequeñas, con una fuente de agua superficial cercana, el servicio brindado solamente requeriría del pago de energía eléctrica que consume el equipo, suponiendo una demanda de 200 litros por habitante el sistema sería capaz de suplir las necesidades de 100 personas, suponiendo que las familias estén compuestas por un promedio de 5 personas, el sistema tendría la capacidad de suplir a comunidades de hasta 20 unidades habitacionales.

- Servicios de agua de hospitales y clínicas: el sistema posee las características para suplir la demanda de agua limpia, potable y para tareas de desinfección en un hospital.
- Industria de alimentos: como fuente de agua para preparación de bebidas, o lavado de alimentos de manera segura.
- Uso de fuente de agua para beber de alta demanda: en industrias grandes, o lugares con alta concentración de personas, el sistema se puede utilizar como fuente de agua potable barata y confiable.
- Situaciones de emergencia: en escenarios de emergencia, el sistema se puede adaptar para solventar las necesidades de agua potable en un evento catastrófico, su diseño y reducido tamaño le permiten ser portable adaptándose a las necesidades del entorno, siempre y cuando se cuente con una fuente de energía eléctrica, como una unidad portátil de generación de energía eléctrica de gasolina o bien energía del alternador del automóvil que la transporte.
- Campos de refugiados: se puede utilizar para satisfacer las necesidades de agua pura para refugiados o personas albergadas utilizando electricidad y cualquier fuente de agua cercana.

2.2.4. Bosquejo preliminar

El sistema estará compuesto por varias piezas las cuales formaran 8 unidades funcionales que se separaran entre sí, a través de uniones roscadas. Además se contarán con medidores de presión que indicaran el nivel de presión que actúa sobre cada unidad funcional del sistema de filtración, en la imagen se puede ver el esquema del sistema en general.

Figura 12. Esquema preliminar del purificador de agua



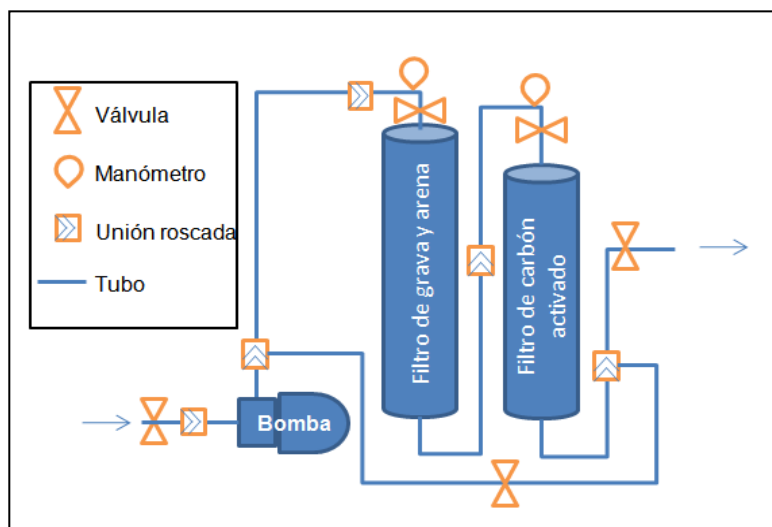
Fuente: elaboración propia.

La primera unidad funcional del sistema es la bomba de agua, la cual se encarga de succionar y elevar la presión del fluido, de modo que este sea capaz de pasar por los distintos medios filtrantes que seguirán en el proceso.

Las unidades de prefiltrado son las primeras en las que el agua cruda es tratada, y consisten básicamente en recipientes que contienen medios filtrantes por los cuales el agua pasa y es liberada de impurezas.

La primera unidad de prefiltrado es un recipiente que contiene gravas o arenas que limpian el agua de impurezas de hasta 40 micrómetros de diámetro y eliminan la turbidez del fluido. Un segundo tanque el cual contiene como medio filtrante carbón activado, dicho medio es de gran ayuda para eliminar, el mal sabor y el mal olor del agua que está siendo tratada. En la imagen número 3 se puede observar el esquema de las unidades de prefiltrado junto con la bomba de agua del sistema.

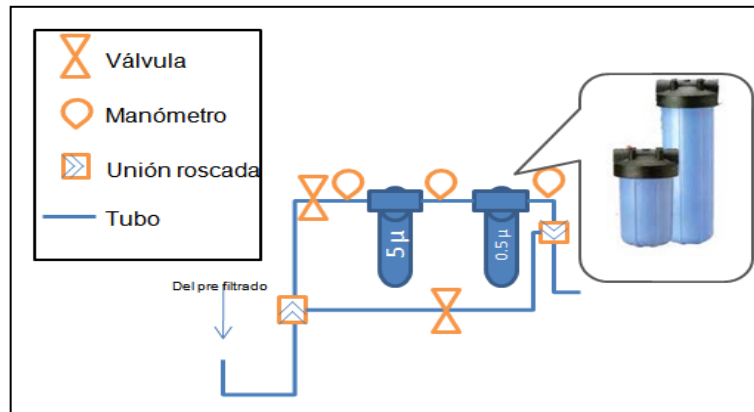
Figura 13. **Esquema de unidades de prefiltrado**



Fuente: elaboración propia.

Luego de pasar el proceso de prefiltrado, se pasara a filtros pulidores de cartuchos sintéticos los cuales se pretende que posean una capacidad de filtrado de 5 el primero y de 0,5 micras, estos estarán acompañados de manómetros antes y después del proceso para conocer la presión a las que están siendo ejercidos y las pérdidas de presión en el sistema a causa de la pérdida de energía en el proceso de filtrado, la imagen número 4 indica el esquema preliminar del proceso en cuestión.

Figura 14. **Esquema preliminar del proceso de filtrado**



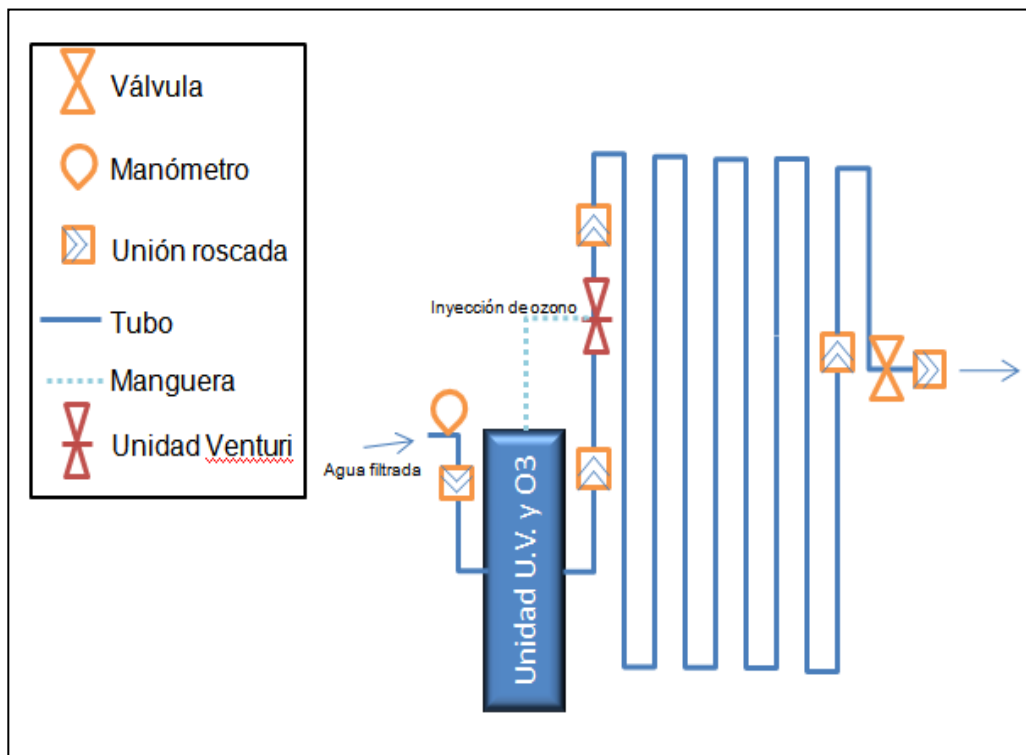
Fuente: elaboración propia.

Por último se encuentran las unidades de sanitización o desinfección, las cuales tienen como objetivo, eliminar cualquier bacteria, virus, espora o agente infeccioso que haya sobrevivido a los procesos anteriores, por ello en primer lugar el agua pasará en una unidad de rayos ultravioleta, los cuales son capaces de destruir cualquier microorganismo que este en el agua por medio de la radiación ultravioleta de onda corta.

Pero la característica única del sistema lo constituye, el aprovechamiento de la luz ultravioleta, ya que los rayos ultravioleta también son los responsables de la generación de ozono, por lo tanto se pretende diseñar una unidad que cumpla con dos funciones: primero, que desinfecte el agua por medio de radiación UV, y segundo que la misma unidad produzca ozono a partir del oxígeno en el ambiente e inyectar dicho ozono en la unidad de filtrado ya que el ozono tiene la peculiaridad de evitar la recontaminación bacteriana del agua, después de salir del equipo, por las propiedades de oxidación del ozono que inhiben el crecimiento de bacterias y microorganismos, si las concentraciones de ozono en el agua son mayores a ciertos parámetros.

Inyectar el ozono en el sistema trae consigo otras dificultades técnicas y por lo tanto la construcción de otra unidad funcional del sistema que constituye la unidad de mezclado, la cual requiere de un dispositivo Venturi para introducir el gas en la mezcla y una red de tubería necesaria para que el ozono se mezcle de manera eficiente con el agua, antes de que el agua salga del sistema y tenga contacto con el aire, la imagen número 5, muestra de una forma simple el funcionamiento del sistema, pero da una idea clara de la forma en que se pretende implementar el sistema ultravioleta con ozono.

Figura 15. **Esquema preliminar del sistema de desinfección**



Fuente: elaboración propia.

2.3. Selección de tecnología

En la elaboración de un sistema de purificación de agua, hay muchas tecnologías disponibles, por lo tanto la selección de tecnologías se basa principalmente, en el costo de la tecnología, en la capacidad de desinfección, el aporte al proceso de purificación de agua y la disponibilidad de materiales en el mercado o descubrimiento de nuevos materiales. Por tal motivo las tecnologías seleccionadas son:

- Bombeo de agua
- Filtrado con arena sílica
- Filtrado con cartucho de 10 micrones
- Filtrado con cartucho de 5 micrones y carbón activado
- Desinfección con luz ultravioleta y ozono
- Inyección de gases con un dispositivo Venturi

2.3.1. Descripción de las tecnologías a utilizar

Luego de seleccionar las tecnologías a utilizar en el sistema de purificación de agua, se profundizará en cada una de ellas, de tal manera que de exponer los principios físicos y químicos que actúan sobre el agua en cada fase del proceso de purificación, a continuación, se resumen las principales tecnologías utilizadas en el sistema diseñado.

- Bombeo de agua con bomba de corona: es una bomba radial de eje horizontal, está formada por el eje que a su vez hace girar una corona directriz que es una pieza compuesta por álabes, que impulsan el agua desde la cámara de entrada en el centro del dispositivo a las afueras, aportando energía al fluido, en forma de energía cinética y presión.

La bomba en si es un dispositivo que requiere un motor que mueva el eje, los motores pueden ser de distinta clase, ya sea de combustión interna, eléctricos o manuales, sin embargo en el proyecto se utilizó una motor eléctrico de ½ HP ya que son fáciles de adquirir en el mercado.

- Filtrado con arena sílica: es un método de filtración que consiste en utilizar arena sílica como lecho filtrante al hacer pasar agua a presión entre las porosidades y espacios entre los granos de arena, lo cual limpia impurezas y turbidez en el agua. Los filtros generalmente están compuestos por un lecho de soporte que consisten en grava y posteriormente sobre ella, arena. En estos filtros, toda la contaminación es retenida en las primeras capas del lecho filtrante, lo que permite regenerarlo al realizar un retro lavado en el sistema.
- Filtrado con cartucho de 10 micrones: también conocido como filtro pulidor, es un sistema que por medio de presión, hace pasar un fluido a través de una membrana especialmente diseñada para no dejar pasar partículas con un tamaño superior a 10 micrones, lo cual elimina de los líquidos partículas bastante finas aumentando la claridad del agua la vez de reducir la turbidez del vital líquido y hacerlo más agradable a la vista.
- Filtrado con cartucho de 5 micrones y carbón activado: fue un hallazgo que evito la construcción de una unidad específica, son cartuchos filtrantes que utilizan carbón activado como medio de filtración, sin embargo no solamente filtran sino que limpian el agua de impurezas minerales y químicas al atrapar bacterias y partículas en las porosidades del carbón activado; un solo carbón puede tener gran área superficial, debido a la gran cantidad de porosidades en su superficie.

La rugosidad del carbón activado permite que el filtro elimine malos olores, algunos químicos como el cloro y minerales suspendidos al atraparlos en las porosidades en su superficie.

- Desinfección con luz ultravioleta tubular + ozono (nueva tecnología): es una de las partes esenciales del sistema y su característica es la optimización en el uso de las lámparas ultravioleta, las cuales utilizan mercurio como parte del plasma encendido ya que al interactuar los electrones con las moléculas de mercurio emiten luz ultravioleta de banda ancha conocida como UV-C, esta onda electromagnética no visible para el ser humano, es capaz de descomponer el ADN y los compuestos biológicos en las células y bacterias que se encuentra en el agua, por tal motivo es peligrosa la exposición de la piel y ojos.

El aporte o mejora en el sistema convencional de purificación UV, es el uso de tubos de cuarzo para transportar el agua, de tal modo que la lámpara queda libre y se pueda aprovechar otra característica; la generación de ozono debido a la ionización del oxígeno en el ambiente.

- Inyección de gases con un dispositivo Venturi: se basa en el principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa de mecánica de fluidos. Si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, la velocidad aumenta tras atravesar esta sección. Por el teorema de la conservación de la energía mecánica, si la energía cinética aumenta, la energía de la presión disminuye forzosamente. Al aplicar dicho principio, un fluido en movimiento dentro de un canal cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor. Si en este punto del conducto se introduce otro conducto, se produce una aspiración del fluido que va a pasar al segundo conducto.

2.4. Diseño del equipo

El diseño del equipo se basó en varios criterios de funcionalidad, espacio y portabilidad, un factor que influyó mucho en el diseño final es la carencia de piezas preconcebidas o el alto costo de las mismas, lo que llevó a hacer cambios de diseño en plena construcción del equipo, en pro de lograr costos bajos sin comprometer los procesos.

2.4.1. Diseño de unidades funcionales

Las unidades funcionales planificadas fueron 3, las unidades de prefiltrado, filtrado y sanitización, los diseños preliminares contenían algunos detalles que se cambiaron en la construcción.

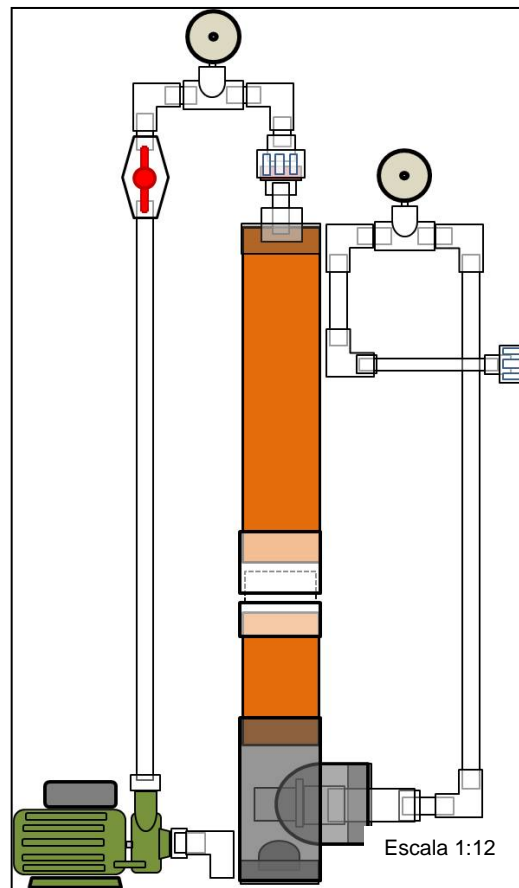
2.4.1.1. Unidades de prefiltrado

Se contemplaron una unidad de bombeo y 2 unidades de prefiltración, una de arena sílica para disminución de turbidez y filtrado de partículas en suspensión y otra de carbón activado, para eliminar malos olores, químicos y minerales disueltos en el agua, sin embargo debido al hallazgo de cartuchos para filtro pulidor de 5µm con carbón activado, que se utilizaran en un proceso posterior, se eliminó dicho elemento del diseño, quedando solamente la unidad de arena y grava.

La unidad de bombeo está compuesta por la admisión de entrada a la bomba de ½ caballo de fuerza y por un tubo de una pulgada 1,20 metros que sobresale de la bomba, hasta un codo que cambia la dirección del flujo y una tee roscada donde se insertó un manómetro que mide la presión de admisión al filtro de arena, luego otro codo y la sección hembra de una unión universal.

La unidad única de prefiltrado, está compuesta, por una entrada formada por la pieza macho de una unión universal de una pulgada, posteriormente inician una serie de reducidos plásticos que elevan el diámetro de la tubería hasta llegar a las cuatro pulgadas, dicha cavidad es donde se encuentra el lecho filtrante.

Figura 16. **Diseño unidad de prefiltrado**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Power Point.

Para cuestiones de mantenimiento, se incluyó una unión roscada de 4 pulgadas a través de un adaptador liso hembra, y un liso macho de PVC en los extremos del tubo, que permite su apertura.

Posterior a ello se colocó una tee de de 4 pulgadas de la cual sirve de soporte y direccionamiento, la base está compuesta por un reductor que a su vez posee un tapón, que permite tener una base lisa y que el filtro pueda sostenerse por sus propios medios, en el extremo perpendicular de la tee, se utilizó un reductor similar de 4 a 2 pulgadas donde se inserto un tubo de 2 pulgadas que a su vez sostiene una unión liso-hembra, donde se enrosco un filtro de metal, utilizado en las pichanchas para evitar que arena o grava entre al sistema, en este caso se utilizó para sostenimiento de la grava y arena.

Posterior a esto se reduce el diámetro a 1 pulgada y la tubería se eleva a una altura similar a la de admisión del filtro para colocar un manómetro más que mide la presión después del filtrado y la presión de admisión a las unidades de filtración o filtros pulidores.

