

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PROCESO DE ENVASADO DE AGUA POTABLE PROVENIENTE DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "LO DE COY" DE LA EMPRESA
MUNICIPAL DE AGUA (EMPAGUA)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DARWIN ESTUARDO JOCHOLÁ MAGZUL

ASESORADO POR EL ING. QCO. M.SC. EN INGENIERÍA SANITARIA ZENON
MUCH SANTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, MARZO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Estuardo Edmundo Monroy Benítez
EXAMINADOR	Ing. Orlando Posadas Valdez
EXAMINADOR	Inga. Dinna Lissette Estrada Moreira
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 DEL PROCESO DE ENVASADO DE AGUA POTABLE PROVENIENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE “LO DE COY” DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA (EMPAGUA)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha octubre de 2009.

Darwin Estuardo Jocholá Magzul



Guatemala, octubre 13 de 2,010

FACULTAD DE INGENIERIA

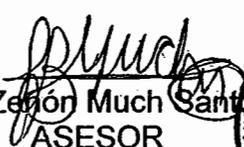
Ingeniero
Williams Álvarez
Director
Escuela de Ingeniería Química
Presente

Ingeniero Álvarez:

Por medio de la presente hago constar que he revisado y aprobado el Informe Final de Trabajo de Graduación, del estudiante Darwin Estuardo Jocholá Magzul con carné No. 2004-13209 titulado: **"Diseño del proceso de envasado de agua potable proveniente de la Planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" de la Empresa Municipal de Agua" (EMPAGUA).**

En base a lo anterior, lo someto a su consideración a efecto de continuar con el trámite respectivo para su aprobación ya que cumple con los requisitos exigidos tanto por la Escuela de Ingeniería Química como por los preceptos que dicta la Universidad de San Carlos.

Agradeciendo su atención se suscribe de usted, atentamente,


Ing. Zenón Much Santas
ASESOR
Jefe del Laboratorio Unificado de
Química y Microbiología Sanitaria





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 02 de febrero de 2011
Ref.EIQ.TG.033.2011

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-1222010-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario, Darwin Estuardo Jocholá Magzul identificado con carné No. 2004-13209, titulado: DISEÑO DEL PROCESO DE ENVASADO DE AGUA POTABLE PROVENIENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "LO DE COY" DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA (EMPAGUA)", el cual ha sido asesorado por el Ingeniero Químico Zenón Much Santos.

Habiendo encontrado el referido informe final satisfactorio, se procede a recomendarle autorice al estudiante **Jocholá Magzul**, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.
COORDINADORA

Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA

C.c.: archivo



El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **DARWIN ESTUARDO JOCHOLÁ MAGZUL** titulado: "**DISEÑO DEL PROCESO DE ENVASADO DE AGUA POTABLE PROVENIENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "LO DE COY" DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA (EMPAGUA)**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.


Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía; C.Dr.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, marzo de 2011

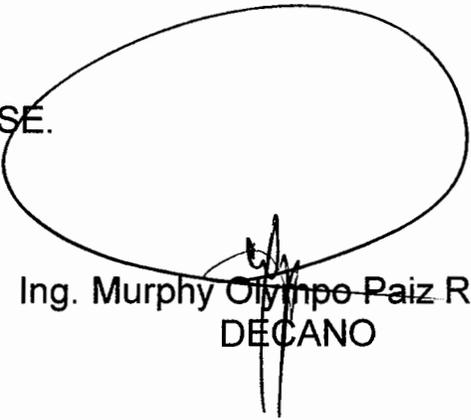
Cc: Archivo
WGAM/ale





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL PROCESO DE ENVASADO DE AGUA POTABLE PROVENIENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "LO DE COY" DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA (EMPAGUA)**, presentado por el estudiante universitario **Darwin Estuardo Jocholá Magzul**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, marzo de 2011

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- A Dios y a la Virgen** Por estar conmigo en cada paso de mi vida haberme iluminado y darme la paciencia, el coraje en el transcurso de este largo camino, por bendecirme con una familia y amigos que siempre me han apoyado.
- A mis padres** José Angel Jocholá Canú y Josefa Magzul Coyote por su apoyo incondicional, por darme las enseñanzas por haberme dado las herramientas necesarias para alcanzar cada una de mis metas, por sus esfuerzos, por su cariño y consejos que me han permitido ser la persona soy ahora.
- A mis abuelos** Gilberto Magzul, Juana Coyote, Nicolas Jocholá (Q.E.P.D) y Laura Canú por ser una parte muy importante de mi vida en mi formación como persona.
- A mi hermano** Kevin Alexander por el cariño y apoyo.
- A mis tíos** Por sus consejos, apoyo moral Justo, Crisitina, Elena, Ernesto, Lorenzo, Mave, Julio, Adela, Filiberto, Juana, Blanca. En especial a Carlos y Odilia que los considero como hermanos, gracias por su compañía, amor, consejo y comprensión.
- A mis primos** Por su cariño, apoyo moral y solidario.

AGRADECIMIENTOS A:

A mis amigos

Sofia, Cindy, Gilda, Shilonen, Julia, Daniel, Jorge, Manuel, Nelson, Jhonatan, Elias, Roberto, Marco, Jorge, Guillermo, Oscar, Hugo y Luis por haber estado presentes en todos los momentos importantes a lo largo de mi carrera, por haber compartido tantos momentos agradables y porque sé que ahí estarán cuando los necesite. A Claudia, Cesar, Gabriela, Luis Fernando, Yessenia, Marcela, Marleny, Maricely, Wendy y Lizbeth por haber vencido juntos tantos retos, proyectos y dificultades. A todos los compañeros con los que compartimos un aula de clase y de una u otra forma me ayudaron en mi formación académica.

A catedráticos

Por haber brindado sus conocimientos desinteresadamente, especialmente a mi tema evaluadora de privado Ing. Estuardo Edmundo Monroy Benítez, Ing. Orlando Posadas y Inga. Dinna Lissette Estrada por haber sido justos, imparciales y darme serenidad en un momento tan difícil.

A la Empresa Municipal de Agua de Guatemala (EMPAGUA)

En especial a la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Lo de Coy" por abrirme las puertas de su empresa y permitirme llevar a cabo mi trabajo de graduación, brindándome los recursos necesarios y el soporte técnico indispensable, en especial al personal por su apoyo, conocimiento y amistad.

- A mis revisores** Por haberme apoyado durante el desarrollo del presente trabajo de graduación, por su consejo y brindarme el deseo de finalizar mi trabajo de graduación.
- A mi asesor** Ing. Qco.M.Sc. En Ingeniería Sanitaria Zenon Much Santos por brindarme su apoyo, consejos y tiempo desinteresadamente.
- A mi casa de estudios** Universidad de San Carlos de Guatemala, Alma Mater que me honro con forjar mis conocimientos superiores.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Generalidades, planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy” 1	
1.1.1. Proceso de tratamiento de agua potable.....	4
1.1.1.1. Pre cloración.....	4
1.1.1.2. Coagulación-floculación.....	4
1.1.1.3. Sedimentación.....	5
1.1.1.4. Filtración.....	5
1.1.2. Químicos utilizados en el proceso de tratamiento de agua potable.....	6
1.2. Determinación del problema.....	7
1.2.1. Definición.....	7
1.2.2. Delimitación	8

2.	MARCO TEORICO	9
2.1.	Agua: líquido elemental	9
2.2.	La cultura del agua	10
2.3.	Tipos de aguas envasadas	11
2.3.1.	Aguas minerales naturales.....	11
2.3.2.	Aguas de manantial.....	11
2.3.3.	Aguas preparadas.....	12
2.4.	Proceso general para envasado.....	12
2.5.	Etapas generales en el envasado del recipiente.....	17
2.6.	Manipulación, almacenamiento y transporte del agua destinada al embotellado	20
2.7.	Balances de materia	21
2.7.1.	Tipos	22
2.8.	Diagramas de Procesos.....	23
2.8.1.	Identificación	24
2.8.2.	Cuerpo	24
2.8.3.	Tabla de resumen	25
2.8.4.	Principales operaciones y sus símbolos.....	25
2.8.5.	Diagrama de operaciones del proceso (DOP).....	27
2.8.6.	Diagrama de flujo del proceso (DFP)	29
2.8.7.	Diagrama de recorrido del proceso (DRP)	30
2.8.8.	Diagrama <i>PERT</i>	31

3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
3.1.	3 fases generales.....	36
3.1.1.	Fase 1: evaluación de la calidad.....	37
3.1.2.	Fase 2: seleccionar un tipo de envase que se adecue al proceso de envasado.....	37
3.1.3.	Fase 3: diseño del proceso de envasado	38
3.2.	Variables	38
3.3.	Delimitación de campo de estudio.....	39
3.3.1.	Tipo de estudio y diseño general.....	39
3.4.	Recursos humanos disponibles.....	40
3.5.	Recursos materiales disponibles.....	40
3.5.1.	Cristalería y equipo.....	40
3.6.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	41
3.7.	Recolección y ordenamiento de la información.....	42
3.7.1.	Punto de muestreo	42
3.7.2.	Procedimientos para la recolección de información, instrumentos a utilizar y métodos para el control de calidad de los datos.....	42
3.7.3.	Análisis de los datos.....	43
3.7.4.	Procedimientos para garantizar aspectos éticos en las investigaciones con sujetos humanos	43
3.7.4.1.	Para la fase de la investigación de la encuesta.....	44
3.8.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	44
3.9.	Análisis estadístico.....	44

3.10.	Plan de análisis de los resultados.....	45
3.10.1.	Métodos y modelos de los datos según tipo de variables .	45
3.10.2.	Programas a utilizar para análisis de datos.....	46
4.	RESULTADOS	47
4.1.	Resultados a partir de los datos que se obtuvieron en la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”	47
4.2.	Proceso de envasado de agua	48
4.3.	Resultados obtenidos por medio de la encuesta	64
4.4.	Producto, envase a presentar.....	84
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	87
5.1.	Discusión de los análisis de agua, de los datos que se obtuvieron en la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”	87
5.2.	Diagramas del proceso de purificación y envasado.....	89
5.4.	Otro punto de abastecimiento al propuesto	94
5.5.	Resultados a partir de las encuestas.....	94
5.5.1.	Resultados de las preguntas de la encuesta.....	94
5.5.2.	Envase a utilizar.....	97
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA	103
	APÉNDICE	107

ANEXOS	113
1. Tabla de requisitos académicos	113
2. Diagrama de Ishikawa.....	114
3. Vista de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”, en la ciudad de Guatemala.....	115
4. Vista de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”	116
5. Vista de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”	117
6. Plano general de la planta “Lo de Coy”	118
7. Plano de la toma de muestra en la planta “Lo de Coy”	119
8. Plano isométrico del tanque de aguas claras de la planta “Lo de Coy”	120
9. Plano de la otra toma de muestra en la planta “Lo de Coy”	121
10. Toma del agua en la salida de filtros.....	122
11. Tomas de la planta.....	122
14. Equipo utilizado en el laboratorio	123
15. Modelo de encuesta	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de flujo del diseño metodológico	33
2.	Fases utilizadas en la investigación	36
3.	Diagrama de flujo propuesto para el proceso de purificación y envasado de agua	49
4.	Diagrama de red <i>PERT</i>	52
5.	Diagrama propuesto del proceso para purificación y envasado	53
6.	Balance de masa general para el proceso propuesto del envasado	55
7.	Balance de masa para filtro con carbón activado	57
8.	Balance de masa para la filtración de pulido	58
9.	Balance de masa para la desinfección con luz ultravioleta	60
10.	Balance de energía para la desinfección con luz ultravioleta	61
11.	Diagrama de distribución de la planta para el proceso propuesto de purificación y envasado de agua	62
12.	Pregunta No.1, ¿consume agua envasada actualmente?	64
13.	Pregunta No.1, ¿consume agua envasada actualmente? (por género)	65

14.	Pregunta No.2, en su familia ¿consumen agua envasada?	66
15.	Pregunta No.3, en caso de emergencia, ¿usted confía en beber agua envasada?	67
16.	Pregunta No.3, en caso de emergencia, ¿usted confía en beber agua envasada? (por género)	68
17.	Pregunta No.4, ¿confía en cualquier tipo de envase?	69
18.	Pregunta No.4, ¿confía en cualquier tipo de envase? (por género)	70
19.	Pregunta No.5, ¿qué tipo de envase es la más adecuada para agua envasada?	71
20.	Pregunta No.5, ¿qué tipo de envase es la más adecuada para agua envasada? (por género)	72
21.	Pregunta No.6, ¿qué tipo de tapadera consideraría la más adecuada?	73
22.	Pregunta No.6, ¿qué tipo de tapadera consideraría la más adecuada? (por género)	74
23.	Pregunta No.7, ¿qué medida de agua pura envasada considera la más adecuada?	75
24.	Pregunta No.7, ¿qué medida de agua pura envasada considera la más adecuada? (por género)	76
25.	Pregunta No.8, ¿influye el color del envase del agua embotellada?	77
26.	Pregunta No.8, ¿influye el color del envase del agua embotellada? (por género)	78
27.	Pregunta No.9, ¿qué color de envase le gusta o prefiere	79
28.	Pregunta No.9, ¿qué color de envase le gusta o prefiere? (por género)	80

29.	Pregunta No.10, ¿prefiere envase reciclable o no reciclable?	81
30.	Pregunta No.10, ¿prefiere envase reciclable o no reciclable? (por género)	82
31.	Pregunta No.11, ¿qué hacer con el envase al terminar de usarlo?	83
32.	Pregunta No.11, ¿qué hacer con el envase al terminar de usarlo? (por género)	84
33.	Producto propuesto a presentar	84
34.	Etiqueta propuesto a utilizar parte de adelante y atrás	85