2.4.1.2. Unidades de filtrado

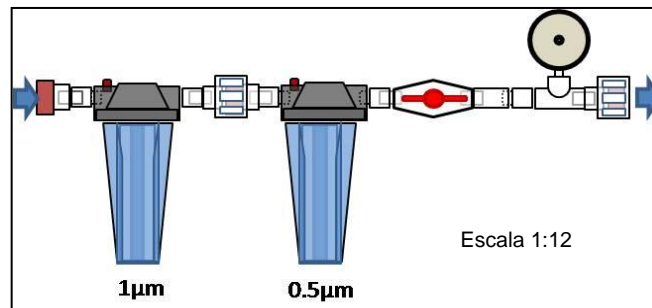
Estas unidades están compuestas por dos filtros pulidores de 1 pie de largo y entradas de $\frac{3}{4}$ de pulgada, los cuales van colocados en carcasas de similares dimensiones, se utilizaron carcasas transparentes a modo de poder verificar con facilidad el estado de los cartuchos y si estos necesitan mantenimiento.

El primer filtro es un filtro de polipropileno de 1 micrón, el cual tiene la función de reducir la turbidez, limpiando el agua de cualquier partícula que sobrepase el micrón de diámetro, reduciendo sedimentos en el agua.

El segundo filtro es un filtro de 0,5 micrones el cual además está compuesto de carbón activado lo que le da a este filtro la capacidad de pulir el agua y de eliminar olores y malos sabores al agua.

Como se menciona con anterioridad, el carbón activado, por sus características porosas, atrapa impurezas, bacterias y otros elementos ajenos al agua, entre ellas el hipoclorito de calcio y de sodio, comúnmente conocidos como cloro, que aunque es un químico utilizado para la desinfección de agua, su consumo continuo se ha relacionado con ciertos tipos de cáncer.

Figura 17. **Unidades de filtrado**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Power Point.

Estos filtros se encuentran unidos con accesorios de PVC, y cuentan con un manómetro y una llave al final del recorrido, con el objetivo de regular el flujo y apagar en el equipo si en caso llega a ocurrir una subida de presión después de estos filtros ya que no está comprobada la resistencia de los tubos de cuarzo de la siguiente unidad a la presión hidrostática.

2.4.1.3. **Unidades de sanitización**

Las unidades de sanitización están compuestas en primer lugar por el sistema UV + ozono, que se encuentra confinado a un recipiente de madera por seguridad de los usuarios, y el mezclador que es un dispositivo que mezcla el agua con las moléculas de ozono y también funciona como despachador de agua pura.

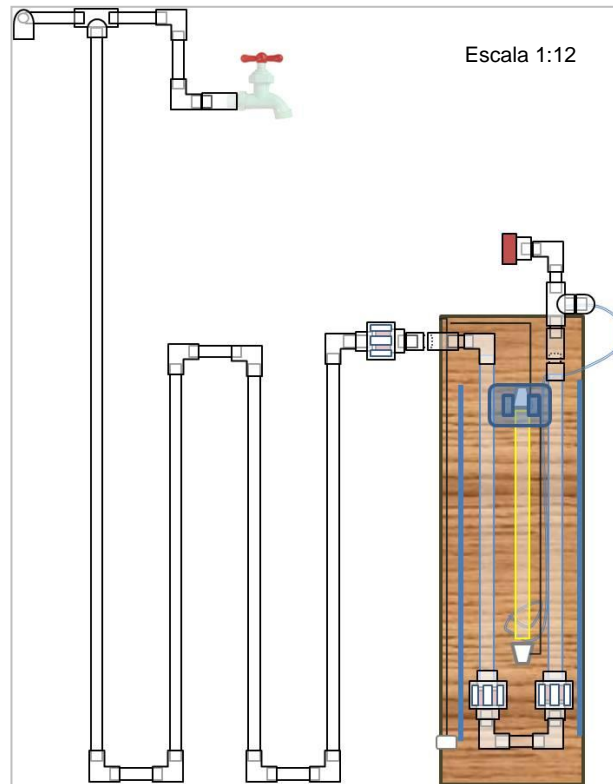
El sistema inicia con el inyector Venturi, que se encarga de aumentar la velocidad del fluido, para disminuir la presión, al grado que esta sea menor a la presión atmosférica y por lo tanto absorber el ozono confinado en la caja de madera, la pieza inicia con el conector universal, posteriormente un codo que dirige el flujo hacia el dispositivo Venturi.

El dispositivo Venturi, está formado por tubos de distinto diámetro que van disminuyendo paulatinamente el diámetro de la tubería, y por último se encuentra una boquilla de 0,9 centímetros de diámetro complementada por otra boquilla de igual forma del lado posterior, cabe resaltar que hay un pequeño espacio entre las boquillas que es el lugar donde es absorbido el aire.

Posterior a la inyección de gases, el fluido pasa por 2 tubos de cuarzo de manera descendente y ascendente, a modo de que sea irradiada por la radiación ultravioleta UV-C, emitida por la lámpara, colocada en la parte central del recipiente de madera, recipiente en el cual se encuentran la mayoría de conexiones eléctricas, los interruptores, espejos para aumentar la eficiencia de la lámpara, el tubo capilar que absorbe el aire de la cabina y lo dirige hacia el dispositivo Venturi, cabe notar que en cada etapa la tubería está separada por uniones universales, esto con el fin de facilitar el mantenimiento de los tubos de cuarzo y el sistema en general.

Posteriormente a la etapa de irradiación, el flujo continúa a un mezclador que consiste, básicamente, en una serie de tubos colocados en forma de radiador, a fin de mezclar el ozono captado por el sistema, al agua de despacho. Dicha tubería fue diseñada para poder sostenerse con sus propios medios, por lo que el diseño es tridimensional, a fin de que existieran 4 puntos de apoyo en la tubería, la figura 18, muestra el diseño de dicha unidad de manera detallada.

Figura 18. **Unidades de sanitización**



Fuente elaboración propia, con programa de Microsoft Power Point.

Posteriormente a la irradiación con rayos ultravioleta y por el proceso de mezcla de fluidos, se encuentra el tubo de salida o tubo de despacho que es donde sale el agua potable, lista para ser embotellada, o el uso que el consumidor final desee darle.

También se cuenta con un grifo de PVC, este grifo fue seleccionado a modo que pueda ser usado para lavar un garrafón, al mismo tiempo que otro garrafón es llenado por la tubería principal, a modo de hacer más eficiente el trabajo del operador, y disminuir el tiempo de ocio durante el proceso de llenado de garrafones.

2.4.2. Materiales necesarios

Durante el proceso de construcción se necesitaron insumos como máquinas o herramientas, a continuación se listan el material y equipo, necesarios para la construcción del purificador de agua.

- Herramientas: todo material utilizado para la fabricación del equipo pero no conforma parte de él.
 - Sierra de corte (segueta)
 - Metro
 - Escuadras (regla de 90°)
 - Sierra caladora
 - Barreno y sus respectivas brocas
 - Lija de distintos calibres
 - Alicata
 - Desarmadores
 - Teflón

- Recursos: todo recurso utilizado durante la construcción del equipo.
 - Energía eléctrica
 - Tiempo de mano de obra
 - Gas propano (para calentamiento y ajuste de piezas de PVC)

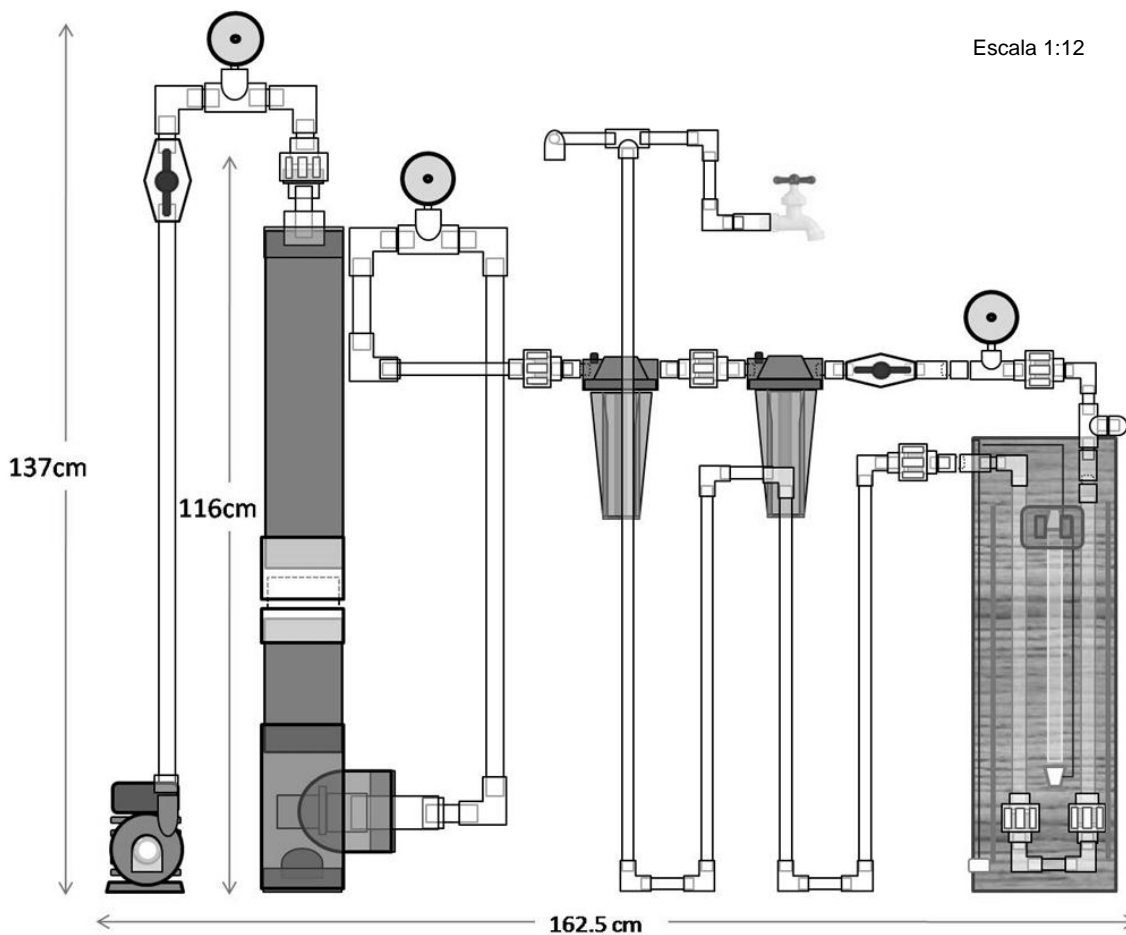
- Materiales: todo material que forma parte del equipo de purificación.
 - Bomba de corona de ½ hp de potencia
 - Cable de cobre calibre 12

- Espigas
- 1 tomacorriente simple
- Aparador de 2 entradas
- Tubo PVC de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, 2 y 4 pulgadas
- Uniones universales de $\frac{3}{4}$ y 1 pulgada
- Válvula de bola de $\frac{3}{4}$ y 1 pulgada de diámetro
- Uniones liso-hembra de 4, 2, 1, y $\frac{3}{4}$ de pulgada
- Uniones liso-macho de 4, 1 y $\frac{3}{4}$ de pulgada
- Carcasas de filtro pulidor de 1' de longitud y entradas de $\frac{3}{4}$ "
- Filtros pulidores de 1 y 0.5 μm
- Tee de 4, 1 y $\frac{3}{4}$ de pulgada
- Tee roscadas de $\frac{3}{4}$ de pulgada
- Tapón de 2"
- Codos de PVC de 1" y $\frac{3}{4}$ "
- Caja de madera de 28cm x 12cm x 60cm con puerta.
- Pichanca de 1"
- Manómetros de agua entrada de $\frac{1}{4}$ "
- Adaptador para manómetro galvanizado
- Tubos de cuarzo de 28møi x 26møe x 40 cm
- Pegamento para PVC
- Boquillas de pegamento escolar
- Tubo capilar
- Arena de filtrado con capacidad de 20 μm
- Grava no. 2
- Cinta de aislar
- *Red bushing* de 1" a $\frac{1}{4}$ " y $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{4}$ "

2.4.3. Planos

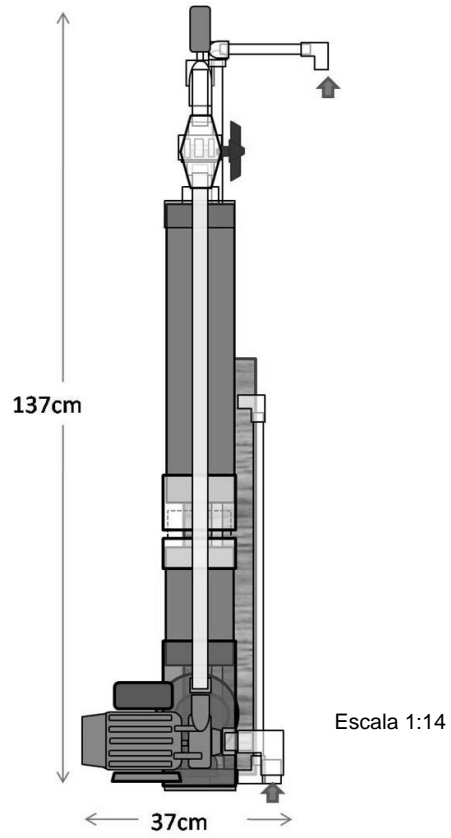
En base a los criterios de diseño expresados con anterioridad, se presentan los planos del sistema de purificación de agua en conjunto, como referencia del trabajo realizado; la figura 19 muestra la vista frontal del equipo ensamblado, la figura 20 muestra el equipo en vista lateral y por último la figura 21 muestra el diagrama eléctrico utilizado por el sistema.

Figura 19. Vista frontal del equipo



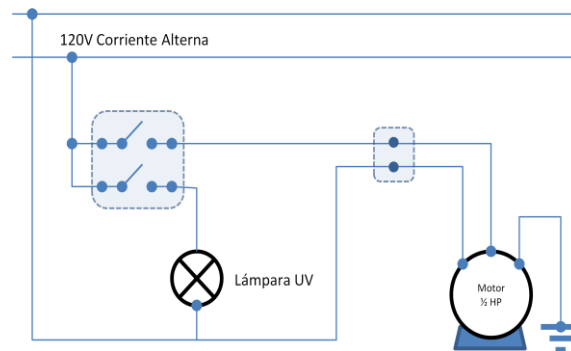
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Power Point.

Figura 20. **Vista lateral del equipo**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Power Point.

Figura 21. **Diagrama eléctrico**

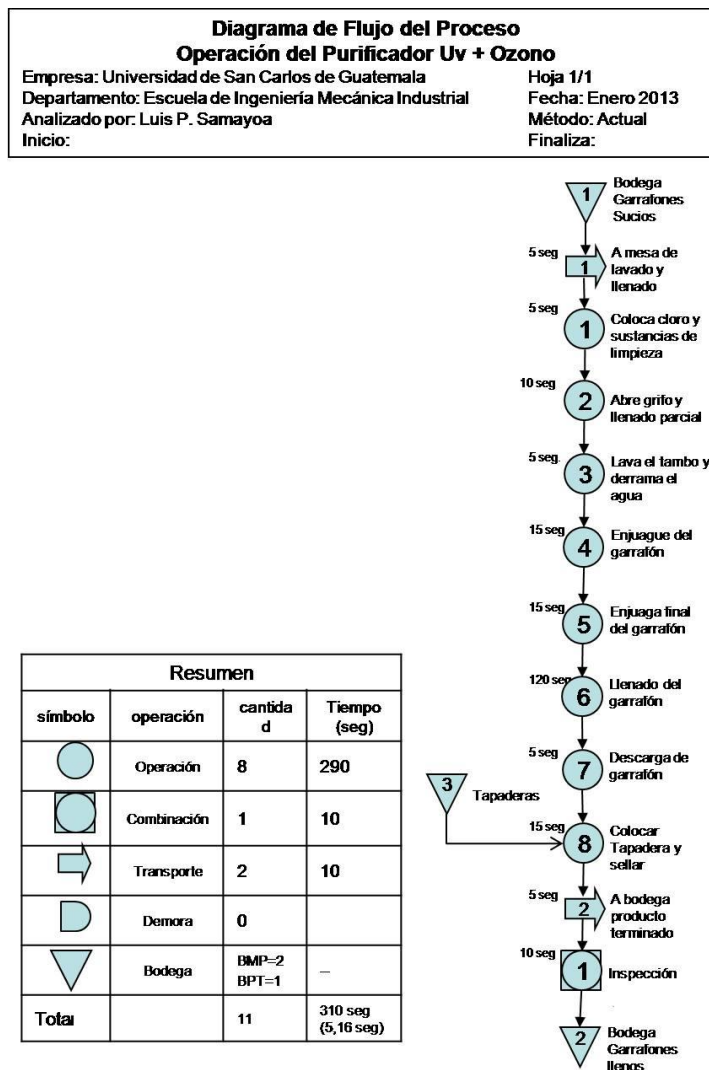


Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Power Point.

2.4.4. Diagramas de funcionamiento

Los diagramas de funcionamiento, son los que ayudan al usuario a interactuar con el equipo, por ello a continuación se presenta el diagrama hombre máquina y el diagrama de flujo necesario, para operar dicho equipo.

Figura 22. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Diagrama hombre maquina del purificador

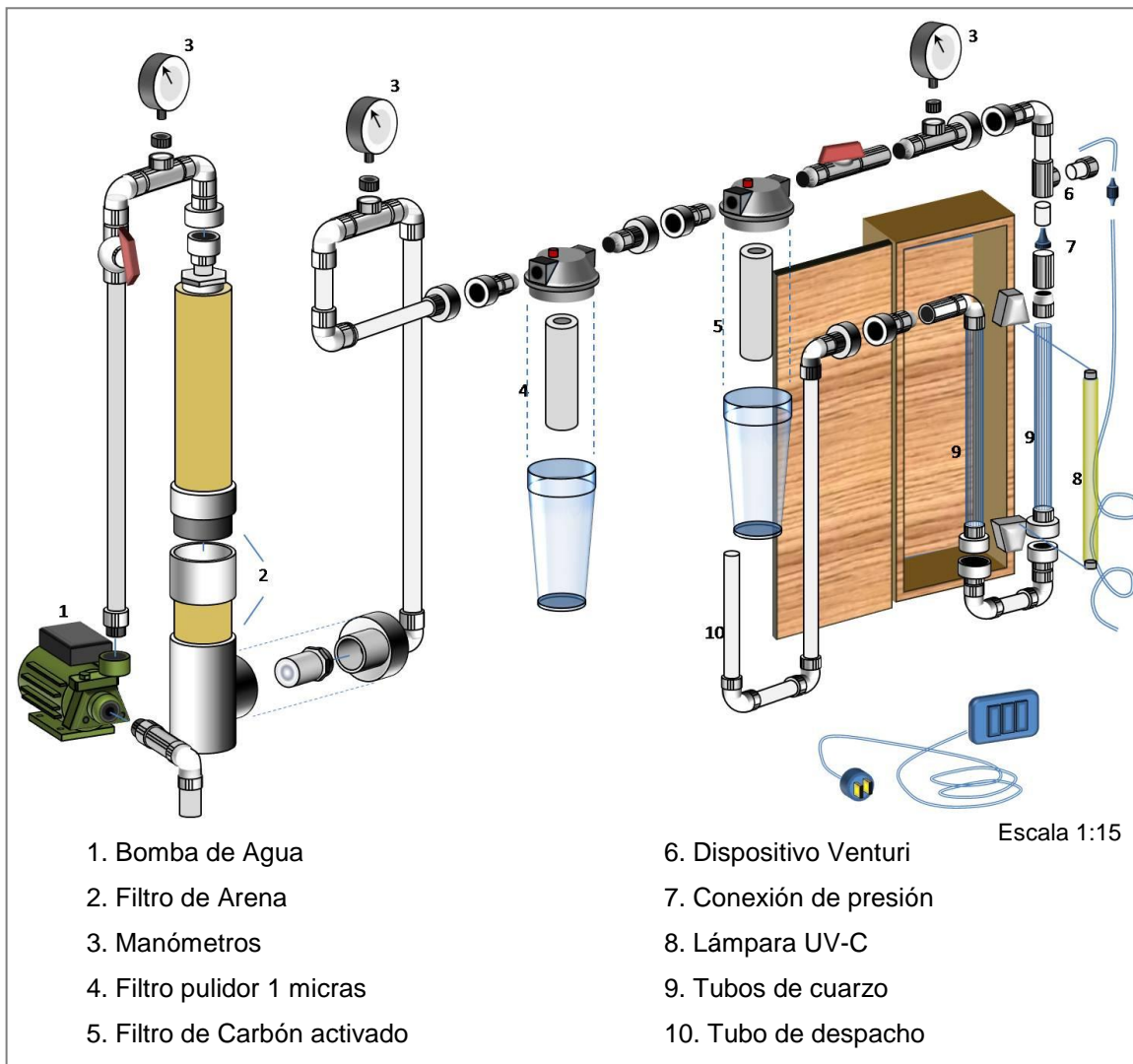
Diagrama Hombre - Maquina								
Operación: <u>Purificador UV+Oz</u>			Pág. no: <u>1</u>					
Máquina tipo: <u>Purificador de agua</u>			Fecha: <u>Marzo 2013</u>					
Departamento: _____			Hecho por: <u>Luis P. Samayoa</u>					
Operador	tiempo (segundos)		Maquina: Purificador					
Colocación de manguera	5	5	Descarga / Carga					
Colocación correcta del Garrafón	10	10	Llenado de Garrafón de Agua pura 125 segundos					
	15	15						
Colocar Tapadera al Garrafón Lleno	20	20						
	25	25						
Mover el Garrafón Lleno almacenamiento	30	30						
	35	35						
Inspeccionar	40	40						
	45	45						
Tomar Garrafón Vacío y colocarlo en mesa	50	50						
	55	55						
Coloca Químicos limpieza	60	60						
Abre válvula de lavado y llena 10 segundos	5	5						
	10	10						
Lavado	15	15						
	20	20						
Abre válvula de lavado y llena 10 segundos	25	25						
	30	30						
Enjuaga	35	35						
Abre válvula de lavado y llena 10 segundos	40	40						
	45	45						
Enjuaga	50	50						
	55	55						
Espera	60	60	Descarga / Carga					
Colocación de manguera	5	5	Llenado de Garrafón de Agua pura					
Colocación correcta del Garrafón	10	10						
	15	15						
Colocar Tapadera al Garrafón Lleno	20	20						
	25	25						
Resumen	Tiempo del ciclo		Acción		Ocio		Utilización	
	actual	propuesta	Actual	Prop.	Actual	Prop.	Actual	Prop
Hombre	120		115		5		96%	
Maquina 1	120		120		0		100%	

Fuente: elaboración propia.

2.4.5. Diagrama de explosión

El diagrama de explosión tiene como objetivo mostrar todas las piezas y sistemas que conforman el purificador de agua, para comprender de mejor manera, la disposición y la función que ejercen dentro del sistema.

Figura 23. Diagrama de explosión



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Power Point.

2.5. Construcción de prototipo

El prototipo construido corresponde al diseño final, el cual es ligeramente distinto diseño original debido a los altos costes de algunas piezas o la inexistencia de algunas en el mercado guatemalteco.

El equipo se construyó en aproximadamente un mes, un tiempo bastante largo debido a la novedad y a las dificultades que cada unidad representaba durante el proceso de construcción: complicaciones como la búsqueda de proveedores de materia prima e insumos, el hecho de verificar si las piezas planificadas existían en el mercado, y si no fuese el caso, buscar sustitutos, falta de experiencia en la construcción y armado de sistemas y estructuras de PVC, e incluso la falta de conocimiento técnico, que causo complicaciones al no conocer la forma en que se debe pegar una pieza de PVC.

Todo este trabajo adicional sólo se realiza en la construcción de un prototipo ya que este requiere de investigación, rediseños en la marcha e incluso reparaciones cuando la idea planteada no es práctica como se planteo originalmente o el prototipo simplemente no funciona.

Sin embargo el conocimiento y las habilidades técnicas se perfeccionan con la práctica, con la experiencia obtenida durante la construcción del prototipo se prevé que un sistema de purificación de agua completo se puede realizar en únicamente 4 días trabajando en una jornada de 8 horas, y otros 2 días para realizar pruebas y ajustes al sistema.

La construcción del prototipo fue parte fundamental en el proceso de investigación y una de las mayores fuentes de información, para los análisis de factibilidad desarrollados.

2.5.1. Bitácora de construcción

Durante el proceso de construcción, se llevo un registro de las actividades realizadas, la siguiente tabla muestra como transcurrió el proceso de construcción sin tomar en cuenta la búsqueda de materiales y otros inconvenientes.

Tabla XII. Bitácora de construcción

Día	Acciones
1	Compra de materiales
2	Medición y marca de tubos de 4 pulgadas
2	Calentamiento y moldeado de extremos del tubo
2	Corte de tubos de 4 pulgadas
2	Ensamble de las unidades de pre-filtrado
4	Pegado de piezas del filtro de arena
6	Prueba de filtro de arena
7	Correcciones del filtro de arena
8	Medición y corte de tubos para unidades de filtrado
8	Ensamble de unidad de filtrado
8	Pegado de piezas de filtros pulidores
9	Ensamble de la tubería de PVC con la tubería de cuarzo
9	Problemas con los tubos de cuarzo (se rompieron, medidas no adecuadas)
10	Desgaste del tubo con material abrasivo
12	Ensamble final de las tuberías de cuarzo y PVC
13	Encargo de carcasa de madera para el sistema uv+ ozono
15	Adecuación de la carcasa a los requerimientos
15	Compra de accesorios de vidrio y eléctricos
16	Ensamble de la unidad de UV+ ozono
16	Pegado y ajuste de piezas
17	Colocación y elaboración de cableado eléctrico
17	Medición, corte y pegado de sistema de mezclado y chorros
18	Prueba preliminar
19	Ajustes
20	Problemas con la inyección de ozono
25	Ajustes del sistema de ozono
26	Correcciones al sistema de ozono
30	Prueba final

Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Fotografías del equipo construido

Como parte de la investigación, se fabrico un prototipo de la planta de purificación, dicho prototipo fue ensamblado en el centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería, para realizar las pruebas pertinentes a la calidad del agua que el sistema produce, las fotografías presentadas a continuación, muestran el equipo ensamblado en su totalidad, listo para ser puesto en marcha.

Figura 24. Imagen del purificador de agua



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, zona 12, ciudad de Guatemala.

En las fotografías se observa claramente, la disposición modular del sistema de purificación, cada unidad es separada por una unión universal, esto hace que el sistema sea portátil, y se acondicione en lugares reducidos, el área ocupada dentro del centro de investigaciones, fue de un metro cuadrado, puesto que el ancho total del equipo es inferior a los dos metros y la profundidad equivale a 50 centímetros.

Figura 25. Imagen frontal del purificador



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, zona 12, ciudad de Guatemala.

2.6. Pruebas

Para verificar el funcionamiento del equipo se realizaron varias pruebas durante la construcción a modo de garantizar que las piezas y el equipo no presenten fugas o fallas, se realizaron en total 4 pruebas que se detallaran a continuación:

- Prueba 1: se realizó una ensayo de presión sometiendo la unidad de prefiltrado a una presión de 45 libras, al conectarla con la bomba y cerrar parcialmente el flujo de agua en la segunda llave de la unidad.
- Prueba 2, testeo de presión con tubos de cuarzo y dispositivo Venturi.
- Prueba 3, ensayo preliminar de todo el sistema: una vez armado el sistema se procedió a hacer una revisión general del sistema para identificar fallas y corregirlas antes de trasladar el equipo.
- Prueba 4, verificación final del sistema en el CII; el equipo se trasladó desde la ciudad de Quetzaltenango donde se había armado, y se rearmó en el centro de investigaciones de ingeniería ubicado en la ciudad universitaria zona 12 de la ciudad de Guatemala, esta prueba se realizó con el objetivo de verificar si todo estaba bien después del traslado, ver el funcionamiento con el lecho filtrante y realizar las pruebas de laboratorio.
- Prueba 5, análisis de laboratorio: para verificar la calidad del proceso se realizó una última prueba para determinar la calidad del agua producida por el sistema, con este objetivo se realizaron análisis físico químico sanitarios y bacteriológicos del agua de alimentación y de salida.

2.6.1. Resultado de pruebas

Las pruebas realizadas al sistema de purificación de agua, brindaron resultados diversos, sin embargo el común denominador de cada uno de los ensayos, es que representan una oportunidad de mejora del sistema.

- Prueba 1, ensayo de la unidad de prefiltrado: la unidad colapsó al subir la presión a más de 60 libras, observaron fugas múltiples en la conexión de la bomba a la unidad de cuatro pulgadas y el colapso de la misma.
- Prueba 2, ensayo de presión de tubos de cuarzo y dispositivo Venturi: los tubos funcionaron bien durante la prueba, sólo se les sometió a 2 metros de presión. Respecto al dispositivo Venturi, funcionó correctamente y tenía un alto nivel de succión en la entrada de aire.
- Prueba 3, examen preliminar de todo el sistema: una vez armado el sistema se procedió a hacer una revisión, se identificaron algunas fugas que fueron reparadas, también se notó una baja considerablemente el caudal después de colocar los filtros pulidores en sus respectivas carcasas y un aumento de presión en las primeras unidades
- Prueba 4, verificación final del sistema en el CII; se probó todo el sistema completo sin embargo se repararon algunos daños causados en el traslado, entre ellos la separación del *socket* y se reemplazó de uno de los vidrios de la unidad de UV + ozono, lastimosamente el dispositivo Venturi no funcionaba correctamente, por otra parte se realizó una medición del caudal del dispositivo, el cual descendió considerablemente a 11 litros por minuto, una cifra muy por debajo del caudal nominal de la bomba que es de 45 litros por minuto.

- Prueba 5, análisis de laboratorio: los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas en el centro de investigaciones de ingeniería, fueron los siguientes:
 - Análisis físico químico sanitario inicial: análisis realizado al agua de alimentación previo al proceso de purificación.

Tabla XIII. **Resultados de análisis físico químico sanitario previo al proceso**

Resultados					
1. Aspecto	Clara	4. Olor	Inodora	7. temperatura (en el muestreo)	20,10 C
2. Color	02,00 unidades	5. Sabor	----	8. Conductividad eléctrica	360,00 μ mos/cm
3. Turbiedad	02,96 UNT	6. Potencial de hidrogeno (PH)	6,93		
Sustancias	mg/L	sustancias	mg/L	sustancias	mg/L
1. Amoniaco (NH3)	00,20	6. Cloruros (Cl-)	25,00	11. Sólidos totales	222,00
2. Nitritos (NO2)	00,00	7. Fluoruros (F-)	00,06	12. Sólidos Volátiles	22,00
3. Nitratos (NO3)	--	8. Sulfatos (SO-24)	11,00	13. Sólidos Fijos	200,00
4. Cloro Residual	--	9. Hierro Total (Fe)	00,10	14. Sólidos en suspensión	4,00
5. Manganeseo (Mn)	00,011	10. Dureza total	144,00	15. Sólidos Disueltos	191,00
Alcalinidad (Clasificación)					
Hidróxidos	00,00	Carbonatos	00,00	Bicarbonatos	142,00
Alcalinidad Total	142,00				

Fuente: examen físico químico sanitario realizado por el Centro de Investigaciones de Ingeniería. Ciudad de Guatemala. Orden de trabajo 31019.

- Análisis físico químico sanitario final: análisis realizado posterior al proceso de purificación de agua, la muestra fue tomada específicamente en la boquilla de salida del purificador.

Tabla XIV. **Resultados del análisis físico químico sanitario posterior al proceso**

Resultados					
1. Aspecto	Clara	4. Olor	Inodora	7. temperatura (en el muestreo)	19,6 C
2. Color	01,00 unidades	5. Sabor	-----	8. Conductividad eléctrica	354,00 μ mos/cm
3. Turbiedad	00,96 UNT	6. Potencial de hidrogeno (PH)	6,44		
Sustancias	mg/L	sustancias	mg/L	sustancias	mg/L
1. Amoniaco (NH ₃)	00,05	6. Cloruros (Cl ⁻)	25,00	11. Sólidos totales	213,00
2. Nitritos (NO ₂)	00,00	7. Fluoruros (F ⁻)	00,02	12. Sólidos Volátiles	14,00
3. Nitratos (NO ₃)	31,90	8. Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	9,00	13. Sólidos Fijos	199,00
4. Cloro Residual	--	9. Hierro Total (Fe)	00,03	14. Sólidos en suspensión	1,00
5. Manganeseo (Mn)	00,004	10. Dureza total	128,00	15. Sólidos Disueltos	188,00
Alcalinidad (Clasificación)					
Hidróxidos	00,00	Carbonatos	00,00	Bicarbonatos	136,00
Alcalinidad Total	136,00				

Fuente: examen físico químico sanitario realizado por el centro de investigaciones de ingeniería. Ciudad de Guatemala. Orden de trabajo 31019.

- Análisis bacteriológico inicial: los resultados del análisis bacteriológico practicado al agua de alimentación del sistema, previo al proceso de purificación.

Tabla XV. **Resultados del análisis bacteriológico previo al proceso**

Resultados			
SABOR	----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	Ligera Cantidad
ASPECTO	Clara	COLOR RESIDUAL	----
OLOR	Inodora		
INVESTIGACIÓN DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACIÓN DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS -35	TOTAL	FECAL 44.5 C
10,00 cm ³	+++++	-----	-----
01,00 cm ³	++---	--	--
0,10cm ³	++---	--	--
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100CM ³		< 2	< 2

Fuente: examen físico químico sanitario realizado por el centro de investigaciones de ingeniería. ciudad de Guatemala, orden de trabajo 31019

- Análisis bacteriológico final: los resultados del análisis bacteriológico posterior al proceso de purificación, la muestra fue tomada justo después de la boquilla de salida del sistema, la tabla XIV muestra dichos resultados.

El muestreo de cada uno de los análisis, se realizó con base en las especificaciones dadas por los ingenieros, de la sección de aguas, del centro de investigaciones, dichas especificaciones provienen de la norma COGUANOR 29001, la cual a su vez se basa en técnicas y métodos de investigación de la APHA. (*American Public Health Association*) de los Estados Unidos de América, los resultados fueron aceptables para el agua de salida del sistema, por lo que se puede afirmar, que es apta para el consumo humano.

Tabla XVI. **Resultado del análisis bacteriológico posterior al proceso**

Resultados			
SABOR	----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	No hay
ASPECTO	Clara	COLOR RESIDUAL	
OLOR	Inodora		
INVESTIGACIÓN DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACIÓN DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS - 35	TOTAL	FECAL 44.5 C
10,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
0,10cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100CM ³		< 2	< 2

Fuente: examen físico químico sanitario realizado por el Centro de Investigaciones de Ingeniería. Ciudad de Guatemala. Orden de trabajo 31019.

2.6.2. Análisis de pruebas

Posterior a las pruebas realizadas, se procede a interpretar los resultados, esta interpretación es necesaria para determinar las medidas a tomar, ya sean preventivas o correctivas, durante la construcción del prototipo.

- Prueba 1, ensayo de la unidad de prefiltrado: al observar las piezas que se separaron se observó una notable deficiencia de pegado, en todas las piezas, por ello a partir de ese momento se cambió la técnica de pegado y la cantidad de pegamento aplicada a cada una de las uniones.

- Prueba 2, ensayo a presión de tubos de cuarzo y el dispositivo Venturi: pese a que no hubo problemas de fugas con los tubos de cuarzo, se fracturaron en la construcción, por ello se procedió a desgastarlos y probarlos para no desperdiciar dicho material, esa fue una de las razones, por las que la unidad UV resultó más pequeña de lo planeado.

Por ese motivo se decidió que esa unidad del sistema no se sometería a presión eliminando una válvula planeada posterior, por ello el sistema no requiere de llave para funcionar en esta fase, únicamente se utiliza el interruptor. Respecto al dispositivo Venturi funcionó correctamente pero no se colocaron los filtros pulidores dentro de sus carcasas.

- Prueba 3, ensayo preliminar de todo el sistema: una vez armado el sistema se procedió a hacer una revisión. Se identificaron algunas fugas que fueron reparadas, también se notó una baja considerablemente el caudal después de colocar los filtros pulidores en sus respectivas carcasas y aumento considerable de la presión en las primeras unidades, los tubos de cuarzo actuaron bien, en general todo funcionaba bien.
- Prueba 4, examen final del sistema en el CII, en esta prueba se determino que el dispositivo Venturi no funcionaba debido a que el caudal del sistema era mucho menor que el utilizado para probarlo, por ello era necesario reemplazar el sistema, por uno de menor diámetro y mayor velocidad.
- Prueba 5, pruebas de laboratorio: se realizaron pruebas bacteriológicas y fisicoquímicas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería para corroborar la calidad del agua, las cuales se detallan a continuación:

- Pruebas físico químicas sanitarias: al observar los resultados de las pruebas realizadas previo y posteriormente al proceso, se pudo observar un descenso de los niveles de contaminación, partículas suspendidas y disueltas en el agua, en el análisis físico químico sanitarios, se pueden observar descensos significativos en sustancias presentes en el agua como: amoníaco, nitritos, nitratos, cloro, manganeso, fluoruros, sulfatos, hierro total, dureza, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos en suspensión y sólidos disueltos.