TABLAS

I.	Variables a tomar en cuenta para el proceso de envasado	39
II.	Resultados a partir de los datos que se obtuvieron de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy"	47
III.	Resumen de actividades del proceso propuesto	50
IV.	Eventos y descripciones del diagrama de red <i>PERT</i>	51
V.	Descripción del diagrama del proceso propuesto	54
VI.	Resultados para el flujo de residuos en el balance de masa	56
VII.	Resultados para el flujo de residuos en el balance de masa para el filtro de carbón activado	58
VIII.	Resultados para el flujo de residuos en el balance de masa para el filtro de pulido	59
IX.	Resultados para el flujo de residuos en el balance de masa para la desinfección con luz ultravioleta	61
X.	Descripción del diagrama de distribución de la planta propuesta	63
XI.	Pregunta No.1, ¿consume agua envasada actualmente?	64
XII.	Pregunta No.2, en su familia ¿consumen agua envasada?	65
XIII.	Pregunta No.3, en caso de emergencia, ¿usted confía en beber agua envasada?	66
XIV.	Pregunta No.4, ¿confía en cualquier tipo de envase?	68
XV.	Pregunta No.5, ¿qué tipo de envase es la más adecuada para agua envasada?	70

XXVI.	Pregunta No.6, ¿qué tipo de tapadera consideraría la más adecuada?	72
XXVII.	Pregunta No.7, ¿qué medida de agua pura envasada considera la más adecuada?	74
XXVIII.	Pregunta No.8, ¿influye el color del envase del agua embotellada?	76
XIX.	Pregunta No.9, ¿qué color de envase le gusta o prefiere?	78
XX.	Pregunta No.10, ¿prefiere envase reciclable o no reciclable?	80
XXI.	Pregunta No.11, ¿qué hacer con el envase al terminar de usarlo?	82
XXII.	Flujos promedio a utilizar en el proceso de envasado	91
XXIII.	Características del filtro de carbón activado propuesto para el proceso	92
XXIV.	Especificaciones del envase propuesto	98
XXV.	Datos de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" época seca	107
XXVI.	Datos de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" época húmeda	108
XXVII.	Datos de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" análisis fisicoquímicos	109
XXVIII.	Datos de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" análisis fisicoquímicos	110
XXIX.	Datos de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" análisis microbiológicos	111
XXX.	Datos de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" análisis fisicoquímicos	112

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
X	Datos de la muestra
N	Número de datos en la muestra
\bar{X}	Valor de la media de los datos

GLOSARIO

Agua envasada	Agua purificada y envasada para consumo humano. Este producto es considerado como alimento de alto riesgo epidemiológico.
Agua envasada para consumo humano	Agua envasada que por sus características de origen o por el tratamiento a que ha sido sometida, cumple con los requisitos de la Norma COGUANOR NGO 29 005:99.
Agua potable	Agua que por sus características de calidad especificadas en la Norma COGUANOR NGO 29 001:99, es adecuada para el consumo humano.
Bacteria	Son microorganismos unicelulares. Tienen típicamente algunos micras de largo (entre 0,5 y 5 μm) y se presentan en diversas formas incluyendo esferas, barras, y espirales. Generalmente poseen una pared celular similar a la de plantas u hongos.
Biodegradable	Sustancia que se descompone por la acción de bacterias, hongos y protozoarios, perdiendo su actividad al aire libre. Un material es biodegradable cuando el tiempo necesario para que los organismos lo descompongan es relativamente corto.

Carbón activado	Producto derivado de materiales carbonosos. Es un material que tiene un área superficial excepcionalmente alta y se caracteriza por una cantidad grande de micro poros. El carbón activado se utiliza en la purificación del agua.
Cloro	Elemento número 17 de la tabla periódica de los elementos. En condiciones normales de temperatura y presión es un gas verde, poderoso oxidante, dos y media veces más pesado que el aire.
Coliformes	La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.
Desinfectar	Es quitar algo sucio o nocivo para la salud.
Envase primario	Todo recipiente que tiene contacto directo con el producto, con la misión específica de protegerlo de su deterioro, contaminación o adulteración y de facilitar su manipuleo.
Envase secundario	Todo recipiente que tiene contacto con uno o más envases primarios, con el objetivo de protegerlos y facilitar su comercialización hasta llegar al consumidor final. El envase secundario usualmente es usado para agrupar en una sola unidad de expendio, varios envases primarios.

Escherichia coli	Bacteria coliforme fecal que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados. La escherichia coli es el indicador más preciso de contaminación fecal.
Establecimiento	Todo edificio o edificios, zona o zonas o sus inmediaciones, en los que se capta, elabora y embotella agua destinada a ser embotellada.
Filtración	Técnica, proceso tecnológico u operación unitaria de separación, por la cual se hace pasar un líquido a través de un medio poroso o medio filtrante que puede formar parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene la mayor parte de los sólidos de la mezcla.
Impacto ambiental	Efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos.
Inocuo	Que no causa ningún daño evidente.
Luz ultravioleta	Parte del espectro electromagnético de radiación la cual también es emitida por el sol. Está situada entre las bandas de rayos X y la luz visible, con longitudes de onda que van desde 180 hasta 400 nanómetros (nm). Luz ultravioleta se utiliza como método de desinfección del agua.
Micra	Unidad de longitud utilizada para medir cuerpos muy pequeños. Una micra es igual a 0.0001 cm o, lo que es lo mismo, una millonésima de metro.

Microorganismo	Microorganismos o microbios son células vivas demasiado pequeñas para ser perceptibles al ojo humano.
Ozono	Molécula compuesta por tres átomos de oxígeno (O ₃). El ozono tiene un interesante uso industrial como desinfectante.
Potencial de hidrógeno pH	Se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno. El pH típicamente va de 0 a 14, siendo ácidos las disoluciones con pH menor a 7 y básicas las que tienen pH mayor a 7. El pH del agua es 7.0.
Policarbonato	Grupo de termoplásticos fácil de trabajar, moldear y termo formar. El nombre policarbonato se basa en que se trata de polímeros que presentan grupos funcionales unidos por grupos carbonato en una larga cadena molecular. Una de las cualidades del policarbonato es la gran resistencia a los impactos y a la temperatura.
Sólidos en el agua	Materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. Es el total de residuos sólidos filtrables a través de membrana con poros de 2 micras o más pequeños. Agua para el consumo humano con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor.

RESUMEN

Se presenta este estudio a nivel de diseño, con el cual se estableció el esquema de un proceso de envasado de agua pura, para consumo de los habitantes de la ciudad de Guatemala.

El agua para su envasado se abastece del Agua potable que proviene de la planta de tratamiento de agua “Lo de Coy” de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), ubicada en la aldea “Lo de Coy”, del municipio de Mixco exactamente en el kilómetro 17.5 de la carretera Interamericana. [Ver Anexo No.3 al 5, Página 115 a 117].

Para establecer los valores de las características que definen la calidad del agua envasada para consumo humano, se hizo una comparación de la Norma COGUANOR NGO 29005, con los resultados que se obtuvieron de la planta para el año correspondiente al 2009, el cual se dividió para época seca y época de invierno, las cuales registraron comportamientos diferentes en el agua que entró a la planta, las fases del diseño de proceso propuesto incluyen la decoloración por medio de un lecho de carbón activado, el cual podrá remover tanto el cloro residual como el olor y color si fuera necesario, también se utilizará un filtro de pulido de 1 y 5 micras con el fin de retener sólidos disueltos que pueda llevar el agua, como fase final se utilizará la desinfección por medio de luz ultravioleta para mantener la calidad del agua a envasar, por último se utilizará un equipo para el envasado, enroscado y etiquetado.

El diseño del envase, que corresponde al tamaño, material y etiquetado, se obtuvo por medio de un análisis cualitativo, a partir de un estudio de panel

sensorial a través de encuestas realizadas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se obtuvo como resultado general el uso de una botella plástica con capacidad de 1 litro con tapadera de rosca.

OBJETIVOS

General

Diseñar un proceso de envasado del agua de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy".

Específicos

1. Captar muestras de agua en el punto de control No.4 en la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" tanto de las muestras para la época seca como para la época de invierno.
2. Determinar mediante análisis fisicoquímico y bacteriológico, si las muestras provenientes de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29005.
3. Realizar un análisis estadístico del comportamiento de los datos obtenidos en la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" para decidir los pasos necesarios para el proceso de envasado.
4. Proponer alternativas para el proceso de envasado en la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy".
5. Determinar el tipo de envase más apropiado para el proceso específico del presente estudio.
6. Diseñar el proceso de envasado conforme a las alternativas seleccionadas.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país expuesto a cualquier tipo de desastre natural, demostrado por los casos vistos en años anteriores que han afectado en diferentes partes del país y la capital tales como: inundaciones, deslaves, terremotos y la variación de la época de invierno y la época seca.

Este estudio surge como una necesidad de prevención de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), en el caso de suministrar agua potable a la población de la ciudad de Guatemala, que consiste en el desarrollo de diseño de un proceso de envasado de agua potable para consumo en la ciudad de Guatemala, el cual está basado en el diseño de equipo y análisis de un proceso químico industrial, con el fin de llevar a cabo el envasado.

El agua que será envasada y apropiada para consumo humano se encuentra ubicada en la aldea “Lo de Coy”, del municipio de Mixco de la ciudad de Guatemala, específicamente en la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy” de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA).

La investigación tiene relevancia para la sociedad, tomando en cuenta el efecto de dos factores si el proyecto se implementa:

- 1) La población tendrá mayor acceso a agua pura para su consumo;
- 2) Se generarían fuentes de empleo para los habitantes de la ciudad de Guatemala.

El estudio consiste en estas fases:

1. Se evaluó la calidad del agua proveniente de la Planta de Tratamiento antes mencionada con la Norma COGUANOR NGO 29005, que rige lo concerniente al envasado del agua, a partir de estos resultados se realiza una propuesta de diseño para el proceso de purificación y envasado del agua, entre los cuales se puede mencionar el uso de unidades filtrantes para remoción de algún residuo de color, olor y el cloro proveniente de la planta antes mencionada, luego la aplicación de una unidad para eliminación de virus, bacterias y algún microorganismo que pueda llevar el agua y la utilización de una unidad para el llenado y enroscado del envase a utilizar, esto se logra demostrar por medio de diagramas de proceso y de flujo para observar los pasos que debe seguir el agua para ser purificada y finalmente poder ser envasada, estos diagramas se muestran en la sección de resultados de este informe.
2. El estudio cualitativo se llevó a cabo por medio de un cuestionario, con los estudiantes de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la Facultad de Ingeniería, con el fin de determinar su aceptación, de acuerdo al tipo, forma, tamaño y color del envase para el consumo humano del agua. Presentando estos resultados por medio de tablas y gráficas en la sección de resultados y con sus respectivos análisis en la sección respectiva, se toma la decisión de la selección del modelo del envase a utilizar, donde el que tuvo mayor aceptación es el de una botella plástica con tapadera de rosca con capacidad de 1 litro, el cual es el utilizado para determinar la unidad de llenado y envasado.

1. ANTECEDENTES

1.1. Generalidades, planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

La planta “Lo de Coy” es utilizada para purificación del agua captada de los ríos Pixcayá y Xayá, conducida por el acueducto hasta ella. Es la obra más grande en materia de abastecimiento de agua en Guatemala, la planta forma parte del sistema del acueducto y alimenta a la red de distribución de la ciudad de Guatemala, conjuntamente con otras fuentes que tiene EMPAGUA, a su vez produce el 45% del agua potable que se distribuye a la Ciudad de Guatemala. [Ver Anexo No.3 al 9, Pagina 115 a 121].

La planta está situada en la aldea “Lo de Coy”, del municipio de Mixco. Su altura a la entrada es de 1679.00 metros sobre el nivel del mar y su salida está a 1669.00 metros sobre el nivel del mar.

La planta tiene un terreno de 10 manzanas, la planta de tratamiento “Lo de Coy” consta de 1 caja de entrada, 3 floculadores, 4 sedimentadores y 6 filtros. La planta de tratamiento tiene una infraestructura que permite realizar el proceso de producción sin utilizar prácticamente energía eléctrica, ya que solamente se usa ésta para dosificar los químicos.

La planta está diseñada y construida para un tratamiento convencional de sedimentación con floculantes y filtración rápida. En su estado actual es la primera etapa, con una capacidad media de 960 L/s y máxima de 1,248 L/s teniéndose en el diseño provisiones para su ampliación futura.

La planta en si está constituida por los elementos que muestra la figura [Anexo 6 al 8, página 116 a 118] que básicamente son:

- a) Garita de entrada
- b) Caja de entrada
- c) Canal de entrada
- d) Floculadores
- e) Sedimentadores
- f) Filtros
- g) Tanque de aguas claras
- h) Estación de bombeo
- i) Edificio de operaciones
- j) Edificio de administración
- k) Edificio de servicios
- l) Sistema de recuperación
- m) Casa de superintendente

- Caja de entrada: las líneas de conducción se inician en el altiplano e ingresan a la planta por medio del acueducto Xayá y Pixcayá por la caja de entrada, en la cual se puede regular el caudal de agua cruda que se desea tratar y atrapar los desechos sólidos grandes y el exceso se hace rebalsar hacia el desfogue de agua cruda, por medio de un canal de demasías.
- Canal entrada: el canal de entrada está provisto de un canal tipo parshall el cual tiene la función de medir el caudal de agua que ingresa a la planta para su tratamiento, los caudales que ingresan fluctúan entre 800 a 1,640 litros por segundo y turbiedades de 15 a 5,000 unidades, en

promedio. La pre-cloración se efectúa antes de cualquier tratamiento previo.

- Canal de parshall (mezcla rápida): lugar donde se aplican los químicos provenientes del cuarto de máquinas, en el cual puede hacer tres tipos de dosificaciones de sulfato de aluminio, cal hidratada y sulfato de cobre.
- Floculadores (mezcla lenta): lugar donde se efectúa la floculación a través del canal formando por pantallas que desvía el agua en forma serpenteada, con el fin de reducir la velocidad del caudal. En este canal por la acción del sulfato de aluminio se van uniendo partículas pequeñas de lodo, formando otras de mayor tamaño, para que en el siguiente proceso por su propio peso se depositen en el fondo de los tanques sedimentadores.
- Sedimentadores: a continuación de los floculadores, existe un canal que distribuye el agua hacia cuatro tanques sedimentadores de tipo convencional y que se alimentan por medio de paredes con perforaciones (pantallas difusoras) con el fin de reducir velocidad y que ingrese el agua en forma compensada al tanque. En la salida de cada uno de los sedimentadores, existen canales en la superficie que recolecta el flujo ascendente de agua ya sedimentada a través de los orificios que tiene cada una. Existe una tubería que interconecta los tanques sedimentadores y los filtros.
- Filtros: los filtros que operan en la planta tienen la función principal de remover toda aquella materia en su suspensión que no fue sedimentada en el proceso anterior. Los filtros actuales son denominados filtros

rápidos a presión, de lecho mixto compuesto de antracita, arena silica y grava. En este punto se aplica la post-cloración.

- Tanque de almacenamiento: El agua filtrada es conducida por un caudal totalmente cerrado al tanque de almacenamiento, la que posteriormente es conducida a otros tanques de distribución, ubicadas en los diferentes puntos de la ciudad. Este tiene una capacidad de 25,000 m³; la turbiedad del agua aquí fluctúa 1.0 a 2.5 de turbiedad como máxima.

1.1.1. Proceso de tratamiento de agua potable

1.1.1.1. Precloración

La precloración es un proceso que consiste en la aplicación de cloro al agua antes de cualquier otro tratamiento. Los beneficios que se obtienen por este procedimiento son los siguientes:

- Mejoría en el proceso de la coagulación
- Reducción de materia en suspensión causante de sabor y olor por oxidación, retardando su descomposición en los sedimentadores.

1.1.1.2. Coagulación-floculación

La coagulación significa unir, es el resultado de la desestabilización de cargas eléctricas de los coloides por la adición de los productos químicos. Los coloides poseen cargas eléctricas que mantienen las mismas en repulsión, reduciendo o neutralizando estas cargas eléctricas que pueden unir y entrar en contacto.

Después de ese fenómeno ocurre la floculación, en la cual se forman partículas sedimentables a partir de la unión de partículas sedimentadas.

Las partículas coloidales, después de ser desestabilizadas permiten ser reunidas para formar partículas más densas y mayores. La agitación en esta fase, debe ser controlada de tal forma que permita un contacto físico entre las partículas, para provocar un agrupamiento y también para no romper o disgregar aquellos flóculos ya formados en una agitación muy lenta con poca energía, los flóculos formados tenderán a sedimentar en las cámaras de floculación y no en el tanque sedimentador.

1.1.1.3. Sedimentación

El agua después de la etapa de floculación entra a los sedimentadores, las cuales tienen la función de sedimentar las partículas en suspensión en el agua que fueron aglomeradas en la fase anterior.

1.1.1.4. Filtración

La filtración es una de las etapas más importantes en el tratamiento del agua, porque en esta etapa es retenido el material en suspensión que no fue removido en la etapa de sedimentación. Si el agua que llega al filtro posee mucha turbidez, la superficie de la capa filtrante se tapa rápidamente y la producción de agua filtrada se reduce, por lo mismo es esencial un buen pretratamiento para que el filtro alcance un buen funcionamiento y que al agua se de mejor calidad para que los lavados sean más espaciados.

El lavado de los filtros es una de las operaciones de mayor importancia dentro de una planta de tratamiento. La realización de lavados mal efectuados, puede ocasionar la pérdida del lecho filtrante en un tiempo muy corto o bien el deterioro del material filtrante.

1.1.2. Químicos utilizados en el proceso de tratamiento de agua potable

En el proceso de tratamiento se utilizan diversos tipos de materiales químicos para la purificación de agua; a continuación se explica detalladamente la composición de los mismos, así como su función en el proceso, los materiales químicos son los siguientes.

- Sulfato de aluminio: es el coagulante primario utilizado;
- Sulfato de cobre: es el material químico que permite eliminar las algas;
- Cal hidratada: es aplicada para obtener un PH óptimo de coagulación y floculación, corregir la acidez del agua para que pueda utilizarse en el consumo humano;
- Cloro gaseoso: es el elemento que elimina la contaminación bacteriológica;
- Hipoclorito: es un derivado de cloro en presentación granular, por consiguiente, tiene la misma función del cloro.

Estos químicos utilizados deben ser a los que corresponde mantener control para poder utilizar el agua de salida para el proceso de envasado.

1.2. Determinación del problema

1.2.1. Definición

Macro análisis: este problema surge como una necesidad y prevención de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), en el caso de suministrar agua potable a la población de la ciudad de Guatemala, dado que Guatemala es un país propenso a cualquier tipo de desastre natural demostrado por los casos vistos en años anteriores que han afectado a la ciudad. La Empresa Municipal de Agua es la encargada de suministrar agua potable a las personas de la ciudad de Guatemala, por lo cual en dado caso que ocurra algún problema generado por un desastre natural que no permita el suministrar el agua potable por tubería, EMPAGUA podría suministrarla de alguna manera a la población afectada y la solución sería envasarla, por lo cual EMPAGUA necesita de la propuesta de un diseño de proceso de envasado que se adecue al proceso ya utilizado en la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy".

Micro análisis: dado que se llevará a cabo un diseño para proceso de envasado, se debe tomar en cuenta que entre las restricciones que se tendrán esta Norma COGUANOR 29005, además de la norma COGUANOR 29001 que es la utilizada en el proceso de tratamiento de agua potable en la planta "Lo de Coy".

1.2.2. Delimitación

El análisis y la propuesta de este trabajo de graduación solo será de forma experimental, dado que la planta no pretende implementar este proceso por el momento por falta de recursos económicos, pero puede llegar a implementarse en su infraestructura, limitándose a realizar el análisis y buscar una alternativa para el proceso de envasado a pequeña escala, limitándome al uso de planos y maquetas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Agua: líquido elemental

Toda la vida de la Tierra depende del agua. De hecho, los seres vivos son básicamente agua. Aproximadamente en un 70% los humanos y animales y en un 90% las plantas. Y es precisamente la capacidad del agua para disolver sustancias y hacerlas asimilables lo que permite mantener las constantes vitales, el pulso de los seres vivos.

A lo largo de la vida de la Tierra y como consecuencia de su misma existencia, el agua ha disuelto ingentes cantidades de minerales, cuyos elementos han ido a parar al mar. Hoy el mar tiene tanta sal como para cubrir la Tierra con una capa de 150 metros de espesor.

Se calcula que hay en el planeta un total de 1.400 millones de kilómetros cúbicos de agua. Una enorme hidrosfera que ocupa aproximadamente un 70% de la superficie mundial. La cifra conduce, en principio al optimismo.

Lo que ocurre es que, de este total, 1.370 millones de km^3 corresponden al agua de los océanos, es decir, al agua salada. Los treinta millones que quedan se reparten entre: 26 millones de km^3 no aprovechables de los polos y glaciares; 230.000 km^3 en los lagos; 13.000 km^3 en la atmósfera; 1.700 km^3 en los ríos. El resto, 3.200.000 km^3 están ocultos: son las aguas subterráneas.

2.2. La cultura del agua

La cultura del agua, en importante auge en nuestros días, no responde a una moda pasajera. De hecho y remontándonos a sus orígenes, la gran diversidad de aguas termales existentes en el Imperio Romano, propiciaron una filosofía termal amplia, denominada “Doctrina Románica”, basada más en la naturaleza “benefactora” de las aguas que en una composición y sabor concretos.

Esta ideología consideraba al agua como un producto natural, específico de cada manantial y que debía observar normas relativas a la estabilidad y constancia de su composición química, sus características físico-químicas y la conservación de su pureza original.

Paralelamente a esta concepción, y como consecuencia de la propia idiosincrasia de sus aguas subterráneas y manantiales, Alemania, Austria y la Suiza alemana desarrollaron una filosofía más cuantitativa que cualitativa respecto a las aguas minerales es decir, se fijaron más en la característica de cantidad de minerales de las aguas subterráneas que en la facultad “natural” de las mismas y fueron estableciendo unos mínimos en minerales por los cuales se reconocía la “calidad mineral” de un agua. Es la filosofía de la Doctrina Germánica.

En definitiva, según las legislaciones de los países de tradición latina, el agua mineral, por su propia pureza no puede ser manipulada, ni su composición alterada en el proceso de captación y envasado, ni siquiera para eliminar los microorganismos propios del agua (autóctonos), por considerarlos como ha demostrado la experiencia, inofensivos y probablemente beneficiosos para la salud.

El buen criterio de los legisladores Europeos hizo converger las dos doctrinas en la actual normativa de la comunidad Europea, que valora a la vez las características relativas al contenido en sales de las aguas y la calidad inalterable de un producto natural.

2.3. Tipos de aguas envasadas

Gracias a la existencia de las aguas envasadas podemos saborear aguas procedentes de manantiales muy diferentes, tal y como brotan en su estado natural. Cada marca de agua tiene un sabor peculiar y una composición diferente, lo que hace que cada persona pueda satisfacer sus preferencias. Genéricamente existen tres categorías de aguas envasadas, que son las siguientes:

2.3.1. Aguas minerales naturales

Son aguas de origen subterráneo, protegidas contra los riesgos de contaminación, bacteriológicamente sanas y con una composición constante en minerales y otros componentes, lo que les confiere propiedades favorables para la salud.

2.3.2. Aguas de manantial

Son aguas potables de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie de la tierra o se captan mediante labores practicadas al efecto, con las características naturales de pureza que permiten su consumo, previa aplicación de los mínimos tratamientos físicos requeridos

para la separación de elementos materiales inestables. A diferencia de las minerales naturales no han demostrado acción específica en el organismo humano.

2.3.3. Aguas preparadas

Las aguas preparadas son aquellas que han sido sometidas a los tratamientos fisicoquímicos necesarios para que cumplan los mismos requisitos sanitarios que se exige a las aguas potables de consumo público. Se dividen a su vez, en dos tipos:

- Potables preparadas: aquellas que procedan de un manantial o captación y hayan sido sometidas a tratamiento para que sean potables.
- De abastecimiento público preparadas: en el supuesto de tener dicha procedencia.

2.4. Proceso general para envasado

- De-cloración
- Eliminación de durezas
- Filtración de pulido
- Esterilización con luz ultravioleta
- Si es necesario se realiza ozonificación

Dado que en este caso se utilizará agua potable para envasado, como ya se encuentra con una calidad apta para consumo humano, para poder envasar el agua se aplicarán los siguientes procesos:

2.4.1. De-cloración

Por medio de un lecho filtrante de carbón activado, en este proceso se obtiene eficiencia en la eliminación de cloro, sabores y olores característicos del agua municipal. La filtración con carbón activado retiene efectivamente ciertos compuestos orgánicos y el cloro presente en el agua; también puede retener una determinada cantidad de plomo. El agua pasa a través de un material en forma de bloque o granuloso que toma del agua los compuestos tóxicos y elimina gustos y olores provenientes de dichos compuestos.

2.4.2. Eliminación de durezas

Por medio de un suavizador se trata de remover en cierta cantidad el nivel de dureza presente en el agua, la suavización del agua consiste en pasar el agua a través de un lecho de material llamado "resina", que posee la propiedad de remover el calcio y magnesio del agua a fin de reemplazar estos iones con sodio, a este proceso se le conoce como intercambio iónico. El agua, conteniendo iones calcio y magnesio, conocidos como dureza, entra en contacto con la resina catiónica, la cual presenta iones sodio en su superficie. Se liberan los iones de sodio y se retienen los iones de calcio y magnesio. El agua que se obtiene es agua suavizada, la cual tiene menor tendencia a producir incrustaciones que el agua dura.

2.4.3. Filtración de pulido

Para eliminar cualquier tipo de sólido disuelto que siga en el agua, el agua proveniente del suavizador se hace pasar por filtros pulidores provistos de cartuchos con diferentes tamaños de poro. La función de esta filtración es de detener las impurezas pequeñas. Se utilizará en el proceso tres filtraciones de pulido, en la primera etapa filtros que retienen sólidos hasta 5 micras; en la segunda etapa de filtración de pulido se retienen sólidos hasta de 1 micra.

Los filtros pulidores son fabricados con polipropileno grado alimenticio. Después de este paso se logra obtener agua brillante y cristalina.

2.4.4. Desinfección con luz ultravioleta

Este será el paso más importante para poder contar con un agua de calidad y asegurar su conservación, luego de pasar por los filtros pulidores se hace pasar a través de una lámpara de luz ultravioleta que actúa como desinfectante.

La desinfección de agua por radiación UV, es un procedimiento físico que no altera ni la composición química, ni el sabor ni el olor del agua. La seguridad de la desinfección por UV está probada científicamente y constituye una alternativa segura, eficaz, económica y ecológica frente a otros métodos de desinfección del agua, como por ejemplo la cloración. La radiación UV constituye una de las franjas del espectro electromagnético y posee mayor energía que la luz visible. La irradiación de los gérmenes presentes en el agua con rayos UV provoca una serie de daños en su molécula de ADN, que impiden la división celular y causan su muerte.

La radiación más germicida es aquella con una longitud de onda de 254 nanómetros. El ADN expuesto a esta energía presenta un máximo de absorción, produciéndose una inactivación irreversible en el crecimiento de los gérmenes. Así se pueden eliminar microorganismos que se encuentren en el agua, tales como algas, parásitos, hongos, bacterias y virus. No presenta efectos secundarios peligrosos, como la utilización de desinfectantes químicos o generación de inmuno-resistencia como los antibióticos. Los rayos ultravioleta tampoco alteran el pH y sólo los organismos que pasan por el esterilizador son eliminados.

2.4.4.1. Diseño para el equipo de luz ultravioleta

El diseño de un esterilizador ultravioleta se determinara por la forma de dosificación. Las lámparas individuales emiten una cantidad específica de energía ultravioleta y el flujo es un factor determinante por lo que no debe ser sobredimensionado. El tamaño de la cámara de reactor es también de importancia extrema dado que la intensidad disminuye por el cuadrado de la distancia después de la lámpara. Los cartuchos de cuarzo resguardan el agua de la corriente de la lámpara, ofrecen temperaturas más uniformes y permiten una transmisión más alta de la energía.