La turbidez del agua bajo en 67 por ciento, de 2,96 a 0,96 UNT, esto indica que efectivamente hubo un proceso de filtrado del agua y la cantidad de sustancias químicas presentes en el agua disminuyó luego del proceso, por ello desde el punto de vista físico químico, el agua es apta para el consumo humano, según la norma COGUANOR 29001 después del proceso de purificación.

Sin embargo hay que notar que el PH del agua aumentó luego del proceso, esto posiblemente al uso del carbón activado, ya que el carbono aumenta la acidez del agua, el PH inicial era de 6,93 y en la salida era de 6,44.

- Pruebas bacteriológicas: respecto a las condiciones bacteriológicas, el agua de salida, fueron muy buenas ya que en las pruebas preliminares dio negativo para los cultivos bacterianos realizados, sin necesidad de hacer otras pruebas, a diferencia de la muestra previa al proceso, que dio positivo en la prueba presuntiva y fue necesario someterla a una prueba confirmativa, donde los resultados fueron negativos.

Ambas muestras dieron como resultado, ser aptas para consumo humano, sin embargo hay que notar la mejoría de la calidad en la salida y la inexistencia de sustancias biológicas en suspensión al salir del proceso, por lo que se puede decir a ciencia cierta que; el agua producida por el sistema de purificación de agua, es apta para consumo humano, y cumple con las normativas guatemaltecas relativas a la pureza del agua, he incluso normativas internacionales.

2.6.3. Diseño de mejoras

En base a los resultados obtenidos en las pruebas y exámenes realizados, se procedió a diseñar mejoras, las cuales en su mayoría correctivas, por distintos errores cometidos durante el proceso de construcción, a continuación se detallan las medidas de mitigación tomadas luego de cada ensayo realizado.

- Prueba 1, ensayo de la unidad de prefiltrado: se cambió la forma de pegado de todas las unidades construidas posteriores a esta; el método utilizado es y al reemplazo de la tubería que conecta la bomba de agua al filtro de grava y arena. Con el agregado que dicha tubería tubo un agregado de 2 centímetros debido a que la tubería anterior era muy corta y la bomba necesitaba una base de madera para soporte
- Prueba 2, ensayo a presión de tubos de cuarzo y dispositivo Venturi: a causa de las fracturas ejercidas sobre los tubos se mejoro la unión entre estos y las piezas de PVC en los extremos, para ello la media tomada fue calentar los tubos de cuarzo con una estufa de gas, y fundir el plástico al momento de insertar el tubo caliente.

A raíz de la disminución de la longitud de los tubos, se decidió que la caja de madera, que los contiene disminuyera levemente de tamaño previsto, siendo sus dimensiones finales 29c x 12 x 79 centímetros.

- Prueba 3: no se realizaron modificaciones de consideración al sistema de purificación de agua.
- Prueba 4, ensayo final del sistema en el CII; en base al hallazgo en el dispositivo Venturi se procedió a modificar su diseño, era necesario disminuir el diámetro interior menor del dispositivo Venturi, para ello se utilizaron boquillas de silicón escolar, como medio para disminuir el diámetro y aumentar la velocidad del fluido, a modo de que presión baje aumentando la velocidad del fluido, según el principio de Bernoulli, para ello el diámetro debe disminuir, y la boquilla debe de cortarse en un punto donde el diámetro interno sea igual a 0,5 centímetros 3 milímetros menos que el sistema previo.

Los cortes fueron realizados por distintos métodos, la boquilla de extrusión del líquido, fue perforada con una broca de 0,5 centímetros de diámetro en dirección paralela al flujo de agua, y la otra boquilla fue cortada de forma perpendicular, esto permitió dejar un pequeño espacio vacío entre ambas boquillas, área en la cual la presión disminuye hasta ser menor que la presión atmosférica, creando el efecto de succión requerido.

- Prueba 5, análisis de laboratorio: no se realizaron modificaciones de consideración al sistema, debido a que los resultados obtenidos por las pruebas de laboratorio practicadas fueron satisfactorios.

2.7. Implementación de mejoras

Luego del diseño de mejoras al sistema, se procedió a implementarlas, dichas mejoras se aplicaron de manera secuencial, posterior a las pruebas realizadas el sistema. Las mejoras más significativas se detallan a continuación:

- Mejora en el método de pegado de las piezas: luego de la primera prueba, se identificó un grave error en el método de pegado, esto llevó a que se adoptaran los siguientes pasos al momento de pegar las superficies:
 - Limpieza profunda de las dos superficies a pegar
 - Aplicar pegamento de manera uniforme en ambas superficies
 - Ensamble de la pieza de PVC
 - Limpieza de exceso de pegamento
 - Mantener fija la pieza por un tiempo mínimo de 5 minutos

- Rediseño de la unidad de inyección de ozono, a causa de los problemas presentados en la prueba número 4, se procedió a cambiar el diseño de dicha unidad, a continuación, se profundizará en el tema.

2.7.1. Rediseño con base en mejoras

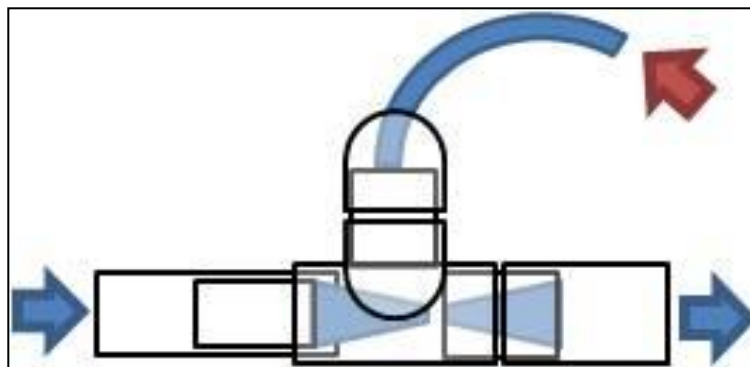
Uno de los cambios significativos fue el rediseño de la unidad de inyección de ozono, debido a que el anterior funcionaba con caudales más altos, dicha unidad estaba conformada por una tee, con una boquilla de 0,8 centímetros de diámetro la cual se probó con un caudal de 45 litros por minuto, durante las primeras pruebas realizadas, pero el caudal de operación final era considerablemente menor y se procedió a un rediseño de la unidad.

La unidad de inyección es un dispositivo Venturi, que aumenta la velocidad del fluido, disminuyendo a la vez la presión del mismo al cambiar el diámetro de la tubería donde pasa un fluido, (según el principio de Bernoulli), dicho dispositivo se mejoro, utilizando boquillas con diseño más aerodinámico y con un diámetro mucho menor que las anteriores, el nuevo diámetro utilizado fue de 0,5 centímetros.

Las boquillas fueron colocadas de manera opuesta entre sí, a modo de simular la forma de un reloj de arena, y fueron cortadas de forma especial, la primera boquilla se perforo de manera paralela al flujo del agua, con una broca de 0,5 centímetros de diámetro aumentando el radio de la punta de la boquilla original.

La otra boquilla se corto de manera perpendicular con una sierra, de esta manera se logro un diámetro inferior y una configuración que funciona correctamente, con un caudal de 11 litros por minuto. El diseño planteado se muestra a continuación en la figura 26.

Figura 26. **Dispositivo Venturi**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Power Point.

2.8. Especificaciones del producto final

Todo proyecto sufre algunos inconvenientes y limitantes, que influyen en cambios que pueden afectar el diseño o su forma física, el proyecto de creación de un purificador de agua, no es la excepción, ya que las especificaciones finales cambiaron a lo largo del proceso, las especificaciones técnicas finales del sistema de purificación son.

Tabla XVII. **Especificaciones finales**

Especificaciones			
Altura (cm)	138,5	Potencia	385 W
Ancho (cm)	137	Radiación de lámpara	UV-C
Profundidad (cm)	33	Radio tubería entrada	1"
Caudal L/m	11	Radio tubería salida	3/4"
Voltaje	127 V	Presión de operación	45
Amperaje	5.5 A	Lecturas de presión	PSI
Temperatura Celsius	5 a 40	Conexiones calibre	14

Fuente: elaboración propia.

Esta información es ampliada en la hoja de especificaciones del producto que pueden ser encontradas en los anexos.

2.8.1. Materiales utilizados

Los materiales utilizados fueron los mismos que se detallaron en el diseño, aunque las algunas de las dimensiones del sistema cambiaron, los materiales utilizados no fueron cambiados, con excepción del dispositivo Venturi que fue la única unidad que requirió un rediseño.

El listado de materiales utilizados puede observarse en la tabla XXV que detalla cada uno de los materiales utilizados durante la construcción del equipo. Cabe resaltar que en el caso de la tubería, hay excedentes de materiales, los cuales no deben ser desechados ya que pueden utilizarse en la construcción de otro purificador en el futuro.

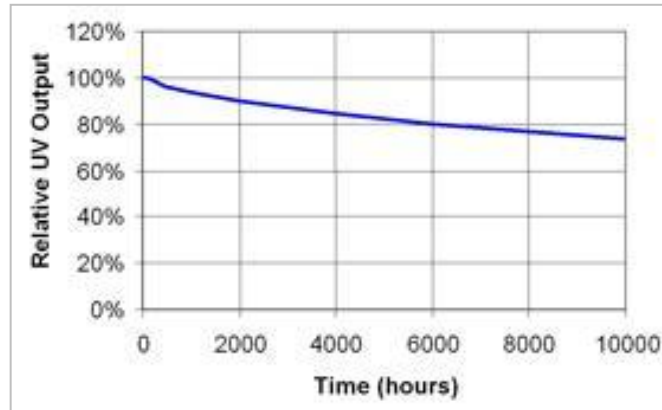
2.8.2. Características

El Sistema de purificación de agua está hecho en su gran mayoría de PVC, ya que al utilizar ozono como medio de purificación, no es recomendable utilizar tubería metálica de cualquier tipo ya que se oxidaría y contaminaría el producto final. Otra característica especial del sistema es el uso de tubos de cuarzo, para conducir el agua, y el uso de una sola lámpara de luz ultravioleta para desinfección del agua y generación de ozono. Dicha lámpara es una lámpara germicida y determina la vida útil del sistema de purificación que es de 3 años.

La presión de operación final, es decir la presión en la salida debe ser estable después de la última llave ubicada justo después de los filtros pulidores, por tal razón no debe colocarse llaves de paso posterior a esta ya que esto perjudicaría el desempeño del dispositivo Venturi. Colocar otra llave de paso, incrementaría sustancialmente el riesgo de daño al equipo, por sobrepresión en la tubería de cuarzo, la cual es frágil y no debe ser sometida a presiones superiores a 5 libras por pulgada cuadrada.

Por otra parte el sistema de purificación depende directamente de la vida útil de la lámpara ultravioleta, por ello es necesario realizar el mantenimiento del equipo a tiempo, puesto que el no hacerlo puede afectar considerablemente para el desempeño del sistema y la calidad del producto.

Figura 27. **Eficiencia de la lámpara**



Fuente: *graphs UV maintenance*, hoja de especificaciones GE, 11078–G15t8, GE t8 - *germicidal lamp*.

Las graficas 27 y 28 muestran el comportamiento general de una lámpara ultravioleta, esta limita la vida útil del purificador, la mortalidad de la lámpara aumenta cuando esta supera las 4000 horas de uso. Por lo tanto a partir de ese momento, es necesario tener en el inventario un reemplazo.

Figura 28. **Mortalidad de la lámpara**



Fuente: *graphs UV mortality*, hoja de especificaciones GE, 11078–G15t8, GE t8 – *germicidal lamp*.

Como se ve en la figura 27, la eficiencia baja hasta situarse en el 80 por ciento al final de la vida útil de la lámpara, por ello se debe reemplazar, por otra parte, la lámpara como tal tiene un índice de sobrevivencia que varía respecto al tiempo, ya que en las 8 000 horas la probabilidad de sobrevivencia es de 50 por ciento.

2.8.3. Dimensiones

Las dimensiones finales del equipo de purificación de agua, después de la implementación de mejoras cambiaron levemente, y las dimensiones finales del sistema, cuando se ensambla completamente y se encuentra en operación, son las siguientes:

- Altura: 138,5 cm
- Ancho: 162,5 cm
- Profundidad: 37 cm
- Diámetro de entrada: 1 ”
- Diámetro de salida: $\frac{3}{4}$ ”
- Filtros pulidores: 1' de longitud

Hay que recordar que estas son las dimensiones finales del sistema ensamblado, pero para transporte solamente se requiere un espacio de 138 centímetros de longitud por un espacio de 50 centímetros de longitud de base y ancho, debido al diseño modular utilizado en el diseño del purificador.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL

Para la implementación de un proyecto con el purificador de agua, hay que tomar en cuenta la legislación y normativos del lugar donde se encuentra, la legislación guatemalteca, se aplica sobre cualquier actividad que se desarrolle dentro del territorio de Guatemala, toda organización lucrativa o no lucrativa se sustenta legalmente en la Constitución y el Código Civil, en el caso de una empresa de purificación de agua, se debe tomar en cuenta las siguientes leyes y reglamentos:

- Constitución Política de la República de Guatemala: contiene los aspectos legales esenciales que todo proyecto que se lleve a cabo dentro del territorio nacional debe poseer, en relación a los derechos humanos, economía y tipo de gobierno.
- Código Civil (Decreto Ley 106): compendio de normas de convivencia de Guatemala, en relación a la personalidad jurídica e inscripción de organizaciones lucrativas y no lucrativas.
- Código de Comercio (Decreto 2-70): contiene todos los aspectos y requisitos de inscripción, registro y operación de empresas comerciales en el país.
- Código Tributario (Decreto 6 – 91): comprende todos los aspectos de tributos y arbitrios que una organización o empresa debe pagar al estado, por distintos rubros, como impuestos de valor agregado, sobre la renta, timbres y otros impuestos.

- Ley Anti Evasión II: reformas a la Ley y Reglamento del Impuesto Sobre la Renta Decreto número 26 - 92 del Congreso de la República (Decreto 4-2012): realiza modificaciones sobre la ley del impuesto sobre la renta ISR, específicamente en la forma de calcular dicho impuesto y los regímenes tributarios, dependiendo la fuente y cantidad de las rentas obtenidas.
- Ley de Actualización Tributaria (Decreto 10-2012): relativa a cambios en el pago de impuesto sobre la renta en todo tipo de empresas, específicamente, para elegir el régimen tributario relacionado con este impuesto en los cuales hubo cambios.
- Ley del ISR (Decreto 26-92) y Reglamento del ISR (Acuerdo Gubernativo 206-2004) Ley de creación del impuesto sobre la renta, determina la magnitud de su aplicación y los regímenes tributarios dependiendo de la renta de la persona jurídica o individual.
- Ley del IVA (Decreto 27-92) y Reglamento IVA (Acuerdo Gubernativo 5-2012): regula al manejo y pago del impuesto al valor agregado, que se le agrega al precio de venta del producto, y corresponde al 12 por ciento. Ley modificada recientemente, como parte de la reforma tributaria aprobada en el 2012.
- Ley del Impuesto de Solidaridad (Decreto 73-2008) y el impuesto de acuerdos de paz, IETAP (Decretos 19-04): son impuestos temporales, creados para financiar programas sociales del Gobierno de Guatemala y los acuerdos de paz, siguen vigentes y se deben tomar en cuenta en los balances de efectivo.

- Ley y Reglamento del impuesto específico sobre la distribución de bebidas gaseosas, isotónicas o deportivas, jugos y néctares, yogures, preparaciones concentradas o en polvo para la elaboración de bebidas y agua natural envasada. (Decreto 09-2002 y Acuerdo Gubernativo 102-2002): referente a regulaciones e impuestos a bebidas de todo tipo, esta ley no aplica para presentaciones mayores a 4 litros en el caso del agua pura, si se pretende lanzar presentaciones menores a esa cantidad, es necesario pagar un impuesto específico.
- Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Guatemala: referente al uso del suelo y los permisos municipales para operar una empresa dentro del territorio del municipio de Guatemala, dependiendo del uso de que se le de al suelo.
- Código de Salud: muy importante en relación con las regulaciones de salud y medidas de higiene mínimas en el manejo de productos como el agua para consumo humano en Guatemala, y básico en la creación y operación de una empresa de bebidas o alimentos, puesto que es necesario tramitar el registro sanitario del producto y la licencia sanitaria de la organización.
- Normas COGUANOR (decreto 1523), normas técnicas guatemaltecas, relativas a la calidad del agua en Guatemala y a los métodos de medición y muestreo del agua.
- Ley del Sistema Nacional de la Calidad (Decreto 78-2005) Define las funciones de COGUANOR que son: normalización, y asesoría en para llevar la calidad de los productos guatemaltecos.

En la constitución y operación de una empresa de purificación y venta de agua, hay que tomar en cuenta estas regulaciones y se deben realizar los trámites de constitución en el registro mercantil, hay que tomar en cuenta que se necesitan aproximadamente Q. 8 000,00 quetzales para registrar la empresa, se necesitan Q. 5 000,00 para abrir una cuenta a nombre de la empresa, como parte del trámite de inscripción, y el pago de los formularios, timbres y otros trámites que se realizan en el registro mercantil , según la normativa del código de comercio, además de esto, es necesario tramitar un permiso en sanidad pública debido a la naturaleza del negocio.

No se debe olvidar realizar la inscripción en la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), para elegir el régimen tributario de ISR y otros impuestos existentes, en el caso de una empresa reciente, se puede optar por el régimen de pequeño contribuyente el cual consiste en el pago de 5 por ciento de las ventas, sin embargo tiene un límite anual de Q. 150 000,00.

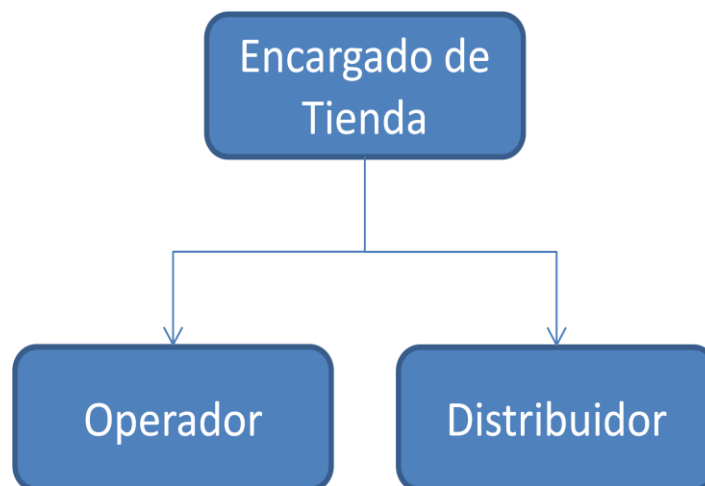
La producción de bebidas, requiere que el ministerio de salud certifique la higiene del producto, por ello se debe tramitar la licencia sanitaria y el registro sanitario; para ello se debe llenar el formulario de solicitud de licencia sanitaria, la cual requiere de una inversión de Q. 300,00 posterior a ese trámite, se realiza el registro sanitario, cuya inversión varía desde Q. 160,00 a Q. 1 490,00. El registro sanitario requiere información de la producción, y entrega de muestras del producto para pruebas bacteriológicas y sanitarias.

Respecto a la calidad del agua producida, es necesario que los equipos cumplan con la normativa y disposiciones de la comisión guatemalteca de normas; COGUANOR, que es el ente encargado del establecimiento de estándares en el país, y la principal legislación guatemalteca relativa a la calidad del agua para consumo humano la cual se detallara más adelante.

3.1. Estructura organizacional del proyecto

En el caso de la operación de una planta de purificación de agua, como la propuesta, se aconseja una estructura simple que ayude a mantener costos bajos de producción, la organización estaría compuesta por 2 ó 3 personas, otros servicios complementario del emprendimiento como la contabilidad, se subcontratarían, dependiendo del volumen de ventas que se tenga, por tanto la estructura administrativa propuesta es la siguiente:

Figura 29. Organigrama propuesto



Fuente: elaboración propia.

Las tareas del operador y distribuidor pueden ser realizadas por una sola persona, mientras que la producción necesaria para un día, no sobrepase las 60 unidades puesto que puede operar la planta las primeras 2 horas de trabajo, y vender el resto del tiempo de trabajo. Esto es sostenible hasta el momento en que, se logre el aumento significativo en el volumen de ventas, y la planta se utilice durante 8 horas seguidas.

En el rubro de salarios, para el encargado de tienda, se propone un salario mensual de Q. 3 500.00 quetzales, para el operador o el distribuidor se propone un sueldo ligeramente superior al salario mínimo correspondiente a Q. 2 200,00 mensuales.

En relación a la producción, de sistemas de purificación, como productos, en un inicio se promueve la realización artesanal de las mismas, hasta el punto en que la demanda de las plantas de purificación sea tal, que se requiera de un sistema de producción más complejo o automatizado.

3.2. Responsables

La responsabilidad es un valor que debe estar presente en cada uno de los empleados de una organización que les permite reflexionar administrar y orientar las consecuencias de sus actos, la persona responsable es consciente de lo que hace y los efectos que dichas acciones tienen sobre los demás, por ello dentro de una organización como la propuesta, la responsabilidad cae en los puestos que tienen personas bajo su cargo en este caso el puesto con mayor responsabilidad es el encargado de tienda, que como su nombre lo indica es responsable del manejo de una sucursal.

El representante legal de la empresa, será aquel nombrado al momento de constituir la empresa, ya sea el inversionista al inscribirse en el registro mercantil como comerciante individual, o bien, el representante legal elegido por el consejo o junta directiva de la sociedad, cuando la organización o empresa fue inscrita como una sociedad anónima. Esta persona es el responsable ante el estado y la sociedad, de las acciones que realiza la organización, por ello si existiese algún problema legal, es el responsable ante las autoridades competentes.

El responsable de la sala de ventas, o producción es el encargado de tienda, el cual debe de llevar el registro de las ventas realizadas, de la facturación y de los resultados que la planta de purificación tenga en el ámbito comercial, por otra parte es responsable del trabajo de los subalternos, que son el operario de la planta, y el distribuidor.

3.3. Funciones

Las funciones de cada puesto son muy importantes para el trabajo armónico de una organización, dichas funciones y responsabilidades, determinan el éxito o fracaso de una organización dedicada a la producción de agua, por ello la carga de trabajo debe ser balanceada adecuadamente en los trabajadores disponibles.

- Encargado de tienda

Es un puesto administrativo puesto que es el administrador directo de la sala de ventas de agua pura, sus funciones son:

- Registrar transacciones
- Control de actividades y de calidad de servicio
- Atención al cliente
- Administración del punto de venta
- Planificación de actividades y producción
- Contribuir activamente a la solución de problemas
- Manejo de personal

El trabajo consiste básicamente en tomar pedidos, despacharlos, elaborar facturas y llevar el registro contable del punto de fabricación y venta. Bajo su cargo están los puestos operativos, por ello tiene un rol de administrador, y está encargado de planificar la producción diaria, y dirigir las actividades del operador de la planta, y el distribuidor, a modo de evitar escasez o excesos de producción, y garantizar al cliente que el agua servida, es de reciente proceso, para minimizar el riesgo de contaminación por almacenamientos de largo periodo.

- Operador

Es el encargado de manejar el equipo de purificación de agua mediante el uso de los diagramas correspondientes, sus funciones básicamente son:

- Llevar a cabo la producción de agua purificada
- Operar y manipular el equipo de purificación
- Seguir los procedimientos establecidos en el diagrama hombre máquina del equipo de purificación.
- Limpieza superficial del equipo
- Envase y sellado del agua pura producida
- Almacenamiento del producto terminado

El operador tiene a su cargo el llenado y envasado de los garrafones de agua pura, por ello debe tomar en cuenta altas medidas de higiene a la hora de hacer su trabajo, entre ellas: lavarse las manos, usar guates, mascarilla y red para el cabello, para evitar que cualquier patógeno, contamine el vital líquido, por otra parte, debe conocer la manera correcta de utilizar el equipo de purificación de agua.

- Distribuidor

Es encargado de llevar el producto a los puntos de venta, o al domicilio de los clientes, es un puesto operativo encargado de llevar el producto al consumidor, sus funciones son:

- Transporte y distribución de bienes de consumo
- Atención y asesoría al cliente
- Venta del producto terminado
- Planificación de entregas
- Administración del territorio de ventas asignado
- Realizar transacciones rápidas y cabales
- Control y registro de las transacciones realizadas
- Cobros

Utiliza distintos medios de transporte como: carretillas, bicicletas, camiones, dependiendo de los recursos que posea la purificadora para entregar el producto final a los consumidores o distribuidores secundarios.

También debe realizar los cobros correspondientes a los productos entregados y otras diligencias impuestas por los superiores, siempre y cuando no interrumpan sus actividades principales.

3.4. Regulaciones guatemaltecas de calidad del agua

Las principales normativas de regulación de calidad del agua para consumo humano están determinadas por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), adscrita al Ministerio de Economía. Las normas técnicas NTG 29, relacionadas con ingeniería sanitaria, estandarizan procedimientos de muestreo, evaluación y medición de calidad del agua, según los siguientes normativos específicos para el agua potable:

- COGUANOR NTG 29 001: especificaciones.
- COGUANOR NTG 29 006: recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestra y otras generalidades
- COGUANOR NTG 29 013: aguas, determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos, oxígeno disuelto, Método de referencia
- COGUANOR NTG 29 014: Aguas. Determinación de constituyentes orgánicos. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

En la Norma NTG 29 001 se detallan los valores máximos permitidos de sustancias biológicas, físicas o químicas, que determinan el agua apta para consumo humano, hay que notar que en esta norma se describen dos niveles máximos, el primero es el LMA (límite máximo admisible), que se refiere al límite donde el agua es aceptable sensorialmente para el consumidor, mientras que el LMP (límite máximo permisible) es el que identifica si el agua es apta para el consumo humano.

A continuación se presentan las tablas de valores permisibles para distintos tipos de químicos y contaminantes regulados por la norma COGUANOR NTG 29001, relativa a las especificaciones del agua para consumo humano.

Tabla XVIII. **Características sensoriales que debe tener el agua para consumo humano**

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35,0 u (a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT (b)
Conductividad eléctrica	750 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (d)
Potencial de hidrógeno	7,0-7,5	6,5-8,5 (c) (d)
Sólidos totales disueltos	500,0 mg/L	1000,0 mg/L

(a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto
 (b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).
 (c) En unidades de pH
 (d) Límites establecidos a una temperatura de 25°C.

Fuente: Norma COGUANOR NTG 29001.

Tabla XIX. **Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles**

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl-)	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (SO ₄ ⁻⁻)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) (b)	0,3	-----

a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.

b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

Fuente: Norma COGUANOR NTG 29001.

Tabla XX. **Relación de las sustancias inorgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud**

Substancia	LMP (mg/L)
Arsénico (As)	0,010
Bario (Ba)	0,70
Boro (B)	0,30
Cadmio (Cd)	0,003
Cianuro (CN-)	0,070
Cromo total (Cr)	0,050
Mercurio total (Hg)	0,001
Plomo (Pb)	0,010
Selenio (Se)	0,010
Nitrato (NO ₃ -)	50,0
Nitrito (NO ₂ -)	3,0

Fuente: norma COGUANOR NTG 29001.

La Norma COGUANOR NTG 29001, está basada en varios estándares internacionales, especialmente los normativos de la OMS, que fueron citados en capítulos anteriores, las normas de calidad de agua utilizadas en los estados unidos de América y otros reglamentos latinoamericanos en la materia.

A continuación, se detallan una serie de químicos, utilizados en la agricultura y otras actividades productivas, que pueden contaminar los afluentes de agua, y que deben ser tomados en cuenta en los procesos de purificación de agua, a modo de garantizar el bienestar del consumidor del agua producida, cabe notar que uno de los mejores métodos para eliminar este tipo de químicos es el uso de carbón activado en los procesos de filtración del vital líquido.

Tabla XXI. **Substancias plaguicidas cuya presencia en el agua es significativa para la salud**

Grupo	LMP (µg/L)
<u>Compuestos organoclorados</u>	
Aldrín y Dieldrín	0,03
Clordano	0,2
Clorotolurón	30
DDT y sus metabolitos	1
Endrín	0,6
Lindano	2
Metoxicloro	20
Pentaclorofenol	9
<u>Ácidos fenoxi</u>	
2,4-D	30
2,4-DB	90
2,4,5-T	9
Mecoprop	10
Dicloroprop	100
MCPA	2
<u>Fumigantes</u>	
1,2-Dicloropropano	40
1,3-Dicloropropeno	20
DBCP (1,2-Dibromo-3-cloropropano)	1
<u>Triazinas</u>	
Atrazina	2
Simazina	2
<u>Acetanilidas</u>	
Alacloro	20
Metolacloro	10
<u>Carbamatos</u>	
Aldicarb y sus metabolitos	10
Carbofurán	7
Isoproturón	9
Molinato	6
Pendimetalina	20
<u>Amidas</u>	
Di (etil-hexil) ftalato	8
Trifluralín	20
<u>Organofosforados</u>	
Carbofurán	7
Clorpirifós	30
Dimetoato	6

Fuente: Norma COGUANOR NTG 29001.

Tabla XXII. **Substancias orgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud**

Compuesto	LMP (µg/L)
Acido edético (EDTA) (4)	600,0
Acido nitrilo triacético	200,0
Benceno	10,0 ⁽¹⁾
Cloruro de vinilo	0,3, ⁽¹⁾
o-diclorobenceno	1000,0 ⁽²⁾
p-diclorobenceno	300,0 ⁽²⁾
1,2-dicloroetano	30,0 ⁽¹⁾
1,1-dicloroetano	30,0
1,2-dicloroetano	50,0
cis-1,2-dicloroetileno	50,0
trans-1,2-dicloroetileno	50,0
Diclorometano	20,0
1,2-dicloropropano	40,0 ⁽³⁾
Di(2-etilhexil)ftalato	8,0
1,4-dioxano	50,0 ⁽¹⁾
Estireno	20,0 ⁽²⁾
Etilbenceno	300,0 ⁽²⁾
Hexaclorobutadieno	0,6
Pentaclorofenol	9,0 ^{(1) (3)}
Tetracloruro de carbono	4,0
Tetracloroetano	40,0
Tolueno	700,0 ⁽²⁾
Tricloroetano	20,0 ⁽³⁾
Xileno	500,0 ⁽²⁾

(1) El valor de referencia de las sustancias que se consideran cancerígenas es la concentración en el agua asociada con un límite de riesgo adicional de cáncer durante toda la vida de 10-5 (un caso adicional de cáncer por cada 100,000 personas que ingieren agua de bebida con una concentración de la sustancia igual al valor de referencia durante 70 años). Las concentraciones asociadas con límites superiores estimados de riesgo adicional de cáncer de 10-4 y 10-6 pueden calcularse multiplicando y dividiendo, respectivamente, el valor de referencia por 10.

(2) Concentraciones de la sustancia iguales o superiores al valor de referencia basado en criterios de salud pueden afectar la apariencia, gusto u olor del agua, dando lugar a reclamos por parte de los consumidores.

(3) Valor de referencia provisional, dado que hay evidencia de que la sustancia es peligrosa, pero existe escasa información disponible relativa a sus efectos sobre la salud.

(4) Aplica al ácido libre.

Fuente: Norma COGUANOR NTG 29001.

Por otra parte, la norma también regula las características microbiológicas que debe poseer el agua, para ser considerada como agua potable, entre ellas se encuentran los siguientes normativos

Tabla XXIII. **Valores guía de la calidad microbiológica del agua**

Microorganismos	Límite Máximo Permisible
Agua para consumo directo Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua

Fuente: Norma COGUANOR NTG 29001.

Así también regula los niveles de radiación o radioactividad aceptables en el vital líquido, la siguiente tabla incluye dichos valores máximos aceptables.

Tabla XXIV. **Valores guía para los aspectos radiológicos**

Características	Valor Máximo Aceptable	Observaciones
Radioactividad alfa total	0,10 Bq/L (1)	Si se sobrepasa el valor límite, es necesario un análisis más detallado de los radionúclidos.
Radioactividad beta total	1,0 Bq/L	
(1) Bq es Bequerel que es la unidad radiométrica utilizada para medir la actividad de una fuente. Se simboliza por Bq y es equivalente a 1 desintegración/segundo.		

Fuente: Norma COGUANOR NTG 29001.

Tabla XXV. **Radionúclidos indicadores de radiación y sus valores guía en agua**

Radiación	Indicador	Límites
Alfa artificial	Americio 241	0,1 Bequerel/L
Beta artificial	Estroncio 90	1,0 Bequerel/L
Gamma artificial	Cesio 137	No definido

Fuente: Norma COGUANOR NTG 29001.

En resumen la norma guatemalteca, se centra en determinar los máximos permisibles para consumo humano, existen otras normas relacionadas a la obligatoriedad de clorar el agua en los sistemas de distribución.

3.5. Forma de manejo de la tecnología

Las tecnologías de purificación, pese a no estar reguladas por los normativos nacionales, si lo están en otros países, donde la tecnología tiende a brindar agua de la más alta calidad posible a los consumidores, una de estas tendencias él desuso del cloro como agente desinfectante debido a que el consumo continuo en los seres humanos está relacionado con ciertos tipos de cáncer.

Según un análisis realizado por la Unidad de Investigación Respiratoria y Salud Ambiental, del Instituto Municipal de Investigación Médica de Barcelona, el consumo de agua clorada incrementa el riesgo de contraer cáncer a largo plazo en aproximadamente 95 por ciento.⁷ A causa de los subproductos del cloro resultado de descomposición y reacciones químicas en el agua.

⁷ (C M Villanueva, 2002)

Por ello el sistema de purificación propuesto, utiliza métodos alternativos de desinfección, entre ellos el uso de lámparas ultravioleta, específicamente lámparas UV-C, es decir lámparas ultravioleta de baja frecuencia. Las cuales deben de manejarse de forma cuidadosa ya que la exposición a esta luz, que es considerada como altamente mutágena debido a la capacidad que posee de destruir cadenas de ADN y puede dañar la vista y la piel, por ello, dicha luz debe estar confinada a un espacio cerrado. Por ello se deben poseer prácticas de seguridad e higiene industrial, que garanticen la integridad física de los empleados y la calidad del producto

- Higiene

Mantener la calidad del agua producida requiere de medidas de higiene, que garanticen la seguridad en la fabricación y calidad del producto, por ello, se pretende tomar varias medidas de protección que la aseguren, y que permitan el bienestar del trabajador, entre ellas están:

- Utilizar guantes
 - Uso obligatorio de mascarilla
 - No almacenar agua ni otros objetos cerca de la unidad ultravioleta
 - Mantener limpia y ordenada el área de trabajo
 - Realizar mantenimiento de limpieza semanalmente
- Seguridad Industrial

Los operadores del dispositivo deben protegerse de exponerse a la luz ultravioleta, deben de usar gafas protectoras, y deben de tener toda la piel cubierta, sin embargo lo más prudente, es manejar la lámpara cuando está apagada.

Otro aspecto interesante es que la lámpara contiene mercurio, y si esta llega a romperse, debe evitarse cualquier contacto con el agua de servicio, ya que el mercurio es altamente tóxico. Por ello se deben tomar las siguientes precauciones en el manejo del sistema de purificación:

- Nunca abrir el compartimiento de luz ultravioleta cuando la luz está encendida
- Evitar cualquier comportamiento inseguro cerca del equipo de purificación
- Nunca obstruir la salida de agua del sistema
- Uso de equipo de protección personal al momento de dar mantenimiento: gafas protectoras, guates y mascarilla

Otros aspectos importantes que deben de tomarse en cuenta es la tecnología de carbón activado, si bien el carbón puede capturar químicos y ciertos tipos de bacterias, es un hecho que tiene una vida útil limitada ya que al llenarse todas las ranuras de sus porosidades, su trabajo como depurador de patógenos y químicos deja de ser efectivo, por ello, dichos filtros deben cambiarse cada 6 meses aunque se su aspecto físico sea bueno.