La variedad de aspectos opcionales que pueden proveerse en los esterilizadores incluyen: dispositivos que controlan UV y miden el rendimiento real en 253.7 nm, controlando dispositivos que pararán la corriente de agua en caso de la falla del sistema, dispositivos de control de flujo para limitar adecuadamente la corriente de agua en las unidades, alarmas visuales y audibles (ambas locales y remotas) para advertir las fallas de lámpara, dispositivos para controlar temperaturas excedentes en la cámara de reactor y cronómetro para controlar el tiempo de operación de lámparas UV.

2.4.4.2. Ventajas para el equipo de luz ultravioleta

- El bajo costo de inversión inicial, así como también reducción de gastos de operación cuando se compara con tecnologías similares tales como ozono, cloro, etcétera;
- Proceso de tratamiento inmediato, ninguna necesidad que tanques de retención;
- Sumamente económico, centenares de galones pueden tratarse por centavos de costo de operación;
- Ningún químico para agregar al abastecimiento de agua, ningún subproducto;
- Ningún cambio en el gusto, olor, pH o conductividad ni la química general del agua;
- La operación automática sin mediciones o atención especial;
- La simplicidad y facilidad de mantenimiento, período de limpieza y reemplazo anual de lámpara, sin partes móviles;
- Ninguna manipulación de químicos tóxicos, ninguna necesidad de requerimientos especializados de almacenaje;
- La instalación fácil, dos conexiones de agua y una conexión de energía;
- Más efectivo contra virus que el cloro.

2.4.5. Ozonificación

Este paso puede ser optativo dependiendo de la calidad del agua a tratar; realizando una ozonificación al agua, obteniendo un residual sanitizante al momento de sellar el envase; como el ozono es inestable, luego de un tiempo se convertirá en oxígeno dejando el agua sin ningún sabor u olor.

El agua antes de ser envasada se pone en contacto con ozono en un tanque de acero inoxidable. El ozono es inyectado en el tanque para que a través de un burbujeo se ponga en contacto con el agua para realizar la desinfección. El ozono destruye los microorganismos en unos cuantos segundos por un proceso denominado destrucción de celda. La ruptura molecular de la membrana celular provocada por el ozono, dispersa el citoplasma celular en el agua y lo destruye, por lo que la reactivación es imposible.

Debido a que los microorganismos nunca generarán resistencia al ozono, no será necesario cambiar periódicamente los germicidas. El ozono actúa sobre el agua potable eliminando por oxidación todos los elementos nocivos para la salud como son virus, bacterias y hongos.

2.5. Etapas generales en el envasado del recipiente

- Llenado de recipiente
- Taponado de recipiente
- Codificación
- Almacenamiento producto terminado

Para envasar los recipientes se realizan las actividades de llenado del envase, taponado y codificado del mismo. Las actividades llenadas y taponadas se realizarán en una máquina automática en donde se alimentan los envases nuevos.

2.5.1. Llenado de recipiente

Una vez realizada la desinfección del recipiente, éste es enviado a la sección de la máquina para realizar la operación de llenado del recipiente. Esta operación consiste en introducir el agua pura dentro del recipiente en el nivel correcto de llenado. El llenado del recipiente se realiza en forma automática y dependiendo de la velocidad con la cual se requiera trabajar la máquina, contará con un mecanismo para aumentar o disminuir su velocidad de trabajo.

2.5.2. Taponado de recipiente

Todas las tapas deben ser desinfectadas antes de ser colocadas en el recipiente. La operación se realizará en forma automática en máquina; el tapón es depositado en el orificio del envase, el cual es presionado automáticamente para realizar el taponado del recipiente. El sello de garantía se coloca en forma manual antes de ser sellado con la pistola térmica, el cual al momento de pasar el recipiente con su sello se contrae y queda el recipiente con su sello de seguridad.

2.5.3. Codificación

Utilizando una codificadora manual se le coloca al recipiente un código de producción. Este código o número de lote debe identificar una producción específica del día o parte del día en que el agua fue envasada.

Se requiere para esta etapa la compra de una codificadora manual y material para impresión del lote del producto, fecha de producción y vencimiento.

2.5.4. Almacenamiento producto terminado

Al terminar el proceso de envasado, los recipientes son enviados a la bodega de producto terminado, para dar por terminado el proceso productivo. Los procesos para envasar agua deberán ser diseñados a medida, de acuerdo a las características y tipo de agua que se pretenda elaborar.

La alternativa podrá variar dependiendo de los análisis que se realizaran en la planta antes mencionada, con el fin de mantener la calidad de agua de la Norma COGUANOR 29005.

2.6. Manipulación, almacenamiento y transporte del agua destinada al embotellado

2.6.1. Extracción o captación higiénica del agua, en el punto de origen

La extracción o captación de agua destinada al embotellado deberá efectuarse de tal manera, que se impida que agua distinta de la prevista entre en el dispositivo de extracción o captación. La extracción o captación de agua destinada al embotellado deberá efectuarse también de manera higiénica para evitar cualquier contaminación. En caso necesario, deberá haber mecanismos apropiados de toma de muestras.

2.6.2. Protección de la zona de origen

Las inmediaciones de la zona de extracción o captación deberán protegerse permitiendo únicamente el acceso de las personas autorizadas. Las cabezas de los pozos y el caudal de salida de los manantiales deberán protegerse por medio de una estructura adecuada para impedir la entrada de personas no autorizadas, plagas y otras fuentes de materias extrañas.

2.6.3. Mantenimiento de las instalaciones de extracción o captación

Los métodos y procedimientos utilizados para mantener las instalaciones de extracción deberán ser higiénicos y no constituir un posible peligro para los seres humanos o una fuente de contaminación para el agua. Las cámaras de captación del agua deberán desinfectarse antes de su utilización.

2.6.4. Almacenamiento y transporte del agua destinada al embotellado

Cuando sea necesario almacenar y transportar agua destinada al embotellado desde su punto de origen hasta el establecimiento de elaboración, estas operaciones deberán realizarse de manera higiénica para evitar cualquier contaminación.

2.6.5. Requisitos

Cuando sean necesarios, los recipientes, las tuberías y equipos deberán proyectarse y construirse de manera que: no contaminen el agua destinada al embotellado; pueda limpiarse y desinfectarse eficazmente; proporcionen una protección eficaz contra la contaminación, incluidos el polvo y los humos; y permitan atajar fácilmente cualquier problema que surja.

2.7. Balances de materia

El balance de materia es un método matemático utilizado principalmente en Ingeniería Química. Se basa en la ley de conservación de la materia, que establece que la masa de un sistema cerrado permanece siempre constante (excluyendo, por supuesto, las reacciones nucleares o atómicas y la materia cuya velocidad se aproxima a la velocidad de la luz). La masa que entra en un sistema debe, por lo tanto, salir del sistema o acumularse dentro de él, es decir:

$$\text{Entradas} = \text{salidas} + \text{acumulación}$$

Los balances de materia se desarrollan comúnmente para la masa total que cruza los límites de un sistema, también pueden enfocarse a un elemento o compuesto químico. Cuando se escriben balances de materia para compuestos específicos en lugar de ser para la masa total del sistema, se introduce un término de producción:

$$\text{entradas} + \text{producción} = \text{salidas} + \text{acumulación}$$

El término de producción puede utilizarse para describir velocidades de reacción. Los términos de producción y acumulación pueden ser tanto positivos como negativos.

2.7.1. Tipos

Los balances de materia pueden ser integrales o diferenciales. El balance integral se enfoca en el comportamiento global del sistema, mientras que el diferencial lo hace en los mecanismos dentro del sistema (los cuales, a su vez, afectan al comportamiento global). En los casos más simples, el interior del sistema se considera homogéneo (perfectamente mezclado). Para poder hacer un balance integral de materia, primero se deben identificar los límites del sistema, es decir, cómo el sistema está conectado al resto del mundo y cómo el resto del mundo afecta al sistema.

También pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Balance de masa global o total: se realiza en todo el sistema, considerando las masas totales de cada una de las corrientes de materiales;
- Balance parcial: se realiza en los subsistemas, considerando un determinado componente en cada una de las corrientes;
- Balance molar: si en el sistema no se originan cambios químicos;

- Balance atómico: si en el sistema hay cambios químicos;
- Balance volumétrico: si no se originan cambios de estado.

2.8. Diagramas de Procesos

Son una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco clasificaciones. Éstas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes.

Estos diagramas muestran la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado. Señalan la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes tolerancia y especificaciones, todos los detalles de fabricación o administración se aprecian globalmente en un diagrama de operaciones de proceso.

Antes de que se pueda mejorar un diseño se deben examinar primero los dibujos que indican el diseño actual del producto. Análogamente, antes de que sea posible mejorar un proceso de manufactura conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema, y determinar en qué áreas existen las mejores posibilidades de mejoramiento.

El diagrama de operaciones de proceso permite exponer con claridad el problema, pues si no se plantea correctamente un problema difícilmente podrá ser resuelto.

Los diagramas se dividen en tres partes básicas: identificación, cuerpo y tabla de resumen.

2.8.1. Identificación

Es la parte donde se detalla la información a la que pertenece el diagrama, los datos son los siguientes:

- a. Nombre del diagrama
- b. Nombre de la fábrica
- c. Departamento
- d. Producto
- e. Nombre de quien lo elabora (analista)
- f. Número de hoja
- g. Fecha
- h. Método (actual o mejorado)

2.8.2. Cuerpo

En esta parte es en donde se describe la simbología.

2.8.3. Tabla de resumen

Es un resumen donde se describe la simbología utilizada, el número de veces que se repite cada símbolo y la suma de los tiempos entre símbolos iguales.

2.8.4. Principales operaciones y sus símbolos

2.8.4.1. Operación ○

Se dice que hay una operación cuando se modifica de forma intencionada cualquiera de las características físicas o químicas de un objeto, como taladrar, cortar, esmerilar, etc. También hay actividades que no modifican las características físicas o químicas de un objeto, una operación también ocurre cuando se está dando o recibiendo información o se está planeando algo. Ejemplos: tornear una pieza, un cambio en un proceso, apretar una tuerca, barrenar una placa, dibujar un plano, etc.

2.8.4.2. Inspección □

Se dice que hay una inspección cuando un objeto es examinado para fines de identificación o para comprobar la cantidad o calidad de cualquiera de sus propiedades. Ejemplos: revisar las botellas que están saliendo de un horno, pesar un rollo de papel, contar un cierto número de piezas, leer instrumentos medidores de presión, temperatura, etc.

2.8.4.3. Operación – Inspección



Se dice que hay una operación – inspección, (combinada) cuando a un objeto se le hace una operación y se inspecciona al mismo tiempo, ya sea para verificar sus dimensiones o comprobar algo como: pesar, medir, etc., utilizando una herramienta de ajuste o comprobación.

2.8.4.4. Traslado o Transporte



Se dice que hay un transporte cuando un objeto es llevado de un lugar a otro, salvo cuando el traslado es parte de la operación, o sea efectuado por los operarios en su lugar de trabajo, en el curso de una operación o inspección y la distancia recorrida debe ser mayor a 1.5 m. Ejemplos: mover material a mano, en una plataforma en monorriel, en banda transportadora, etc. Si es una operación, tal como pasteurizado, un recorrido de un horno, etc., los materiales van avanzando sobre una banda y no se consideran como transporte esos movimientos.

2.8.4.5. Demora



Se dice que hay espera o demora con relación a un objeto cuando las condiciones (salvo las que modifiquen intencionalmente las características físicas o químicas del objeto) no permitan o requieran de la ejecución de la acción siguiente prevista. A la demora también se le denomina almacenamiento temporal. Ejemplos: esperar un elevador, tiempo de secado de una pintura, o cuando una serie de piezas hace cola para ser pesada o hay varios materiales en una plataforma esperando el nuevo paso del proceso.

2.8.4.6. Almacenamiento

Existe almacenamiento cuando un objeto es guardado y protegido contra el traslado no autorizado del mismo. Ejemplos: almacén general, cuarto de herramientas, bancos de almacenaje entre las máquinas. Si el material se encuentra depositado en un cuarto para sufrir alguna modificación necesaria en el proceso, no se considera almacenaje sino operación; tal sería el caso de curar tabaco, madurar cerveza, etc.

Existen tres tipos de diagramas de procesos y cada uno cuenta con una aplicación diferente, estos son:

2.8.5. Diagrama de operaciones del proceso (DOP)

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado. Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto o pieza principal. En este diagrama solamente se toman en cuenta las operaciones, las inspecciones y las operaciones combinadas.

2.8.5.1. Elaboración del diagrama de operaciones de proceso

Antes de empezar a construir el diagrama de operaciones del proceso, el analista debe identificarlo con un título escrito en la parte superior de la hoja. Se usan líneas verticales para indicar el flujo o curso general del proceso a medida que se realiza el trabajo, y se utilizan líneas horizontales que entroncan con las líneas de flujo verticales para indicar la introducción de material, ya sea proveniente de compras o sobre el que se ha hecho algún trabajo durante el proceso. Los valores de tiempo deben ser asignados a cada operación e inspección.

2.8.5.2. Utilización del diagrama de operaciones de proceso

Una vez que el analista ha terminado su diagrama de operaciones deberá prepararse para utilizarlo. Debe revisar cada operación y cada inspección desde el punto de vista de los enfoques primarios del análisis de operaciones. Los siguientes enfoques se aplican, en particular, cuando se estudia el diagrama de operaciones:

1. Propósito de la operación
2. Diseño de la parte o pieza
3. Tolerancias y especificaciones
4. Materiales
5. Proceso de fabricación
6. Preparación y herramental
7. Condiciones de trabajo

8. Manejo de materiales
9. Distribución en la planta
10. Principios de la economía de movimientos

2.8.6. Diagrama de flujo del proceso (DFP)

Se aplica sobre todo a un componente de un ensamble o sistema para lograr la mayor economía en la fabricación, o en los procedimientos aplicables a un componente o a una sucesión de trabajos en particular. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez expuestos estos periodos no productivos, el analista puede proceder a su mejoramiento. En él se utilizan otros símbolos además de los de operación e inspección empleados en el diagrama de operaciones. Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta.