- Tecnología: registro de propiedad intelectual

Respecto a la tecnología, el uso de tubos de cuarzo para transportar agua a través de un espectro de luz ultravioleta, y aprovechar el ozono de una sola lámpara, no es utilizado a nivel comercial en Guatemala, posiblemente no existe en el mercado mundial, por ello, si es una tecnología nueva, es necesario patentarla, para ello es necesario recurrir al registro de la propiedad intelectual de Guatemala, donde se puede obtener asesoría legal y técnica para realizar los trámites de registro de la propiedad intelectual.

4. ESTUDIO ECONÓMICO

Uno de los aspectos fundamentales del proyecto es mantener un bajo costo de construcción y operación, por ello es necesario determinar con exactitud el costo real del proyecto, tomando en cuenta los insumos utilizados que forman parte del equipo como materia prima, costos de fabricación y costo de la mano de obra. También es necesario conocer los costos de operación, ya que son muy importantes para determinar el costo de producción de agua pura, una vez sea establecida una planta de producción del vital líquido, por ello a continuación se determina el costo total del equipo, y se estiman los costos implementación y operación de una purificadora de agua, utilizando el equipo propuesto.

4.1. Determinación del costo total del equipo

Determinar el costo total del equipo es clave para determinar el precio de venta al público y también para asegurar los objetivos de bajo costos de la investigación, hallar el costo se basa en tres factores muy importantes que son:

- Costo de la materia prima
- Gasto de insumos o energía
- La mano de obra

El costo de la materia prima, es un factor muy importante a considerar, puesto a la gran influencia que tiene en el costo global del equipo de purificación, a continuación la tabla XXVI, detalla los costos de materia prima relacionados con la fabricación del equipo de purificación.

Tabla XXVI. Costo de materia prima

cantidad	unidad de medida	Detalle	Precio unitario	Total
1	unidades	Adaptador hembra PVC 2"	7,40	7,40
4	unidades	Adaptador hembra PVC 3/4"	1,70	6,80
1	unidades	adaptador hembra PVC 4"	34,80	34,80
1	unidades	Adaptador macho PVC 1"	3,50	3,50
6	unidades	Adaptador macho PVC 3/4"	1,30	7,80
1	unidades	Adaptador macho PVC 4"	33,50	33,50
0,1	saco	Arena para filtrado de 20 micrones	120,00	12,00
1	unidades	bomba de corona de 1/2 HP	100,00	100,00
1	unidades	Caja de madera	85,00	85,00
5	metros	Cable spt Paralelo calibre 12	6,70	33,50
2	unidades	Carcasas 10" transparentes	150,00	300,00
1	unidades	Cartucho Carbón activado 0.5 micras 10"	198,42	198,42
1	unidades	Cartucho sedimento 1 micra 10"	45,00	45,00
1	unidades	Cheque para tubo capilar	19,00	19,00
1	unidades	Chorro PVC ¾	16,60	16,60
6	unidades	Codo PVC 90 grados liso 1"	3,55	21,30
15	unidades	Codo PVC 90 grados liso 3/4 "	1,50	22,50
0,1	quintal	Costal de Grava 100 Lb	350,00	35,00
5	unidades	empaques 3/4" x 1" x 1/8"	0,90	4,50
4	Unidades	Espejos	9,00	36,00
2	unidades	Espiga # 117	4,50	9,00
1	unidades	Filtro metálico de 2"	10,00	10,00
1	unidades	Interruptor Matix 2 aparadores con todos los accesorios	46,40	46,40
2	unidades	Llave de Bola, de 1" y 3/4"	30,00	60,00
2	yardas	Manguera Transparente, 1/8"	1,45	2,90
1	unidades	Manómetro 100 PSI, rosca 1/4"	52,90	52,90
2	unidades	Manómetros 100 PSI	40,00	80,00
2	unidades	Pegamento para PVC 100ml	42,70	85,40
1	unidades	Pichanca de 1"	60,00	60,00
2	unidades	Red Bushing 1" 1/4"	10,05	20,10
1	unidades	Red Bushing 3/4" 1/4"	7,00	7,00
3	unidades	Reducidor 4" a 2" PVC	9,80	29,40
2	unidades	Reducidor de 2" a 1"	6,00	12,00
1	unidades	Reducidor PVC liso de 1" a 3/4"	2,15	2,15
1	unidades	Tapón PVC 2"	6,30	6,30
1	unidades	Tee PVC 4"	23,70	23,70
2	unidades	tee PVC liso 3/4"	1,80	3,60
2	unidades	Tee Roscada PVC 1"	11,60	23,20
1	unidades	Tee Roscada PVC 3/4"	8,50	8,50
1	unidades	tomacorriente simple	2,00	2,00
4	pie	Tubo de Cuarzo	80,00	320,00
1	unidades	Tubo fluorescente, germicida con balastos	121,18	121,18
0,1	metros	tubo PVC 2"	19,45	1,95
1	metros	tubo PVC 4"	30,00	30,00
6	metros	Tubo PVC de 1"	7,10	42,60
4	unidades	Unión universal 3/4"	12,00	48,00
2	unidades	válvulas de bola de 1" y 3/4"	20,00	40,00
1	unidades	accesorios varios de PVC	20,00	20,00
1	unidades	Unión Universal de 1"	17,00	17,00
			Total	2207,90

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se observa un costo total de materia prima pero además de ella hay otros factores en juego, uno de ellos es la mano de obra, que se estima en 40 horas de trabajo luego de depurar los tiempos muertos y retrasos en la bitácora de construcción, de tal modo que, si se fija una tasa de Q. 50,00 por hora, de mano de obra calificada, el costo asciende a Q. 2 000,00 por la construcción de un equipo completo de purificación de agua.

Otro aspecto importante es el uso de electricidad y herramientas, se utilizaron pero los costos de depreciación son irrelevantes debido a que su uso no fue exhaustivo, dichos gastos pueden ser considerados en los honorarios de la mano de obra. Por lo tanto el costo total del equipo es Q. 5 207,90.

4.2. Costos fijos de operación

Los costos fijos de operación, representan los costos puntuales en el flujo de efectivo, ya sea en el inicio de un emprendimiento y los costos mensuales que se incurren al poner en marcha un emprendimiento relacionado con el equipo de purificación, a continuación se detalla la inversión inicial para implementar un proyecto con el equipo de purificación.

Tabla XXVII. Costos iniciales

Vehículos (bicicletas)	Q 3.000,00
Garraiones	Q 1.000,00
Mobiliario y equipo	Q 4.000,00
Seguros	Q 500,00
Equipo de purificación (precio costo)	Q 4.207,90
Gastos de instalación y remozamiento	Q 8.000,00
Gastos de constitución y registro	Q 8.000,00
Total	Q 28.707,90

Fuente: elaboración propia.

Los costos fijos mensuales, clave para determinar el punto de equilibrio se detallan a continuación, y corresponden a una administración con 2 empleados, como se detalla en el capítulo anterior, recomendada para el inicio del emprendimiento a fin de mantener los costos a un nivel bajo mientras se logra posicionamiento en el mercado.

Tabla XXVIII. **Costos fijos mensuales**

Alquileres		Q. 2 000,00
Gastos imprevistos		Q. 300,00
Mantenimiento semestral (prorrateado)	Q 900,00	Q. 150,00
Papelería y útiles		Q. 100,00
Energía eléctrica cargos fijos		Q. 100,00
Salarios (2 personas)		Q. 5 700,00
Servicio de agua (tarifa fija empagua)		Q. 200,00
Teléfono (plan de teléfono e internet)		Q. 150,00
	Total	Q. 8 700,00

Fuente: elaboración propia.

4.3. Costo variable de operación

Los costos variables de operación son los que están relacionados directamente a la operación del equipo, los costos presentados a continuación se basan en el prorrateo de los costos globales de operación.

El costo de electricidad se basa en el precio vigente de Q. 1,8929/KWh⁸ en relación con el tiempo de operación que requiere el purificador para llenar el garrafón; el mantenimiento, es la sumatoria del uso de los implementos de limpieza, mientras que la distribución corresponde a la comisión por ventas.

⁸ Tarifa vigente de la CNEE aprobada en mayo 2013

Tabla XXIX. **Costos variables por garrafón producido**

Costo Variable (Cifras en Quetzales)	
Energía eléctrica (por garrafón)	0,024622
Distribución.	1,5
Químicos de limpieza	0,5
Tapaderas	0,5
Depreciación del equipo	0,011877
Total	2,5364987

Fuente: elaboración propia.

Los costos de operación, por lo tanto ascienden a Q. 2,54 por garrafón producido, los cuales incluyen la energía, el costo de limpieza del garrafón para reutilizarlo, la comisión de intermediarios o distribuidores, la tapadera nueva, depreciaciones. Hay que tomar en cuenta de igual manera el impuesto al valor agregado IVA, el cual asciende a Q 1,29 si el precio de venta es Q. 12,00.

4.4. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio económico es aquel donde el volumen de ventas es suficiente para sufragar todos los costos fijos y variables en las actividades comerciales, otra definición indica que es el punto en donde no hay ganancias y tampoco pérdidas, en el caso del emprendimiento de una purificadora de agua pura el punto de equilibrio se calcula de la siguiente manera.

$$PE = \frac{\text{Costos mensuales de operacion}}{\text{Precio de venta} - \text{Costo variable}}$$

$$PE = \frac{8\ 700}{12 - 3,822213}$$

$$PE = 1063,85 = 1064 \text{ unidades mensuales}$$

De tal modo que el punto de equilibrio corresponde a 1 064 unidades vendidas o ingresos monetarios de Q. 12 786, 00 que es el punto donde se cubren todos los costos fijos y variables, representando 0 pérdida y ganancia, para el inversionista.

En la estrategia operacional de un emprendimiento relacionado con un purificador como el propuesto, se debe tomar en cuenta, que la venta mínima es de 1 064 unidades, y todos los esfuerzos de ventas y distribución deben ser mayores a ese valor.

5. ESTUDIO FINANCIERO

El estudio financiero está enfocado en determinar la factibilidad económica de un emprendimiento llevando a cabo con la ayuda del equipo purificación de agua, diseñado, en el área geográfica delimitada en el estudio de mercado, para ello se plantea un escenario donde el beneficiado con la planta, sea una familia que quiera llevar a cabo un emprendimiento social, pero que le permita tener ingresos extras para sostenimiento del hogar.

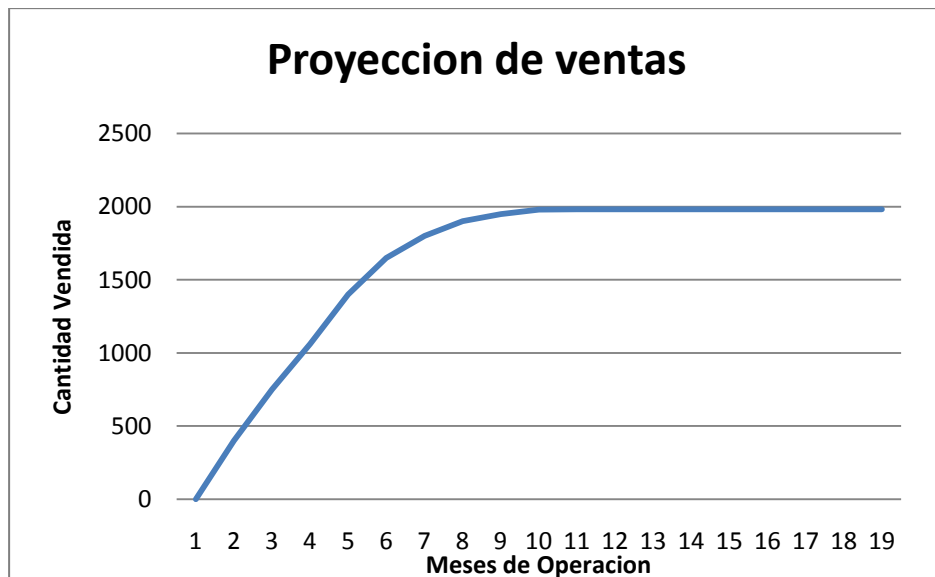
5.1. Análisis financiero

Al iniciar la operación de una empresa, hay que tomar en cuenta muchos factores importantes, el primer factor a tomar a consideración son los pronósticos de ventas, y estos se determinan mediante el estudio de mercado, donde se estableció una demanda esperada, en un escenario normal, sería de 1983 garrafones mensuales, sin embargo, lograr esa demanda no ocurre de la noche a la mañana, es necesario entrar al mercado y posicionarse adecuadamente, por ello el primer ajuste que se realizara en el análisis financiero, es el pronóstico de ventas para los primeros meses de operación basándose en la teoría del ciclo de vida de un producto, donde se define que el ciclo de vida de un producto, corresponde a:

- Introducción
- Crecimiento
- Madurez
- Declinación

Dicho comportamiento debe tomarse en cuenta ya que de no hacerlo se traducirá en problemas financieros al inicio de la operación, por ello al adecuar la demanda a un comportamiento logarítmico, el escenario previsto respecto a las ventas se presenta en la figura a continuación, donde la demanda aumenta progresivamente hasta nivelarse con la cantidad demandada estimada en el estudio de mercado.

Figura 30. **Estimación de ventas primeros 18 meses**



Fuente: elaboración propia.

Basados en dicha información y la información obtenida en el estudio económico del proyecto, se tiene suficiente información para armar el flujo de efectivo, dicho flujo de efectivo se encuentra detallado en la tabla XXX y contiene los ingresos y egresos proyectados en los primeros 10 meses de operación, tomando en cuenta las prestaciones laborales, el impuesto al valor agregado, los costos iniciales y fijos detallados en el estudio económico.

El flujo total de efectivo es de un total de 3 años, vida útil proyectada del equipo, previo a su servicio mayor, que extiende su vida útil un plazo similar de tiempo. Por cuestiones de espacio en la tabla XXIX no se incluye la información completa del flujo de efectivo, solamente los primeros 10 meses de operación, suficiente como para determinar el comportamiento hasta el punto donde el saldo acumulado es positivo, en los inicios de la operación y determinar las necesidades de efectivo para financiamiento ya que al iniciar una organización se debe tomar en cuenta que los primeros meses de operación deben estar amortizados para evitar la quiebra.

Tabla XXX. **Flujo de efectivo del proyecto (10 meses)**

Flujo de Efectivo (cifras en quetzales aproximados)											
	Inicio	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10
Cantidad (unidades)	0	400	750	1061	1400	1650	1800	1900	1950	1980	1983
Ventas	0	4800	9000	12732	16800	19800	21600	22800	23400	23760	23796
Total Ingresos	0	4800	9000	12732	16800	19800	21600	22800	23400	23760	23796
costo fijo mensual		-8700	-8700	-8700	-8700	-8700	-8700	-8700	-8700	-8700	-8700
costo variable		-1014	-1902	-2691	-3551	-4185	-4565	-4819	-4946	-5022	-5029
IVA		-514	-964	-1364	-1800	-2121	-2314	-2443	-2507	-2546	-2550
Inv. inicial	-28708										
Prestaciones							-5500				
Total de Egresos	-28.707	-10.228	-11.567	-12.755	-14.051	-15.006	-21.080	-15.962	-16.153	-16.267	-16.279
Saldo Neto	-28.708	-5.428	-2.566	-23,3	2.748	4.793,3	520	6.837	7.246	7.492	7.516
Saldo acumulado	-28.707	-34.136	-36.703	-36726	-33977	-29184	-2866	-21826	-14.580	-7088	428,5

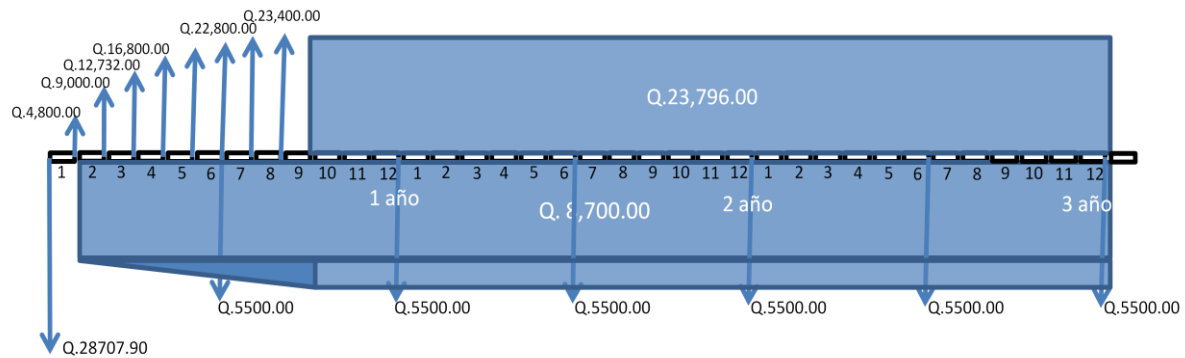
Fuente: elaboración propia.

5.1.1. VPN

El Valor Presente Neto es una de las principales herramientas para determinar la factibilidad de un proyecto, en este caso, la tasa será determinada tomando en cuenta varios aspectos:

- Inflación: 4% anual⁹
- Intereses plazo fijo en bancos 8,5% anual
- Plazo de 36 meses (3 años)
- Se utilizara una tasa de descuento de 15% anual, que sobrepasa el 4% estimado de inflación y 5,25% de la tasa líder del banco de Guatemala y representa el rendimiento estimado por el inversionista.

Figura 31. Gráfica del flujo de efectivo a 3 años



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Power Point.

Al obtener el Valor Presente Neto del flujo de efectivo, presentado en la figura, convirtiendo las anualidades, valores puntuales de 3 años de operación, a valor presente, la tasa de descuento esperada de 15 por ciento anual.

⁹ Banco de Guatemala (Inflación Estimada para el año 2013)

El Valor Presente Neto es igual a:

$$VPN = (I_0) + \frac{\sum (\text{Ingresos}_n - \text{Egresos}_n)}{(1 + i)^n}$$

$$VPN = (-28\,708) + \frac{-5\,419}{(1 + 0,0013)^1} + \frac{-2\,548}{(1 + 0,0013)^2} + \frac{-23,3}{(1 + 0,0013)^3} \dots + \frac{7\,565,4}{(1 + 0,015)^{35}}$$

$$VPN = Q. 112\,989,62$$

El Valor Presente Neto, es una cifra positiva la cual indica que al invertir en el proyecto el día de hoy se tiene un beneficio de Q. 112 989,62 lo cual indica factibilidad financiera, de la inversión en un proyecto de purificación de agua, utilizando el equipo diseñado en el estudio técnico de ingeniería. Y con los criterios y costos de implementación detallados en el estudio económico.