2.8.6.1. Elaboración del diagrama de flujo de proceso

Como el diagrama de operaciones, el de flujo de un proceso debe ser identificado correctamente con un título. La información mencionada comprende, por lo general, número de la pieza, número del plano, descripción del proceso, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elabora el diagrama.

Es importante indicar en el diagrama todas las demoras y tiempos de almacenamiento. No basta con indicar que tiene lugar un retraso o almacenaje.

Cuanto mayor sea el tiempo de almacenamiento o retraso de una pieza, tanto mayor será el incremento en el costo acumulado y por tanto, es de importancia saber qué tiempo corresponde a la demora o al almacenamiento.

2.8.6.2. Utilización del diagrama de flujo de proceso

Este diagrama, como el diagrama de operaciones del proceso, no es un fin en sí, sino sólo un medio para lograr una meta. Se utiliza como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos de un componente. Como el diagrama muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, es conveniente para reducir la cantidad y la duración de estos elementos.

2.8.7. Diagrama de recorrido del proceso (DRP)

El diagrama de recorrido de actividades se efectúa sobre un plano del área donde se sitúan las máquinas a escala. En él se traza una línea punteada que indique la secuencia que seguirá el producto. Este diagrama no es más que el diagrama de flujo dibujado sobre el plano del área de producción indicando la trayectoria que sigue el proceso (como una fotografía aérea del proceso de fabricación). Es evidente que el diagrama de recorrido es un complemento valioso del diagrama de operaciones del proceso, pues en él puede trazarse el recorrido inverso y encontrar las áreas de posible congestionamiento de tránsito, por lo que facilita así el poder lograr una mejor distribución en la planta.

2.8.8. Diagrama *PERT*

El método de *PERT* del inglés “*Program Evaluation and Review Technique*” es una herramienta de gestión de proyectos que permite administrar la planificación de un proyecto. La red *PERT* permite identificar el camino crítico de un proyecto y concentrar los esfuerzos en las tareas componiéndolo, siendo el encadenamiento de tareas cuya duración total es la más larga del proyecto. Para comprender como construir una red *PERT*, se necesita conocer tres términos: eventos, actividades y ruta crítica.

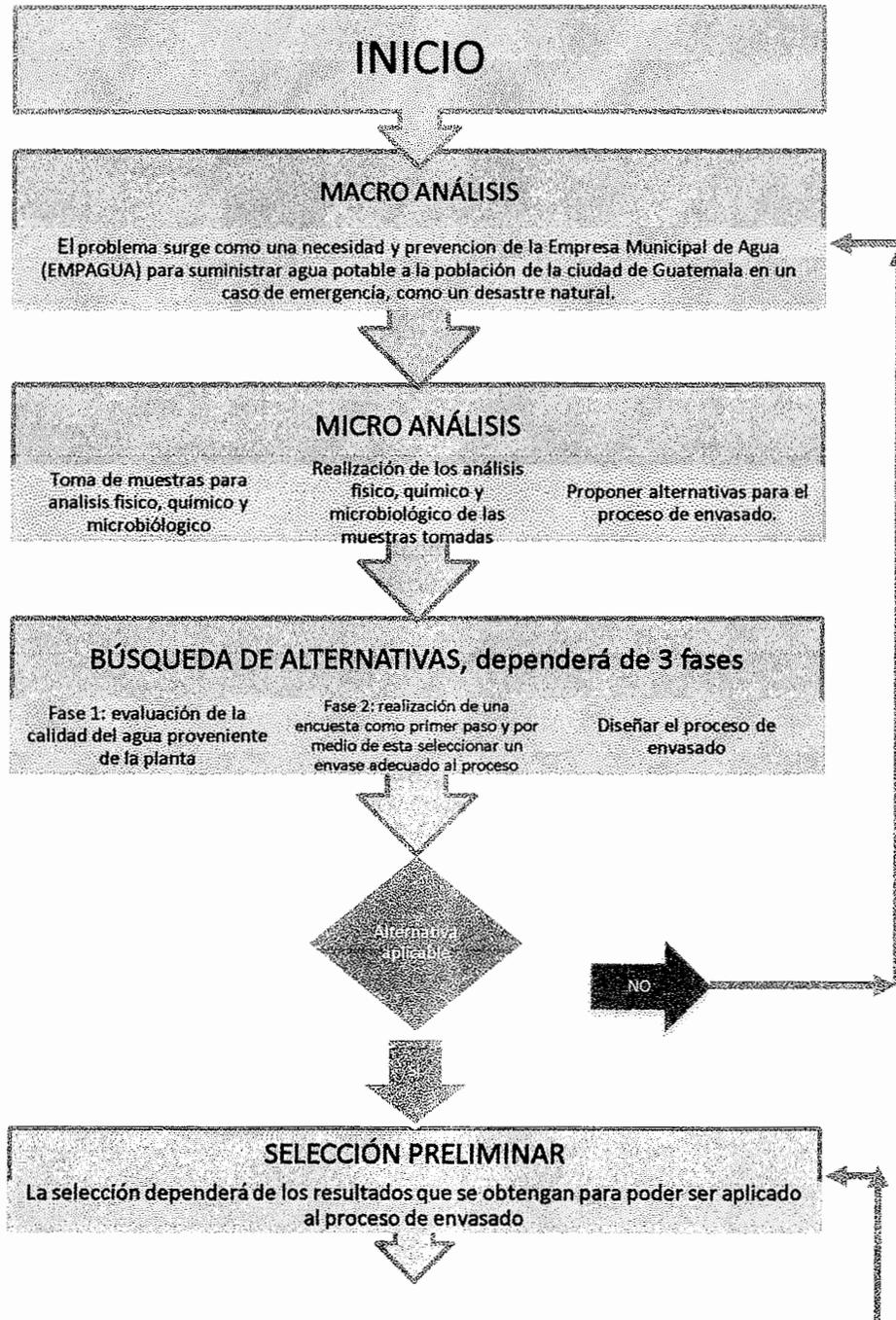
Los eventos son los puntos finales que representan la terminación de actividades principales.

Las actividades representan el tiempo o recursos que se requieren para progresar de un evento al siguiente.

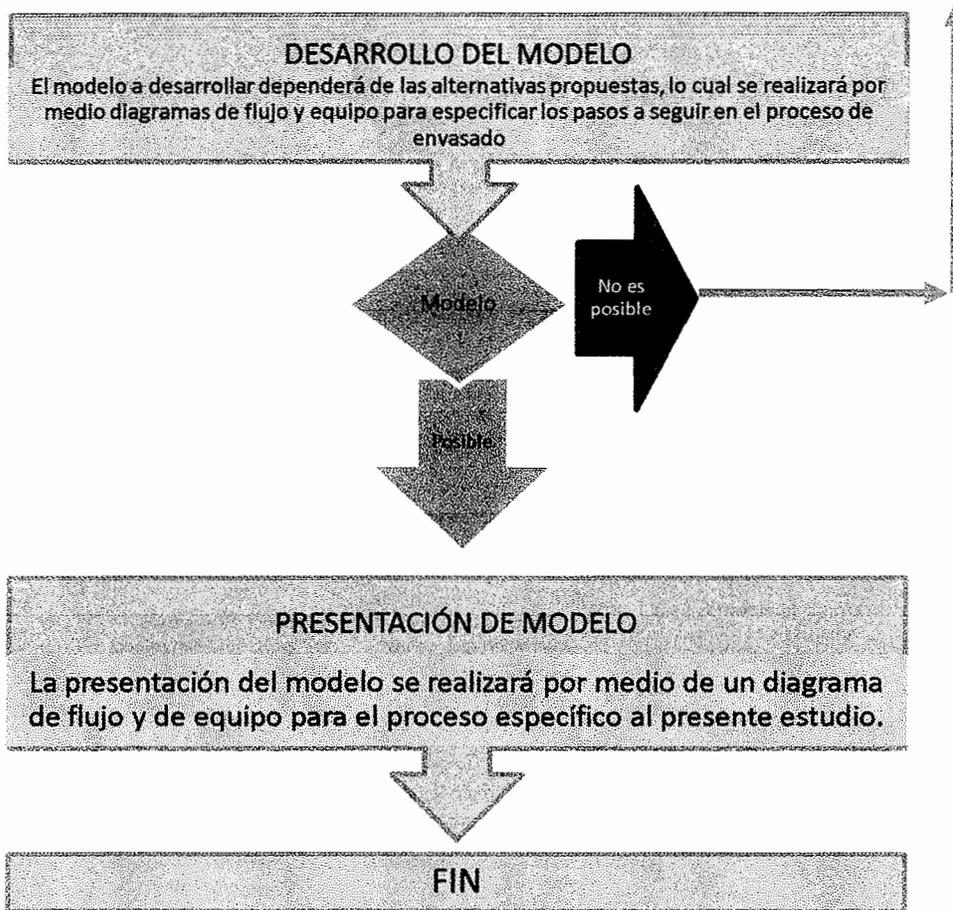
La ruta crítica es la secuencia de eventos más larga, más consumidora de tiempo de eventos y actividades de una red *PERT*.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Figura 1. Diagrama de flujo del diseño metodológico



Continuación Figura 1.



Fuente: elaboración propia

Donde

- ETAPA DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DEL PROCESO

- ETAPAS DE EXPERIMENTACIÓN

SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

PRESENTACIÓN DEL MODELO

La metodología empleada consistió, en analizar y tomar una selección del proceso de envasado que se adecue a la parte de análisis del agua, donde se tomó en cuenta la selección de un sitio de muestreo. Se estableció un cronograma para realizar los respectivos análisis, y presentar los resultados.

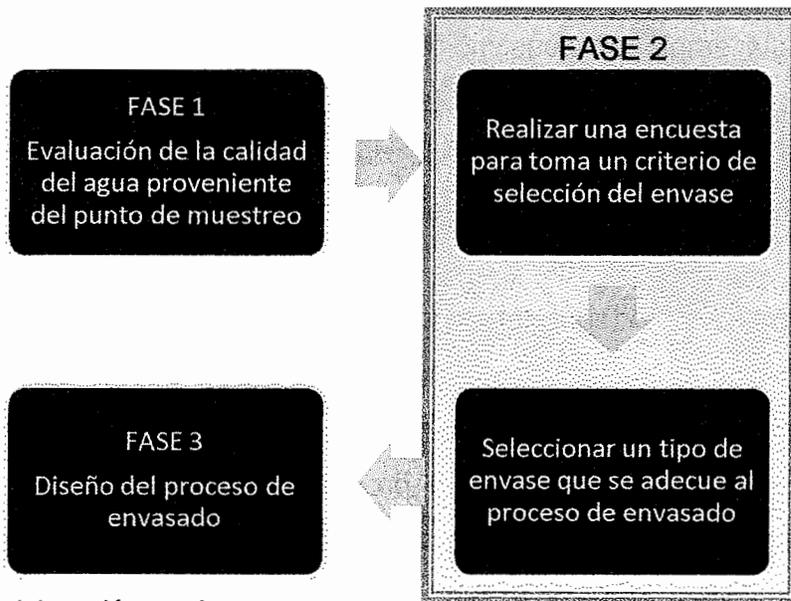
Se contempló el ámbito legal del país y la Norma COGUANOR 29005 al seleccionar y determinar el proceso y por medio de éste se podrá trabajar la línea de producción, en el cual se ensamblan las líneas de producción tomando en cuenta las normas de higiene para el proceso de producción de agua envasada, considerando para todo proceso el cuidado y conservación del medio ambiente.

Este tipo de estudio se puede realizar al aplicar los conceptos y fundamentos básicos del tratamiento de agua potable, con el enfoque de Ingeniería Química al realizar el esquema a emplear, para poder adecuar el proceso de tratamiento de agua potable a envasado.

3.1. 3 fases generales

Los resultados se basaron en 3 fases generales de estudio; como primera fase se encontró la evaluación de la calidad del agua tratada para poder envasar, como segundo paso se tomará en cuenta la selección del envase para envasar el agua, que de aquí se tomará en cuenta para la fase 3 que será el diseño del proceso de envasado, las cuales serán:

Figura 2. Fases utilizadas en la investigación



Fuente: elaboración propia

3.1.1. Fase 1: evaluación de la calidad

A partir de los análisis que se realizaron en la planta, tomados tanto físicoquímicamente como microbiológicamente en el transcurso del año 2009 para época seca y época de invierno, ya que en esas épocas del año los análisis son diferentes, por comparación de estos análisis con la Norma COGUANOR NGO 29005, se decidió como llevar a cabo el proceso de envasado, tomando como punto de muestreo el punto de control 4, que es el tanque de almacenamiento, utilizado en la planta de tratamiento. [Anexo No.9, página 121].

3.1.2. Fase 2: seleccionar un tipo de envase que se adecue al proceso de envasado

En esta fase se realizó una encuesta, [Anexo No.15, página 125], la cual fue de carácter sensorial ya que ésta no se encuentra dentro de la fase experimental y de esta manera tomar la decisión en el criterio de selección del envase a utilizar en este proceso; en los resultados se consideró lo siguiente: la Norma COGUANOR 29005, define que los envases utilizados para el agua envasada para consumo humano deberán ser de material inocuo que no altere las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales del producto y deberán contar con un sistema de sellado, que garantice la inviolabilidad del mismo hasta el momento de su consumo.

El envase a utilizar en este estudio es de un material no retornable: ya pueda ser de polietilentereftalato (PET), plásticos de polietileno de alta o baja densidad de grado alimenticio, poli (cloruro de vinilo) (PVC) grado alimenticio u otros materiales poliméricos de grado alimenticio.

El envase final que se seleccionó debe cumplir con ciertas normas de información del contenido, por lo cual el rótulo o etiqueta deberá cumplir con la Norma COGUANOR NGO 34 039.