5.1.2. TIR

La Tasa Interna de Retorno del proyecto es un indicador financiero importante para determinar factibilidad, y representa la tasa de recuperación de la inversión inicial en un período establecido, en este caso anual, también representa la tasa donde el valor presente neto es igual a 0, la tasa interna de retorno para el proyecto es:

$$TIR = 133,4\%$$

Afirmando la factibilidad financiera de un proyecto con el purificador puesto que una tasa de esa magnitud, indica que la inversión se recupera en menos de un año.

5.1.3. Análisis beneficio / costo

Al analizar los indicadores financieros, se observa que un proyecto de agua pura, es beneficioso desde el punto vista financiero, ya que los principales indicadores de factibilidad son satisfactorios, para determinar que tan beneficioso puede ser el proyecto, se utiliza la razón beneficio costo. La relación beneficio costo, del implementar el proyecto es:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{VPN positivo}}{\text{VPN negativo}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{Q.621\,078,17}{Q.499\,363,55} = 1,2437$$

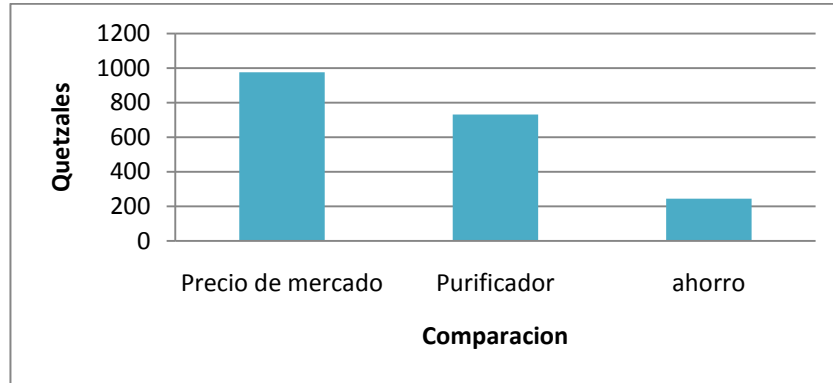
Dicha relación indica que el proyecto es beneficioso, puesto que la relación es mayor que uno. Desde el punto de vista social, una purificadora puede beneficiar hasta aproximadamente 2 000 personas en el área de influencia de un proyecto de purificación de agua.

- Otros beneficios

Desde el punto de vista familiar, el impacto que un emprendimiento de agua potable puede tener en la economía familias es considerable, una familia de 5 personas, consume alrededor de un garrafón cada 5,94 días¹⁰ lo que se traduce en 61 garrafones de agua al año, el ahorro monetario es de Q. 244,00 al año en ahorros si las personas compran agua a precio de mercado Q. 16,00 y el precio de venta previsto de Q. 12,00 representando un ahorro aproximado de de Q. 20,00 mensuales, equivalente a 25 por ciento en ahorro en la compra.

¹⁰ Estudio de Mercado: (Sección 1.2.4.4; Tabulación de Datos)

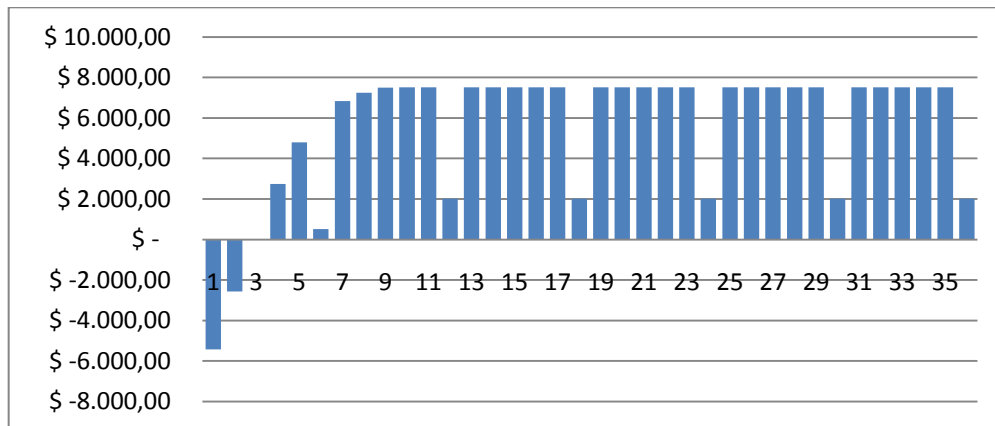
Figura 32. **Gráfico de impacto a la economía familiar del consumidor**



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte el proyecto brinda ingresos extras a los emprendedores con ganancia mensuales, las cuales pueden ser utilizados para elevar considerablemente la calidad de vida de la familia. La siguiente gráfica muestra la contribución mensual al gasto familiar si se pone en marcha el proyecto, con una moda de Q. 7 516,55.

Figura 33. **Gráfico de aporte a ingresos familiares**



Fuente: elaboración propia.

Las bajas en el gráfico, representan el pago de prestaciones a empleados, por ello el administrador debe prever esas bajas, para que el impacto a la economía familiar no sea muy alto. Otro factor importante, los primeros meses de operación, son críticos, por ello el financiamiento inicial, debe ser mayor al monto de la inversión inicial, para soportar las pérdidas que se pueden dar al inicio de operación.

5.2. Fuentes de financiamiento

Las fuentes de financiamiento son necesarias para llevar a cabo un proyecto productivo de este tipo, y pueden ser diversas dependiendo del objeto de implementación de un purificador de agua, según las proyecciones realizadas, se necesita un total de Q. 36 700,00. Dicho valor incluye la inversión inicial, más un valor de reserva para la amortización de las pérdidas que se tienen en los meses de introducción al mercado, las fuentes de financiamiento pueden ser:

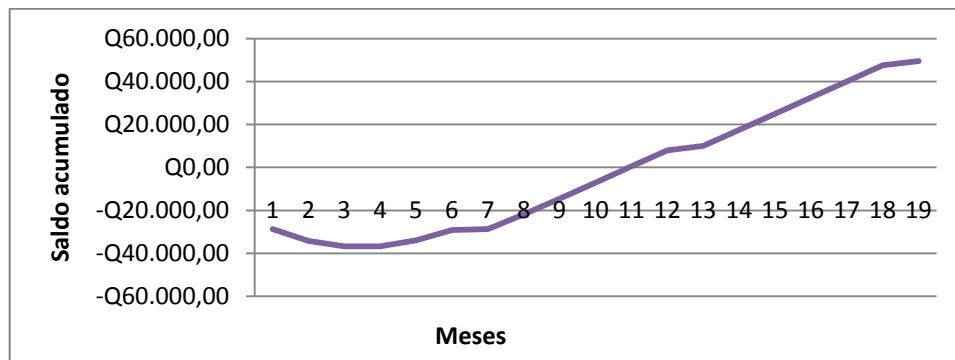
- **Financiamiento propio:** debido a que la inversión inicial no es excesiva, es posible implementar un proyecto de purificación de agua, con este tipo de financiamiento invirtiendo recursos privados, las fuentes pueden ser: Ahorros familiar, remesas del extranjeros o venta de activos.
- **Bancos del sistema:** el financiamiento se puede lograr mediante los programas de préstamos para pequeña empresa que manejan algunos bancos del sistema, hay que tener en cuenta que las tasas de interés para préstamos de este tipo, rondan una tasa de interés del 15 por ciento anual a hasta un 30 por ciento de interés, por el riesgo que significa para los bancos otorgar este tipo de préstamo a personas sin garantías.

- ONG's, existen varias organizaciones no gubernamentales con recursos disponibles para poner en marcha proyectos de este tipo, cabe notar que los proyectos financiados por estas organizaciones, no son lucrativos sino sociales.
- Fondos sociales gubernamentales: en la actualidad el gobierno está invirtiendo en proyectos sociales, para atender a la población más necesitada, de tal modo que un proyecto con enfoque social como el de la purificación de agua, es posible conseguir financiamiento estatal para poner en marcha estos proyectos.

5.3. Análisis de sensibilidad

Al analizar los saldos acumulados en el flujo de efectivo, se puede observar esta tendencia en el valor del saldo acumulado, la cual es bastante representativa en relación a la tasa de retorno y otros rubros, ya que precisamente en el mes donde la inversión retorna, este gráfico pasa al lado positivo del gráfico.

Figura 34. Saldo acumulado



Fuente: elaboración propia.

El impacto que representan cambios significativos en la ventas de agua pura, es incierto, y es necesario conocerlo, en caso esa situación se llegue a dar, por ello se usaran varios escenarios relativos a la cantidad de producto vendido.

En la tabla XXXI se puede observar el efecto en los principales indicadores financieros, en el caso de una baja considerable en las ventas, para analizar su impacto a la rentabilidad y factibilidad de un proyecto con la planta purificadora de agua.

Tabla XXXI. **Análisis de sensibilidad**

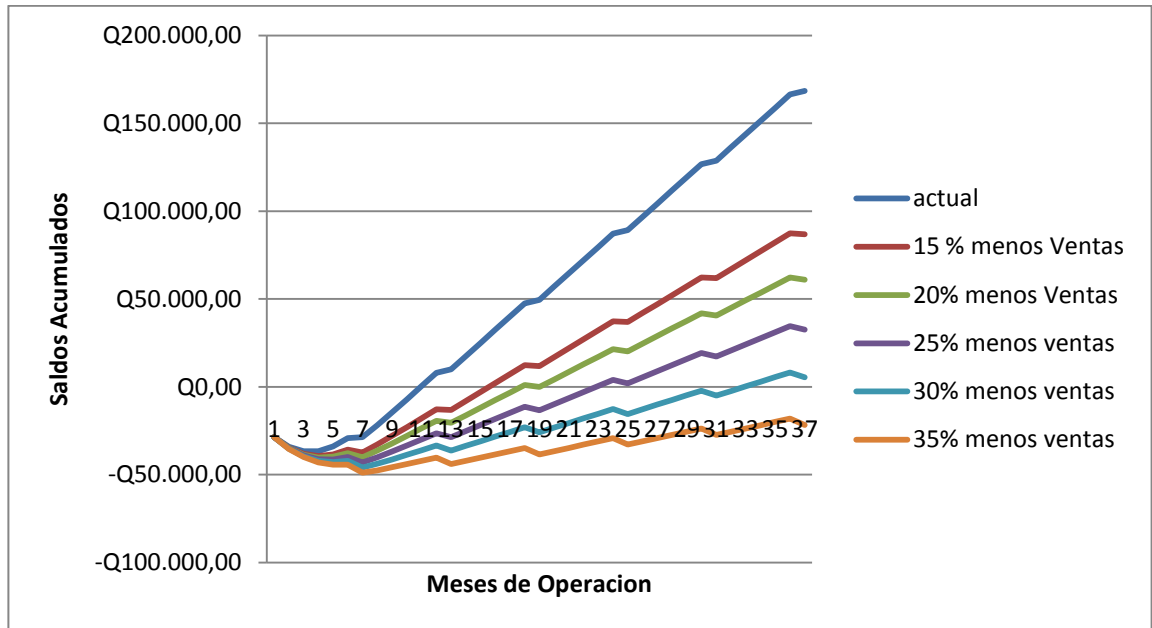
Escenario	VPN	TIR
Actual	Q 122 989,62	134%
15% menos ventas	Q 59 310,35	82%
20% menos ventas	Q 38 083,93	61%
25% menos ventas	Q 16 857,50	37%
30% menos ventas	Q -4 368,92	8%
35% menos ventas	Q -96 396,33	-

Fuente: elaboración propia.

El efecto del cambio en las ventas realizadas, causan un considerable impacto en los indicadores financieros, especialmente si las ventas disminuyen en más del 30 por ciento puesto que valores menores ponen en riesgo la viabilidad financiera de un emprendimiento de este tipo.

Para tener una idea más amplia del efecto que tienen las variaciones en las ventas, se puede observar en los saldos acumulados, correspondientes a cada uno de los escenarios planteados, la figura 33, muestra el comportamiento en cada escenario.

Figura 35. **Saldos acumulados, análisis de sensibilidad**



Fuente: elaboración propia.

El impacto de los cambios en la cantidad vendida, actúan de manera exponencial en relación a los ingresos de efectivo y los egresos, por ello se debe tomar en cuenta al momento de iniciar operaciones, ajustarse a la demanda planeada, y hacer varios esfuerzos e lograr las metas de ventas planteadas.

Un cambio volumen de venta es directamente proporcional con los cambios en la rentabilidad del emprendimiento puesto que pueden afectar considerablemente los ingresos y ganancias, sin embargo con una disminución en las ventas de 20 por ciento sigue siendo rentable el proyecto. Sin embargo una baja de 30 por ciento o menos en las ventas proyectadas pone en riesgo la sostenibilidad financiera de un proyecto de este tipo, así como la continuidad de un proyecto con el purificador de agua diseñado.

En conclusión, se comprueba la viabilidad financiera de llevar a cabo un emprendimiento con el purificador de agua propuesto, ya que el retorno de la inversión inicial es relativamente rápido, mostrando elevados valores en los principales indicadores financieros, como la tasa interna de retorno, puesto que la recuperación de la inversión se logra en un periodo corto de tiempo, únicamente 10 meses, si la demanda de agua pura es similar a la calculada en el estudio de mercado.

Las amenazas financieras del emprendimiento constituyen principalmente una disminución considerable de las ventas estimadas (más del 30%), si esto llegase a ocurrir, la continuidad de un proyecto de agua pura, estaría en peligro, obligando a realizar esfuerzos en aumentar el área de distribución, reducir los costos fijos para garantizar la continuidad del proyecto y principalmente doblar esfuerzos en publicidad, debido a la competencia existente en el mercado del agua.

6. ESTUDIO AMBIENTAL

Todo proyecto tiene un componente ambiental en su implementación y operación, en el caso de una empresa purificadora de agua, indudablemente tiene un impacto en su área de influencia, sin embargo dicho impacto no necesariamente es perjudicial o benéfico para el ambiente que rodea el emprendimiento.

El impacto ambiental puede ser beneficioso o perjudicial, dependiendo de las características del proyecto que se piense implementar, el objetivo que dicho proyecto tenga, las operaciones que se lleven a cabo y la ubicación geográfica que se pueda tener.

Otro factor importante en el estudio ambiental, es la magnitud y tipo e impacto que estos poseen con el ambiente que los rodea. Para evaluar en dichos factores; es necesario una evaluación de impacto ambiental, el cual determinara los factores de riesgo hacia el ambiente y la importancia que dichos factores poseen dentro del proyecto de construcción de una purificadora de agua, como la propuesta en estudios previos.

6.1. Descripción de los efectos ambientales

El diseño y construcción de una planta productora de agua pura, como la planteada en la investigación, no supone grandes impactos al entorno natural o cambios significativos como el movimiento de tierra y obras civiles, o el montaje de grandes industrias, sin embargo de alguna manera se ejerce influencia en el ambiente que rodea el proyecto ya sea positiva o negativa.

Al referirse a ambiente, no solamente se toma en cuenta cuestiones climáticas, contaminación, ecología, o vida silvestre y ecosistemas que rodean el proyecto, sino también el ambiente social, económico y cultural en el cual ejerce influencia sobre el proyecto y en el que el proyecto ejerce influencia recíproca.

Un emprendimiento con una planta purificadora ciertamente ejerce influencia en los hábitos de consumo de la población, y las operaciones asociadas a ella utilizan combustibles para el transporte, energía eléctrica durante el proceso de fabricación, desperdicios plásticos asociados al sellado de los garrafones etc. Todos esos factores generan daños sobre el ambiente y la emisión de gases de tipo invernadero aumentando la huella de carbono del proyecto.

La huella de carbono es un estándar internacional y se define como: "La totalidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto"¹¹ y cualquier individuo o empresa debería buscar eliminar o minimizar su huella de carbono, a modo de garantizar un mejor futuro a las siguientes generaciones.

De tal manera que a modo de minimizar la huella de carbono y reducir cualquier impacto ambiental al momento de iniciar un emprendimiento con el equipo diseñado, es necesario hacer una evaluación ambiental a modo de identificar las áreas críticas durante el montaje y operación de una planta de purificación de agua.

Por ello a continuación se presenta la matriz de identificación de impacto ambiental, herramienta útil para identificar áreas de posible impacto ambiental.

¹¹ Definición de la Norma ISO 14064-1

Tabla XXXII. **Matriz de identificación de impacto ambiental**

			ACCIONES									
			FASES DEL PROYECTO									
			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN				PRUEBAS		IMPLEMENTACIÓN			
			DISEÑO	CONSTRUCCIÓN MÓDULO 1	CONSTRUCCIÓN MÓDULO 2	CONSTRUCCIÓN MÓDULO 3	PRUEBAS FÍSICAS	PRUEBAS DE LABORATORIO	INSTALACIÓN	PRUEBAS EN EL SITIO	OPERACIÓN	NUMERO DE ITERACIONES
FACTORES AMBIENTALES	FÍSICOS Y QUÍMICOS	AIRE	EMISIONES CO2 Y OTROS GASES	X	X	X	X		X	X	X	7
			RUIDO	X	X	X	X		X	X	X	7
		SUELO	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						X			1
			VIBRACIONES		X	X	X		X	X	X	6
	DESECHOS SÓLIDOS		X	X	X	X				X	5	
	AGUA	CALIDAD DE AGUA					X			X	2	
		AGUAS DE DESECHO								X	1	
		VARIACIÓN DEL FLUJO						X		1		
	PROCESOS	INUNDACIONES							X	X	2	
		INCENDIOS								X	1	
		CORTO CIRCUITO		X	X	X				X	4	
		ENFERMEDADES OCUPACIONALES						X		X	2	
	SOCIO ECONÓMICOS	CAMBIO DE USO DE SUELO						X			1	
		IMPACTO ECONÓMICO								X	1	
		RIESGOS SANITARIOS					X	X		X	3	
		COMERCIO								X	1	
		ACCESO A SERVICIOS								X	1	
		DESABASTECIMIENTO								X	1	
	CULTURAL	CALIDAD DE VIDA							X	X	2	
		SALUD								X	1	
HIGIENE									X	1		
EMPLEO		X	X	X	X	X	X	X	X	9		

Fuente: elaboración propia.

La matriz presentada, identifica los aspectos donde el proyecto de diseño y construcción afecta de alguna manera al ambiente, pero también se incluyen las componentes de implementación de un proyecto, en forma de una purificadora de agua, ya que es en esta fase, donde más impacto se ejerce en el ambiente natural, social, económico y cultural. A simple vista se puede observar que efectivamente la operación es la fase del proyecto donde más impacto se tiene en los distintos factores ambientales analizados.