3.1.3. Fase 3: diseño del proceso de envasado

La fase 3 se completará al tener los datos en la planta de tratamiento “Lo de Coy” y por medio de ésta, se realizará el diseño por medio de un software de computación del plano del proceso de envasado, se tomó en cuenta que el flujo a utilizar para este proceso de envasado no es el total que ingresa a la planta diariamente, que en promedio es de 960 – 1248 L/s, debido a que no se quiere interrumpir la distribución del agua potable que sale de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy” hacia las diferentes zonas de la ciudad, por algún problema para dicha distribución por lo cual el flujo de agua a utilizar en el proceso de envasado de agua será de un 1% del flujo promedio que ingresa a la planta diariamente, que sería de 9.6 – 12.48 L/s, por lo cual las dimensiones del proceso de envasado estarán acordes a la planta antes mencionada, para establecer dentro de sus instalaciones.

3.2. Variables

Las variables a operar serán las propuestas por la Norma COGUANOR 29005, las más importantes son:

Tabla I. Variables a tomar en cuenta para el proceso de envasado

Variables a analizar
Turbiedad
Olor
Color
Apariencia
Cloro residual
Contenido de ozono
Potencial de hidrógeno
Dureza total (CaCO ₃)
Nitratos
Nitritos
Total de sólidos disueltos (TDS)
Coliformes fecales
Coliformes totales

Fuente: parámetros establecidos en Norma COGUANOR NGO 29005

3.3. Delimitación de campo de estudio

3.3.1. Tipo de estudio y diseño general

Este tipo de estudio tuvo una fase experimental y una fase no experimental, a partir de un panel sensorial por medio de la realización de una encuesta. En la parte experimental se realizó el desarrollo del diseño del proceso de envasado, en el que se aplicó un análisis fisicoquímico como microbiológico, con el fin de encontrar una alternativa que se adecuara al proceso ya aplicado en la planta de tratamiento de agua potable.

3.4. Recursos humanos disponibles

- Investigador: Darwin Estuardo Jocholá Magzul
- Asesor: Ing. Qco.M.Sc. en Ingeniería Sanitaria Zenon Much Santos

3.5. Recursos materiales disponibles

- Edificio: laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy” de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA)
- Equipo: aparatos de laboratorio propiedad de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA).
- Material de estudio: libros referentes al tema, tesis, trabajos de graduación, Normas de COGUANOR en especial la Norma NGO 29005, que establece los parámetros para el agua potable u otro documento que el investigador considere necesario.

3.5.1. Cristalería y equipo

- Cristalería, reactivos, equipo de laboratorio y de campo los cuales son recomendados y proporcionados por el laboratorio antes mencionado.
- Reactivos: HACH. Aprobado por la Agencia de la Protección Ambiental EPA, para HACH.
- Pureza de reactivos: según especificaciones de las marcas anteriormente mencionadas.

La metodología empleada consistió, en recolectar información en el laboratorio de calidad de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy” y del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, que se encuentra en la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el fin de tener la base de datos del año 2009 para realizar un mejor análisis en los parámetros a tomar en cuenta para el proceso de envasado de agua, el sitio de muestreo a tomar fue el del tanque de distribución de agua.

3.6. Técnica cualitativa o cuantitativa

En este trabajo de graduación se utilizó una técnica cualitativa, dado que se utilizó un análisis por medio de encuestas [Modelo de la encuesta, Anexo No. 15 pág. 125] con el cual se obtuvo los resultados que se aplicaron en la utilización del proceso de envasado del agua proveniente de la planta, esta técnica será aplicada en la fase 2 de la investigación, [Figura 2, Página 36, sección de Metodología].

3.7. Recolección y ordenamiento de la información

3.7.1. Punto de muestreo

El punto de muestreo que se utilizó para determinar el proceso de envasado que se aplicó en este estudio se estableció en el tanque de aguas claras en el cual desemboca el agua filtrada por un canal totalmente cerrado, cuya capacidad es de 25,000 m³.

El tanque de agua claras sirve para la distribución del agua que llega hacia diversos lugares de la ciudad de Guatemala, este punto de control es el número 4 de los puntos de control establecidos en la planta. [Anexo No.9, página 121]

3.7.2. Procedimientos para la recolección de información, instrumentos a utilizar y métodos para el control de calidad de los datos

Todos los métodos de análisis y exámenes que se realizaron en las muestras para obtener las características físicas, químicas y bacteriológicas, son los recomendados por el "*Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater*", que son aprobados A.W.W.A., A.P.H.A. Y W.E.F, que son los aplicados en el laboratorio de calidad de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy" y del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, ubicada en la Universidad de San Carlos de Guatemala

3.7.3. Análisis de los datos

Para el análisis de este trabajo de graduación se utilizaron los datos que se obtuvieron en la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”, correspondiente al año 2009 para épocas de verano e invierno, recopilando tanto los datos de la planta como del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, a partir de los datos recabados se tomaron las medias de datos para cada día y luego para cada mes, para tener un valor aproximado de las mediciones tomadas en la planta antes mencionada, estos valores se compararon con las variables a analizar de las Normas COGUANOR NGO 29001 y 29005, con el fin de establecer cuales variables se necesitaban corregir para obtener agua purificada apta para ser envasada.

Para la segunda fase de la investigación, que corresponde al análisis cualitativo que se realizó por medio de una encuesta, se hicieron conteos por medio de tabulaciones para las respuestas, a partir de su realización con 100 encuestados, estos resultados fueron graficados en forma general y por medio de género.

3.7.4. Procedimientos para garantizar aspectos éticos en las investigaciones con sujetos humanos

Los análisis fueron realizados de manera ética y objetiva, guiándonos por la Norma COGUANOR 29001 y 29005.

3.7.4.1. Para la fase de la investigación de la encuesta

La encuesta se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ya que se puede tomar como una población proporcional a la ciudad de Guatemala, dado que los estudiantes de dicha facultad residen en las diferentes zonas de esta ciudad.

3.8. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Se tomaron los datos que se recolectaron tanto en la planta de tratamiento como en el Laboratorio Químico y Microbiológico Sanitario, con el fin de verificar cuales procesos se deben aplicar para cumplir con la Norma COGUANOR NGO 29005 de agua envasada.

Para tener un mejor criterio de selección del envase a utilizar se realizó una matriz de criterios como la siguiente, este resultado se obtuvo por medio de la encuesta realizada.

3.9. Análisis estadístico

Para la primera fase de la Investigación se utilizó la ecuación estadística de la media, para encontrar los valores medios por cada mes en la época del año a investigar, la cual es:

$$X = \frac{\sum_{i=0}^n x}{N} \quad \text{[Ecuación No.1]}$$

Donde:

X: es el valor de la media de los datos.

x: datos de la muestra.

N: número de datos en la muestra.

Para la fase de la investigación de la encuesta, la decisión en el criterio de selección del envase a utilizar en este proceso, se logró por medio de un análisis de frecuencias y porcentajes de respuestas entre género utilizando un paquete de software estadístico SPSS para el análisis de datos.

3.10. Plan de análisis de los resultados

De manera experimental, dependiendo de los resultados se tomó una alternativa posible para el proceso.

A partir de los resultados obtenidos en la parte experimental se pasó a la fase 3 de la investigación (sección de metodología), por lo cual se adoptaron en cuenta aquellos pasos que fueron necesarios para poder cumplir con la Norma de envasado de agua, COGUANOR NGO 29005, a partir de esto se empezó a diseñar como sería el proceso de envasado adecuado a la planta.

3.10.1. Métodos y modelos de los datos según tipo de variables

El método que se aplicó en este trabajo de graduación, fue el de comparar los análisis de las Normas COGUANOR NGO 29001 y 29005 con las que se obtienen en la planta, de tratamiento y con esto verificar que proceso se puede aplicar al proceso ya implementado en la planta con el fin de poder envasar el agua pasando por las etapas propuestas en la metodología.

3.10.2. Programas a utilizar para análisis de datos

En las etapas generales de la investigación, se utilizó un análisis por comparación entre las Normas COGUANOR NGO 29001 y 29005 con los datos que la planta de tratamiento obtuvo durante el año 2009.

Se utilizó un paquete software estadístico SPSS para el análisis de datos, aplicable a los resultados que se obtuvieron en la encuesta realizada, aplicando un análisis de frecuencias y porcentajes de respuestas entre género y lugares de residencia.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados a partir de los datos que se obtuvieron en la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

Tabla II. Resultados a partir de los datos que se obtuvieron de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

Variables de análisis	Norma COGUANOR		Datos de la planta (época)		Cumple o no para el proceso de Embotellado	Procedimiento alternativo
	LMA 2010	LMP 2000	Época seca	Época húmeda		
			Medio de datos	Medio de datos		
Turbiedad	<0.5 unidades (NTU)	5.0 - 15 unidades (NTU)	0.710399	1.617991	Sí	No necesario
Olor	No Rechazable	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Sí	No necesario
Color	< 5 unidades de color	5.0 - 35 unidades de color	2.923076	6.053	Sí	No necesario
Apariencia	incolora e inodora	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Sí	No necesario
Cloro residual	0.1 mg/L	0.5 - 1.0 mg/L	1.213759	1.002806	No	De-cloración
Contenido de ozono	0.2 - 0.5 mg/L	Sin presencia	Sin presencia	Sin presencia	Sí	No necesario
Potencial de hidrogeno	6.5 - 8.5	7.0 - 8.5	6.603190	6.268315	Sí	No necesario
Dureza total (CaCO ₃)	Sin referencia	100.0 - 500.0 mg/L	74	70	Sí	No necesario
Nitratos	10 mg/L	10 mg/L	10.78	12.32	Sí	No necesario
Nitritos	1 mg/L	1 mg/L	0	0	Sí	No necesario
Total de sólidos disueltos (TDS)	<500 mg/L	500.0 - 1000mg/L	121	117	No	Filtración de pulido
Contaminantes orgánicos	Sin presencia	<10% por muestras	<1	<1	Sí	Desinfección con luz ultravioleta y/o ozonificación
Contaminantes totales	< 1.1 NMP/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	<1	<1	Sí	Desinfección con luz ultravioleta y/o ozonificación

Fuente: datos obtenidos de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

4.2. Proceso de envasado de agua

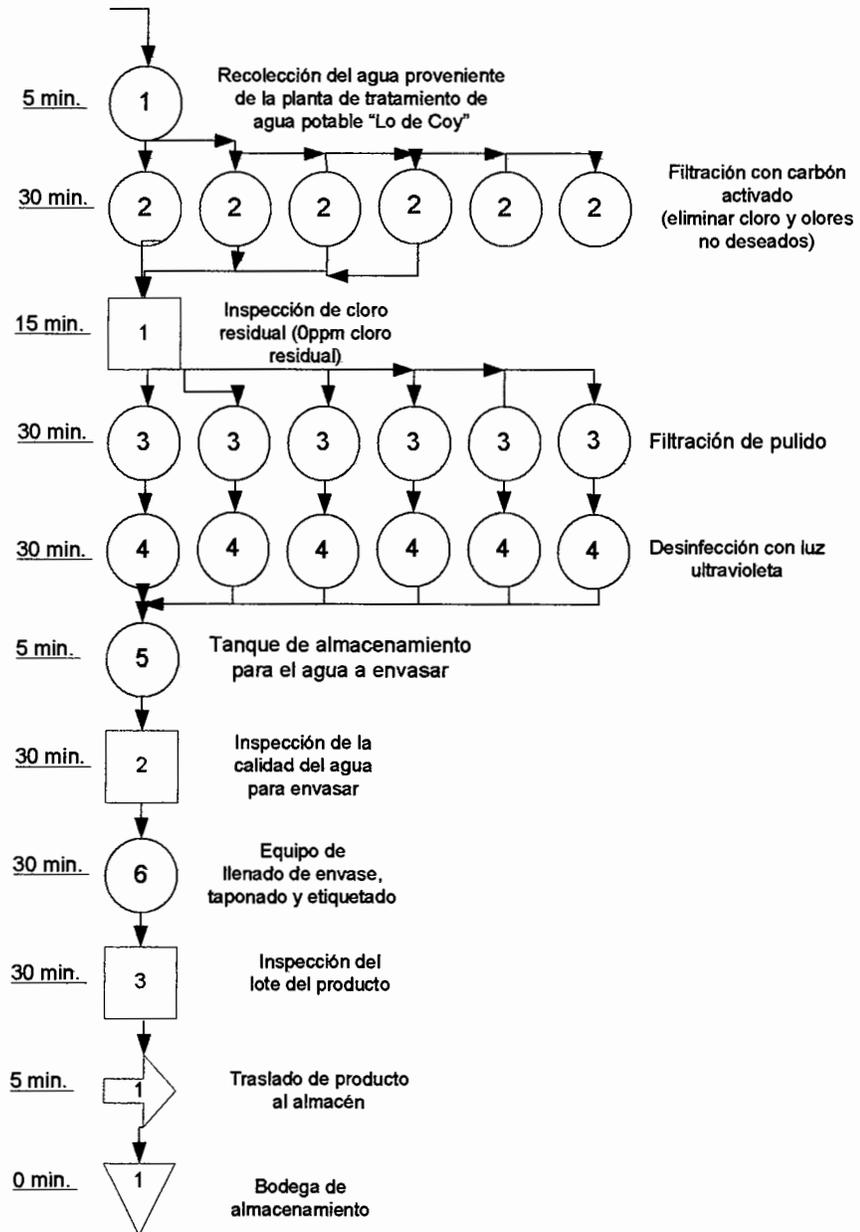
Descripción del proceso: La materia prima utilizada para este proceso viene del tanque de distribución de la planta de tratamiento de agua potable de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), la cual es agua potable que se traslada por medio de una tubería y una bomba centrífuga para llevarla hacia los 6 filtros de carbón activado conectados en serie (5 min.) donde será removido olor, color si fuese necesario y el cloro residual que porta el agua en el tanque de distribución (30 min.), al salir de este filtro se tendrá un punto de control para mantener los niveles de cloro según la Norma COGUANOR 29005 (15 min.).

A continuación por medio de tuberías pasa a los 6 filtros de pulido de 1 y 5 micras respectivamente conectados en serie, donde será removido cualquier sólido disuelto que puede llevar el agua (30 min), luego se lleva el agua por tuberías hacia los 6 equipos de desinfección por luz ultravioleta, conectados en serie (30 min.), luego pasa a un tanque de almacenamiento (5 min.) aquí hay un punto de control para verificar la calidad del agua proveniente del proceso (30 min.) y por medio de una bomba centrífuga el agua pasa a un equipo de llenado y envasado del agua (30 min.), el cual llena botellas plásticas para una cantidad de un litro de agua, con tapadera tipo rosca y de forma transparente, con una etiqueta serigrafiada, al final del proceso se tiene un punto de control para verificar la calidad del lote (30 min.), luego se traslada el producto envasado hacia la bodega de almacenamiento (5 min.)

Figura 3. Diagrama de flujo propuesto para el proceso de purificación y envasado de agua

PROCESO: purificación y envasado de agua pura
 MÉTODO: propuesto
 ANALISTA: -----

EMPRESA: EMPAGUA
 FECHA:
 AREA: departamento de calidad
 HOJA: 1/2

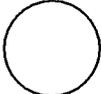
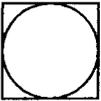
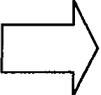
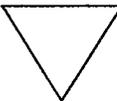


Fuente: elaboración propia

PROCESO: purificación y envasado de agua pura
MÉTODO: propuesto
ANALISTA: -----

EMPRESA: EMPAGUA
FECHA:
AREA: departamento de calidad
HOJA: 2/2

Tabla III. Resumen de actividades del proceso propuesto

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
Operación		6	02:10:00
Inspección		3	01:15:00
Operación – inspección		0	00:00
Transporte		1	05:00
Almacenamiento		1	0:00
Total		11	03:30:00

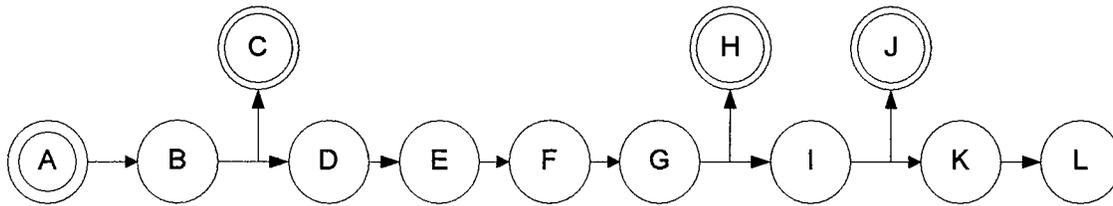
Fuente: elaboración propia

Tabla IV. Eventos y descripciones del diagrama de Red PERT

Evento	Descripción	Tiempo esperado aproximado (minutos)	Evento anterior
A	Recolección de agua en el tanque de almacenamiento de agua proveniente de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy"	5	Ninguno
B	Filtro de carbón activado	30	A
C	Inspección del cloro residual	15	B
D	Filtro de pulido (sedimentos) para 5 micras	15	B
E	Filtro de pulido (sedimentos) para 1 micra	15	D
F	Desinfección ultravioleta	30	E
G	Recolección del agua proveniente de los filtros en un tanque	5	F
H	Inspección de calidad del agua	30	G
I	Equipo de llenado y envasado de agua	30	G
J	Inspección del lote del producto	30	I
K	Transporte a bodega	5	I
L	Recepción del producto en bodega	0	K

Fuente: elaboración propia

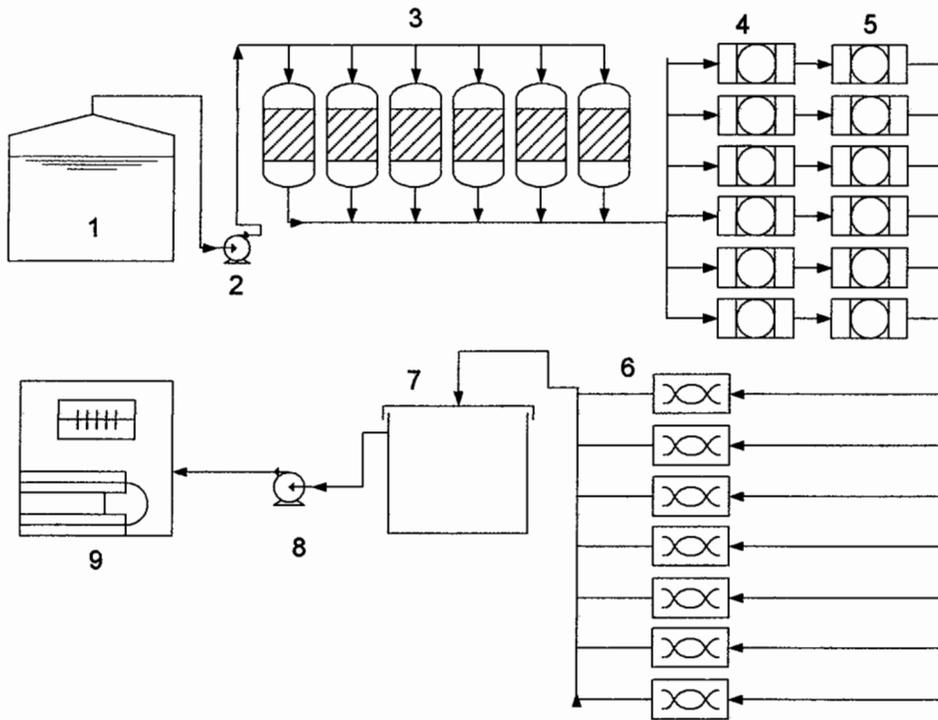
Figura 4. Diagrama de Red *PERT*



Fuente: elaboración propia

No existe ruta crítica: en este proceso propuesto, dado a que solo se encuentra un mismo camino de eventos y no se puede recortar el tiempo en busca de otro evento.

Figura 5. Diagrama propuesto del proceso para purificación y envasado



Fuente: elaboración propia

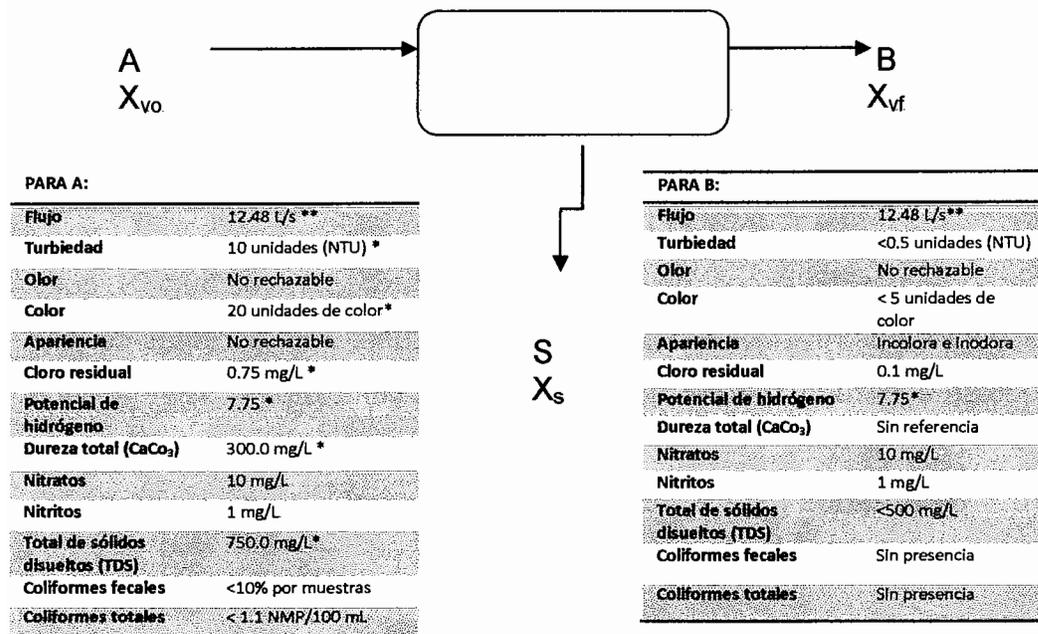
Tabla V. Descripción del diagrama del proceso propuesto

No	Descripción	Capacidad a manejar
1	Tanque de almacenamiento de agua proveniente de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy"	Se utilizará el 1% del flujo total de ingreso a la planta, trabajando con 9.60 – 12.48 L/s.
2	Bomba centrífuga	
3	Filtro de carbón activado	48 GPM cada filtro
4	Filtro de pulido (sedimentos) para 5 micras	Cartuchos de 50 GPM en cada filtro
5	Filtro de pulido (sedimentos) para 1 micra	Cartuchos de 50 GPM en cada filtro
6	Desinfección ultravioleta	50 GPM
7	Tanque	300 galones
8	Bomba centrífuga	
9	Equipo de llenado y envasado de agua	576 – 748.8 botellas por minuto

Fuente: elaboración propia

La base a utilizar en los balances será de 44,928 L/hora, que es el valor máximo que maneja el equipo para llenado y envasado, tomando como referencia de tiempo 1 hora, para facilidad en su análisis.

Figura 6. Balance de masa para el proceso propuesto del envasado



*Se utilizaron valores promedios para tener una mayor facilidad al analizar los balances de materia.

**Se utilizó el flujo máximo que ingresa al proceso para un mejor análisis.

Fuente: elaboración propia

Donde:

A = Flujo de entrada

B = Flujo de salida

S = Salida de residuos de las diferentes fases del proceso.

X_{vo} = Fracción en masa de las variables en la entrada del proceso en el flujo según Norma COGUANOR 29001.

X_{vf} = Fracción en masa de las variables a la salida del proceso en el flujo según la Norma COGUANOR 29005.

X_s = Fracción en masa de los residuos que se queda en las distintas fases del proceso.

- Balance general de masa del proceso propuesto del envasado:

$$A = B + S$$

- Balance general por variables de análisis de masa del proceso propuesto del envasado:

$$A * X_{vo} = B * X_{vf} + S * X_s$$

A partir de los balances de material se obtuvo para el flujo S que representa la salida de residuos del proceso y sus respectivas fracciones de las variables que se analizaron para el proceso propuesto completo.

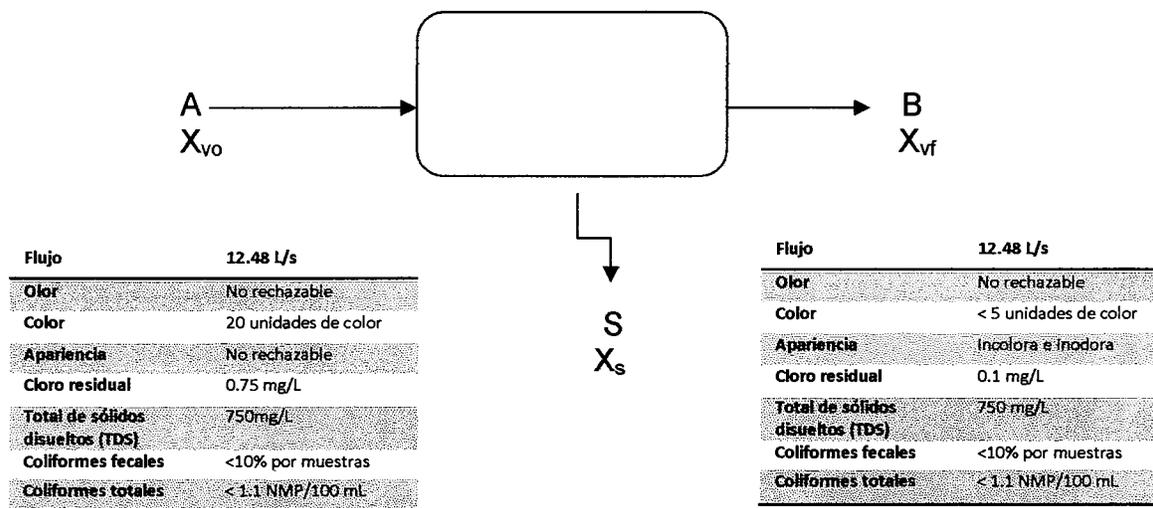
Tabla VI. **Resultados para el flujo de residuos en el balance de masa**

Para S:	
Turbiedad	<0.5 unidades (NTU)
Olor	No rechazable
Color	< 5 unidades de color
Apariencia	Incolora e inodora
Cloro residual	4492.8 mg
Potencial de hidrógeno	7.75 *
Dureza total (CaCO₃)	Sin referencia
Total de sólidos disueltos (TDS)	22,464,000 mg
Coliformes fecales	Sin presencia
Coliformes totales	Sin presencia

*Se utilizaron valores promedios para tener un mayor facilidad al analizar los balances de materia.

Fuente: elaboración propia

Figura 7. Balance de masa para filtro con carbón activado



Fuente: elaboración propia

Donde:

A = Flujo de entrada

B = Flujo de salida

S = Salida de residuos (sedimentos) en los filtros.

X_{vo} = Fracción en masa de las variables en la entrada del proceso en el flujo según Norma COGUANOR 29001.

X_{vf} = Fracción en masa de las variables a la salida del proceso en el flujo según la Norma COGUANOR 29005.

X_s = Fracción en masa de los residuos (sedimentos) en los filtros.

- Balance general de masa para el filtro de carbón activado:

$$A = B + S$$

- Balance general por variables de análisis de masa del filtro de carbón activado:

$$A * X_{vo} = B * X_{vf} + S * X_s$$

A partir de los balances de material se obtuvo para el flujo S que representa la salida de residuos de los filtros de carbón y sus respectivas fracciones de las variables que se analizaron.