6.2. Valuación de los efectos ambientales

Para la valuación de los efectos ambientales, se utilizaran los criterios expuestos por la matriz de Leopold, una de las herramientas más utilizadas para la evaluación de impactos ambientales. Para ello se determina la magnitud del impacto o alteración en el factor ambiental seleccionado, en una escala de 1 a 10, donde uno, es la magnitud más baja de impacto y 10 identifica el mayor impacto ambiental en relación al factor.

El otro criterio de evaluación es, la importancia o relevancia de dicho impacto ambiental dentro del proyecto, ya que la relevancia de un impacto ambiental está muy relacionada con las consecuencias económicas, sociales y económicas que dicho impacto puedan tener, lo que puede poner en riesgo la continuidad del proyecto.

La matriz expuesta a continuación indica las calificaciones dadas a cada uno de los impactos ambientales identificados con anterioridad en la tabla XXXIII, hay que notar que el número sobre la diagonal corresponde a la magnitud y el inferior denota la importancia del factor evaluado.

Tabla XXXIII. **Matriz de evaluación ambiental**

			ACCIONES							Evaluación		
			FASES DEL PROYECTO									
			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			PRUEBAS		IMPLEMENTACIÓN				
			DISEÑO	CONSTRUCCIÓN N MODULO 1	CONSTRUCCIÓN N MODULO 2	CONSTRUCCIÓN N MODULO 3	PRUEBAS FÍSICAS	PRUEBAS DE LABORATORIO	INSTALACIÓN		PRUEBAS EN EL SITIO	OPERACIÓN
FACTORES AMBIENTALES	FÍSICOS Y QUÍMICOS	AIRE	EMISIONES CO2 Y OTROS GASES	-1/3	-1/3	-1/3	-1/3		-2/3	-1/3	-1/3	
			RUIDO	-3/2	-3/2	-3/2	-1/2		-3/4	-1/2	-1/2	
	SUELO	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							-4/3			
		VIBRACIONES			-1/2	-1/2	-1/2		-1/2	-1/2	-1/4	
	AGUA	DESECHOS SÓLIDOS	-1/1	-2/3	-2/3	-2/3					-4/6	x
		CALIDAD DE AGUA						6/8			8/8	x
		AGUAS DE DESECHO									-1/6	
	PROCESOS	VARIACIÓN DEL FLUJO								1/1		
		INUNDACIONES								-1/1	-4/1	
		INCENDIOS									-8/1	
		CORTO CIRCUITO		-5/1	-5/1	-5/1					-6/1	
	SOCIO ECONÓMICOS	ENFERMEDADES OCUPACIONALES							-5/4		-5/4	x
		CAMBIO DE USO DE SUELO							3/6			
		IMPACTO ECONÓMICO									4/5	
		RIESGOS SANITARIOS						1/1	-1/1		-3/4	
		COMERCIO									4/5	
		ACCESO A SERVICIOS									6/8	
		DESABASTECIMIENTO									-4/5	
	CULTURAL	CALIDAD DE VIDA								5/8	5/8	
		SALUD									4/8	
		HIGIENE									-6/9	x
		EMPLEO	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	3/5	1/3	2/3	
	Evaluación								x	x	x	x

Fuente: elaboración propia.

6.3. Conclusiones y estrategias de mitigación.

Al observar los resultados de evaluación, se ven las operaciones críticas y los factores ambientales que deben ser tomados en cuenta en las estrategias de mitigación y las fases del proyecto críticas a nivel ambiental estos aspectos fueron:

- Calidad del agua e higiene: son factores críticos de gran importancia para disminuir el impacto ambiental, puesto que garantizar la calidad del agua influye en una mejora en el ambiente puesto que la población se ve beneficiada elevando la calidad de vida y salud. Pero un mal manejo puede ser altamente perjudicial para el ambiente natural y social. La fase de operación es la que mayor impacto ambiental posee en el proyecto, por ello deben de mantenerse altos estándares de calidad e higiene en el proceso de fabricación del agua. Por lo que se proponen las siguientes estrategias de mitigación:
 - Uso de redecillas y guantes de los operadores de la planta.
 - Desinfección adecuada de los garrafones utilizando desinfectantes de alta calidad.
 - Evitar la manipulación del equipo si el operador no se ha lavado las manos previamente.
 - Mantener la planta siempre limpia y desinfectada por dentro y por fuera.
 - Realizar todos los servicios de mantenimiento cada 6 meses sin falta.
 - Dar 5 minutos de calentamiento del sistema previo a llenar los garrafones, esto ayuda a limpiar el sistema por dentro y evitar que agua reposada sea despachada.

- Manejo de desechos sólidos: es un riesgo crítico desde el punto de vista ambiental si no se posee un sistema adecuado para el manejo de desechos sólidos, por ello se proponen las siguientes estrategias:
 - Separar desechos producidos en plásticos, para su aprovechamiento en la industria del reciclaje.
 - Usar basureros separados para servicio a cliente.

- Enfermedades ocupacionales: es una de las principales preocupaciones puesto a que la planta utiliza radiación ultravioleta de onda corta UV-C, durante el proceso de purificación de agua, dicha radiación puede ser perjudicial para los empleados, al igual que otros problemas que puedan tener, en la operación de la planta se plantean las siguientes estrategias de mitigación:
 - Uso de gafas protectoras, cuando se verifique si la lámpara está encendida dentro de la unidad UV.
 - Evitar al máximo el contacto de la luz con la piel y ojos.
 - Levantar de manera adecuada los garrafones en el traslado, para ello el trabajador debe flexionar las rodillas para cargar el producto, a modo de evitar sobrecarga lumbar, y dolores de espalda.
 - Uso de faja como soporte visceral, en la operación de la planta y en los procesos de transporte y distribución, a modo de evitar hernias en los trabajadores.

CONCLUSIONES

1. El proyecto de diseño y construcción de purificador de agua a bajo costo, es factible desde el punto de vista económico y financiero, al lograr mantener costos de construcción bajos, y proponer costos de operación aceptables.
2. El diseño del equipo de purificación, es modular, compuesto por unidades funcionales como: unidad de bombeo, prefiltración, filtración, sistema UV-ozono y mezcla-despacho.
3. El equipo diseñado puede ser utilizado por una empresa purificadora de agua y también por una familia que lo requiera, gracias a la flexibilidad de instalación y su diseño modular.
4. Se comprobó que era posible aprovechar la radiación de una sola lámpara para generar ozono y desinfectar el agua con la exposición a dicha radiación, creando una nueva tecnología de desinfección en el mercado la cual fue denominada como UV + Ozono.
5. Las pruebas físicas y de laboratorio aplicadas al prototipo construido fueron satisfactorias, de tal modo que se puede afirmar que el proyecto es factible desde el punto de vista técnico brindando agua apta para consumo humano que cumple con estándares de calidad, nacionales e internacionales.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de este documento como apoyo a proyectos auto sostenible, de beneficio social puesto que presenta una herramienta bastante amplia para iniciar un proyecto de agua purificada.
2. A las familias, velar por tener hábitos de consumo saludables, como beber 8 vasos de agua pura al día, y evitar en lo posible el agua clorada.
3. Respetar los derechos de autor y la propiedad intelectual al momento de usar el documento, específicamente en las consideraciones técnicas y la tecnología propuesta, sin embargo puede usarse como una guía o referencia si se trata de proyectos no lucrativos.
4. A los usuarios, utilizar el equipo con base en las instrucciones presentadas en el documento, ya que el uso irresponsable se traduce en producción defectuosa, o en daño al equipo.
5. A las autoridades de salud, cambiar con los sistemas tradicionales de agua potable clorada, por nuevas tecnologías, puesto que el cloro presenta gran riesgo para la población, elimina el riesgo de enfermedades bacteriológicas como cólera o diarreas, pero está comprobado que el cloro es altamente cancerígeno, lo que pone en riesgo la salud a mediano y largo plazo de los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Guatemalteca de Normas. *Agua para consumo humano. Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29 001.* Guatemala: COGUANOR, 2010. 12 p.
2. Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América. *Evaluación de recursos de agua de Guatemala.* Escuintla, Guatemala: Comando Sur, 2000. 106 p.
3. Departamento de Regulación de los Programas de Salud y Ambiente. *Norma guatemalteca obligatoria agua potable.* Guatemala: DRPSA, 2003. 12 p.
4. GE Lighting. *11078 – G15T8: GE T8 - Germicidal; Hoja de especificaciones de lámpara germicida.* Estados Unidos de América: General Electric, 2012. 2 p.
5. Instituto Nacional de Estadística. *Estimaciones de la población total por municipio.* [en línea] Republica de Guatemala: INE, 2008, <<http://www.ine.gob.gt/np/poblacion/municipios2008'2020.xls>> [Consulta: 5 de abril de 2013].
6. Living Waters for the World. *Manual para sistemas de agua limpia Clean Water U Curso 103; Sistema Estándar.* Estados Unidos de América: Iglesia Presbiteriana, 2007. 40 p.

7. MCJUNKIN, Frederick Eugene. *Agua y salud humana*. Lima, Perú: CEPIS, 2009. 294 p.
8. Multivex Sigma Dos. *Definición de niveles socio económicos*. [en línea] Republica de Guatemala: Multivex, 2009. 4 p. <<http://www.mtjerez62.files.wordpress.com/2011/07/nse-multivex-2009.pptx>> [Consulta: 15 de agosto de 2012]
9. Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*. [en línea] 23a. ed. España: RAE, 2010. <<http://www.rae.es>> [Consulta: 17 de marzo de 2013].
10. Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia. *Estrategia para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Guatemala: Diagnóstico*. Guatemala: SEGEPLAN, 2006. 11 p.
11. VILLANUEVA C; FERNÁNDEZ F; MALATS N; GRIMALT J; KOGEVINAS M. *Meta-analysis of studies on individual consumption of chlorinated drinking water and bladder cancer, Abstract*. [en línea] Barcelona, España: Respiratory and Environmental Health Research Unit, Municipal Institute of Medical Research IMIM, 2002. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12594192>> [Consulta: 15 de agosto de 2012].
12. WRIGHT HB y CAIRNS L. *Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta*. Ontario, Canadá: Trojan Technologies, 2009. 28 p.

APÉNDICES

1. Hoja de especificaciones del purificador.

Hoja de Especificaciones Purificador de agua LP, UV + Ozono		
<p>Especificaciones:</p> <p>Sistema de purificación de Agua LP1, con sistema de desinfección UV + Ozono</p> <p>Sistema de Medición: Internacional e inglés.</p> <p>Sistema Hidráulico</p> <p>Caudal: 11lt/m Radio de entrada: 1" Radio de salida: 3/4" Presión máxima en de operación: 80 PSI Presión Media de Operación: 45 PSI</p> <p>Sistema Eléctrico</p> <p>Potencia Eléctrica: 385W Voltaje: 120 Volt Corriente: 5.5 Amperios Cable calibre: 14</p>	<p>Lámpara UV</p> <p>(según hoja de especificaciones de general Electric)</p> <p>Radiación: UV-C Longitud de Onda: (ver gráfico) Vida Útil: 3 años</p> <p>Eficiencia:</p>	<p>Dispositivo Venturi</p> <p>Presión exterior: 1 atm Presión máx. de operación: 5 PSI</p> <p>General:</p> <p>Temperatura de operación: 0 C° a 40 C°</p> <p>Dimensiones espaciales: 137cm x 138,5cm x 33cm</p> <p>Diseño Modular: múltiples piezas que son :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bomba • Prefiltro entrada • Prefiltro salida • Filtro 1 micra • Filtro 0,5 Carbón Ac. • Uv + Ozono • Mezcla y despacho

Fuente: elaboración propia

2. Boleta de encuesta

Boleta de Encuesta de Agua y hábitos de consumo
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Sector donde vive la persona: _____ genero: M / F Fecha: _____

1. Cual es la bebida que más consume durante el día:
-Agua -Gaseosas -Café -Te -Fresco -Jugos
-Otros: _____

2. Cuantos Vasos de Agua consume al día? _____

3. Sabe que los expertos recomiendan consumir por lo menos 8 vasos? Si / No

4. Que tipo de Agua Pura Consume?
- Garrafón - (eco filtro y similares)
-Ozonada -Filtrada UV
-Clorada -Hervida
-del grifo -otros: _____
-Embotellada
Si la respuesta fue embotellada

5. Lleva su garrafón de agua a rellenar o prefiere el servicio en casa? _____

6. Cuanto paga por un garrafón de agua? Q. _____

7. Con que frecuencia consume un garrafón

8.Cuál es la marca de agua preferida por su persona?
-Salvavidas -Scandia -Aqua -Tatos -otras: _____

9. Cuanto le gustaría o está dispuesto a pagar por un garrafón de agua de buena calidad? _____

10. Qué tipo de agua le parece más confiable?
-Embotellada (garrafón) -Filtrada por goteo (ecofiltro y similares)
-Filtrada y Ozonada -Filtrada UV
-Clorada -Hervida
-del grifo -otros: _____

11. Que presentación de agua prefiere adquirir?
-Garrafón -Litro -Vaso -Doble litro -Galón -Otro

Fuente: elaboración propia

3. Fotografías del equipo construido



Primera prueba del equipo




Dispositivo Venturi


Pruebas finales en el CII

ANEXOS

1. Examen bacteriológico previo al proceso



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 31019		INF. No. A - 314852	
INTERESADO: <u>LUIS PABLO SAMAYOA GALLARDO</u> (CARNÉ No. 2008-30302)	PROYECTO: <u>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO</u>		
MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>		
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Centro de Investigaciones de Ingeniería</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2013-02-11; 12 h 23 min.</u>		
FUENTE: <u>Balde previo al filtrado</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2013-02-11; 13 h 30 min.</u>		
MUNICIPIO: <u>Guatemala</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>En refrigeración</u>		
DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u>			
SABOR: <u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>Lig. cantidad</u>		
ASPECTO: <u>Clara</u>	CLORO RESIDUAL: <u>-----</u>		
OLOR: <u>Inodora</u>			



INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	-----	-----
01,00 cm ³	++---	--	--
0,10 cm ³	++---	--	--
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm ³		<2	<2

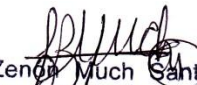
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21ST NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua ES POTABLE, según norma COGUANOR NGO 29 001.


Guatemala, 2013-02-19


Vo.Bo.
Ing. Telma Maricela Cano
DIRECTORA CII/USAC




Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 4203
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Laboratorio de Ingeniería Sanitaria



2. Examen bacteriológico posterior al proceso



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 31019 **INF. No. A - 314853**

<p>INTERESADO: <u>LUIS PABLO SAMAYOA GALLARDO</u> (CARNÉ No. 2008-30302)</p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Centro de Investigaciones de Ingeniería</u></p> <p>FUENTE: <u>Boquilla purificador después del proceso</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>Guatemala</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u></p>	<p>PROYECTO: <u>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO</u></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2013-02-11; 13 h 15 min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2013-02-11; 13 h 30 min.</u></p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>En refrigeración</u></p>
<p>SABOR: <u>-----</u></p> <p>ASPECTO: <u>Clara</u></p> <p>OLOR: <u>Inodora</u></p>	<p>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u></p> <p>CLORO RESIDUAL: <u>-----</u></p>



INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
0,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm ³		<2	<2

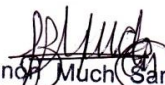
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21ST NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.


OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua ES POTABLE, según norma COGUANOR NGO 29 001.

Guatemala, 2013-02-19

Vo.Bo.  

Ing. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC


Zenon Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



3. Examen físico químico sanitario previo al proceso



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO

O.T. No. 31 019

INF. No. 25113

INTERESADO: LUIS PABLO SAMAYOA GALLARDO (CARNÉ No. 2008 30302)	PROYECTO: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO"
RECOLECTADA POR: <u>interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Centro de Investigaciones USAC</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2013-02-11; 12 h 23 min.</u>
FUENTE: <u>Balde previo al filtrado</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2013-02-11; 13 h 30 min.</u>
MUNICIPIO: <u>Guatemala</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Sin refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u>	

RESULTADOS

1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>20,10° C</u>			
2. COLOR: <u>02,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>360,00 µmhos/cm</u>			
3. TURBIEDAD: <u>02,96 UNT</u>	6.potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,93 unidades</u>				
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,20	6. CLORUROS (Cl)	25,00	11. SOLIDOS TOTALES	222,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,00	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,06	12. SOLIDOS VOLÁTILES	22,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	--	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	11,00	13. SOLIDOS FIJOS	200,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,10	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	04,00
5. MANGANESO (Mn)	00,011	10. DUREZA TOTAL	144,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	191,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	142,00	142,00		

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de la vista físico químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según NORMA COGUANOR NGO 29 001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21st EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2013-02-19

Vo.Bo.

Inga. Teima Maricela Coto
DIRECTORA CITEC



Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

4. Análisis físico químico sanitario posterior al proceso



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 31.019		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 25114	
INTERESADO: <u>LUIS PABLO SAMAYOA GALLARDO</u> (CARNÉ No. 2008 30302)		PROYECTO: <u>"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO DE PURIFICACIÓN DE AGUA A BAJO COSTO"</u>			
RECOLECTADA POR: <u>interesado</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>			
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Centro de Investigaciones USAC</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2013-02-11; 13 h 15 min.</u>			
FUENTE: <u>Boquilla purificador después del proceso</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2013-02-11; 13 h 30 min.</u>			
MUNICIPIO: <u>Guatemala</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Sin refrigeración</u>			
DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u>					
RESULTADOS					
1. ASPECTO:	<u>Clara</u>	4. OLOR:	<u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección)	<u>19,60° C</u>
2. COLOR:	<u>01,00 Unidades</u>	5. SABOR:	<u>-----</u>	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	<u>354,00 µmhos/cm</u>
3. TURBIEDAD:	<u>00,96 UNT</u>	6.potencial de Hidrógeno (pH):	<u>06,44 unidades</u>		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,05	6. CLORUROS (Cl)	25,00	11. SOLIDOS TOTALES	213,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,00	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,02	12. SOLIDOS VOLÁTILES	14,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	31,90	8. SULFATOS (SO ₄ ⁻²)	09,00	13. SOLIDOS FIJOS	199,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,03	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	01,00
5. MANGANESO (Mn)	00,004	10. DUREZA TOTAL	128,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	188,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	136,00	136,00		

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de la vista fisico químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. POTENCIL DE HIDRÓGENO (pH) ácido. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según NORMA COGUANOR NGO 29 001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2013-02-19

Vo.Bo.
Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Zenón Much Santos
Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA—USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115. Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>