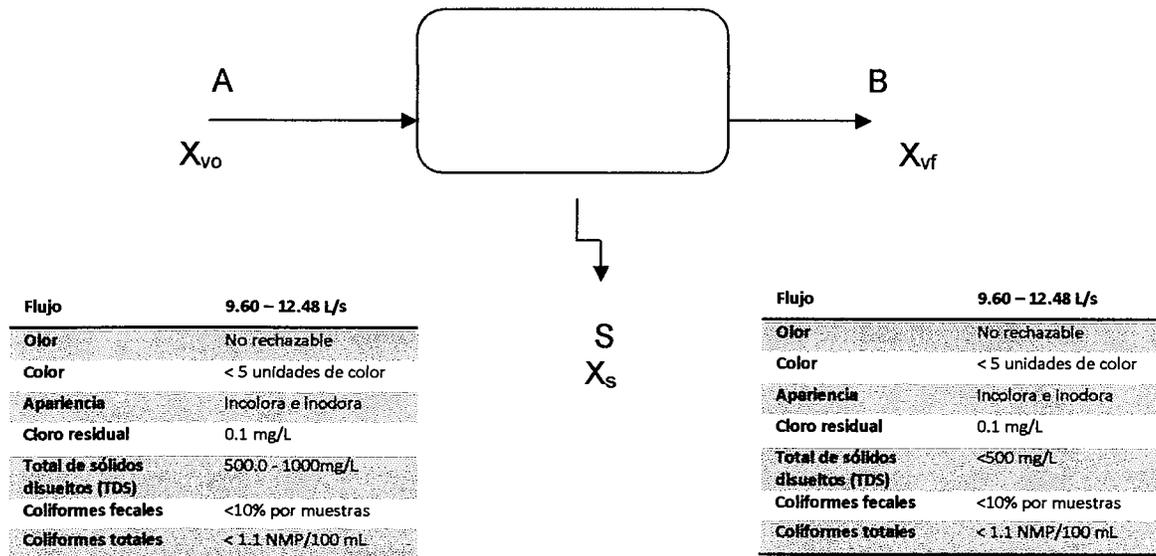
Tabla VII. **Resultados para el flujo de residuos en el balance de masa para el filtro de carbón activado**

Para S:	
Olor	No rechazable
Color	< 5 unidades de color
Apariencia	Incolora e inodora
Cloro residual	4492.8 mg
Potencial de hidrógeno	7.75 *
Dureza total (CaCo3)	Sin referencia

*Se utilizaron valores promedios para tener una mayor facilidad al analizar los balances de materia.

Fuente: elaboración propia

Figura 8. **Balace de masa para la filtración de pulido**



Fuente: elaboración propia

Donde:

A = Flujo de entrada

B = Flujo de salida

S = Salida de residuos (sedimentos) en los filtros.

X_{vo} = Fracción en masa de las variables en la entrada del proceso en el flujo según Norma COGUANOR 29001.

X_{vf} = Fracción en masa de las variables a la salida del proceso en el flujo según la Norma COGUANOR 29005.

X_s = Fracción en masa de los residuos (sedimentos) en los filtros.

- Balance general de masa para los filtros de pulido:

$$A = B + S$$

- Balance general por variables de análisis de masa del filtro pulido:

$$A * X_{vo} = B * X_{vf} + S * X_s$$

A partir de los balances de material se obtuvo para el flujo S, que representa la salida de residuos de los filtros de sedimentos y sus respectivas fracciones, los siguientes resultados muestran las variables que se analizaron para el proceso propuesto completo.

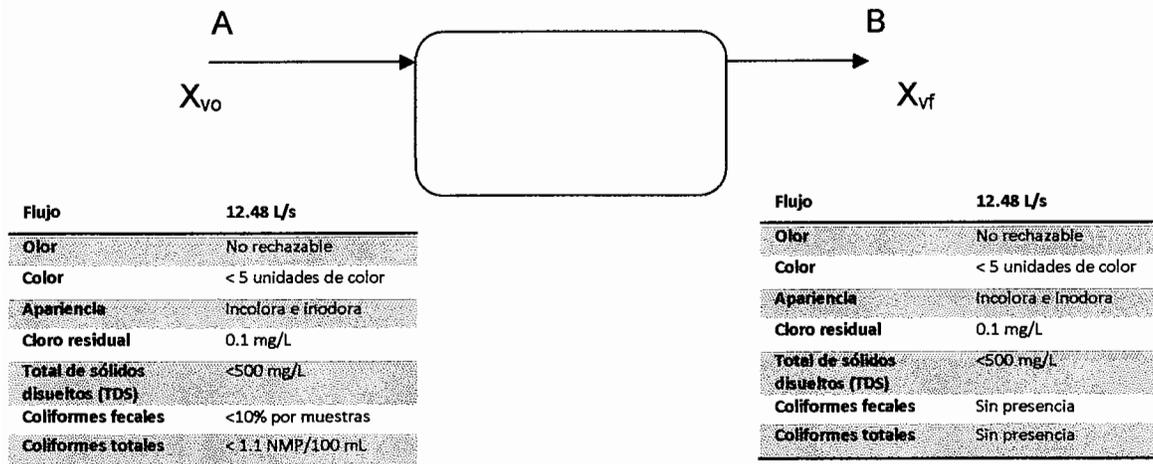
Tabla VIII. Resultados para el flujo de residuos en el balance de masa para el filtro de pulido

Para S:	
Turbiedad	<0.5 unidades (NTU)
Olor	No rechazable
Color	< 5 unidades de color
Apariencia	Incolora e inodora
Potencial de hidrógeno	7.75 *
Total de sólidos disueltos (TDS)	22,464,000 mg

*Se utilizaron valores promedios para mayor facilidad al analizar los balances de materia.

Fuente: elaboración propia

Figura 9. Balance de masa para la desinfección con luz ultravioleta



Fuente: elaboración propia

Donde:

A = Flujo de entrada

B = Flujo de salida

X_{vo} = Fracción en masa de las variables en la entrada del proceso en el flujo según Norma COGUANOR 29001.

X_{vf} = Fracción en masa de las variables a la salida del proceso en el flujo según la Norma COGUANOR 29005.

- Balance general de masa para la desinfección ultravioleta:

$$A = B$$

- Balance general por variables de análisis de masa de la desinfección ultravioleta:

$$A * X_{vo} = B * X_{vf}$$

A partir de los balances de material se obtuvo para el flujo B, que representa la salida de los aparatos para desinfección ultravioleta y sus respectivas fracciones, los siguientes resultados muestran las variables que se analizaron para el proceso propuesto completo.

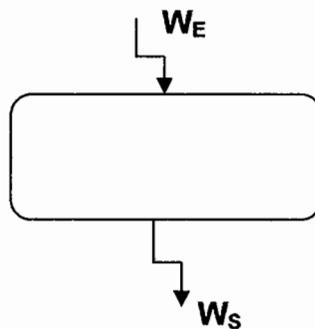
Tabla IX. **Resultados para el flujo de residuos en el balance de masa para la desinfección con luz ultravioleta**

Para B:	
Turbiedad	<0.5 unidades (NTU)
Olor	No rechazable
Color	< 5 unidades de color
Apariencia	Incolora e inodora
Cloro residual	Sin presencia
Potencial de hidrógeno	7.75 *
Coliformes fecales	Sin presencia
Coliformes totales	Sin presencia

*Se utilizaron valores promedios para mayor facilidad al analizar los balances de materia.

Fuente: elaboración propia

Figura 10. **Balance de energía para la desinfección con luz ultravioleta**



Fuente: elaboración propia

Donde:

W_E = Flujo de entrada de energía

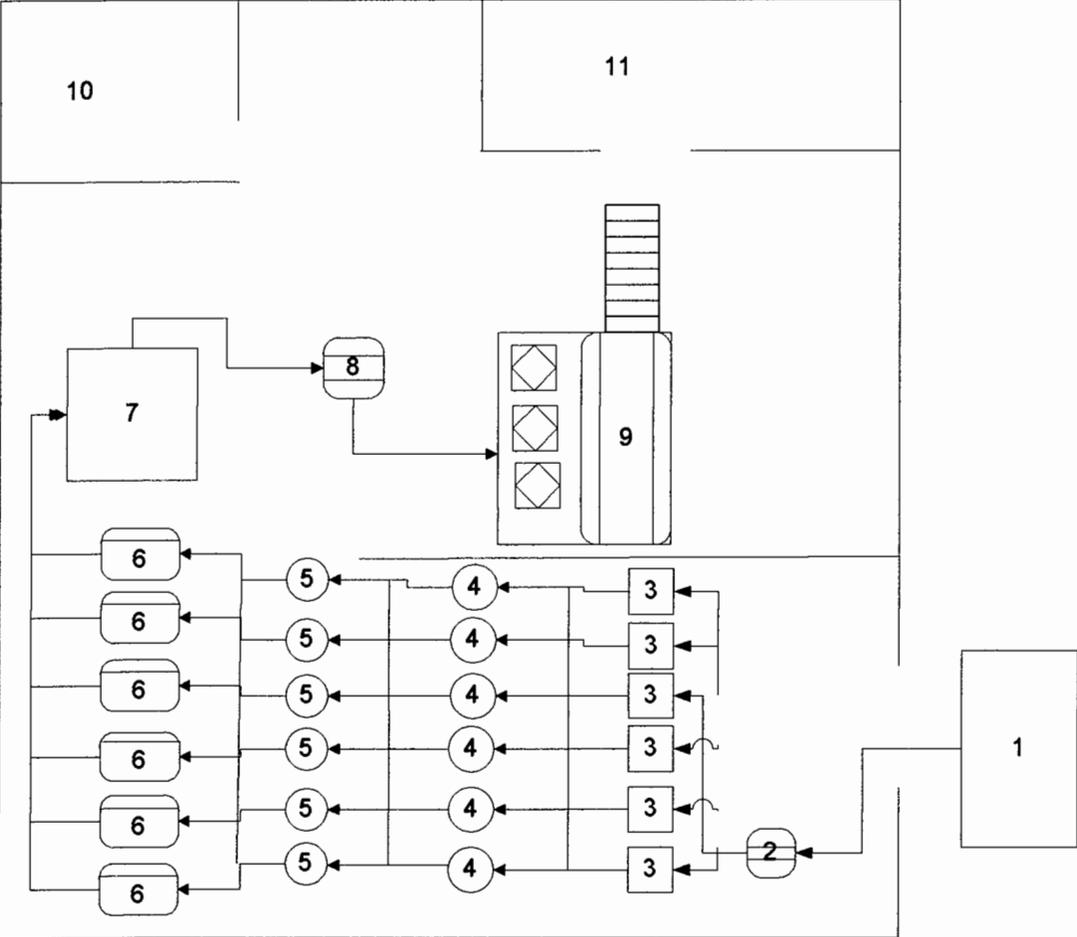
W_S = Flujo de salida de energía

- Balance general de energía para la desinfección ultravioleta:

$$W_E = W_S$$

El balance de energía varía dependiendo de las horas de trabajo del equipo a utilizar.

Figura 11. Diagrama de distribución de la planta para el proceso propuesto de purificación y envasado de agua



Fuente: elaboración propia

Tabla X. Descripción del diagrama de distribución de la planta propuesta

No	Descripción
1	Tanque de almacenamiento de agua proveniente de la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy"
2	Bomba centrífuga
3	Filtro de carbón activado
4	Filtro de 5 micras
5	Filtro de 1 micra
6	Desinfección ultravioleta
7	Tanque de contacto
8	Bomba centrífuga
9	Equipo de llenado y envasado de agua
10	Bodega de materiales
11	Bodega de producto envasado

Fuente: elaboración propia

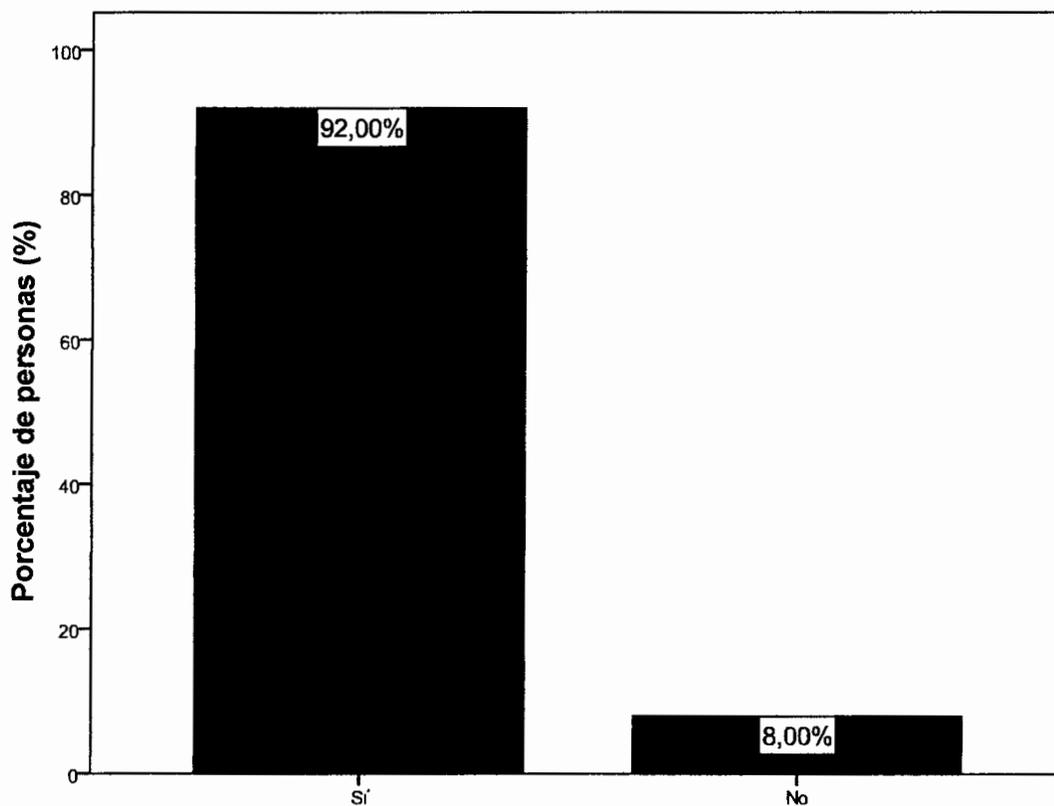
4.3. Resultados obtenidos por medio de la encuesta

Tabla XI. Pregunta No.1, ¿consume agua envasada actualmente?

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Sí	92	92.0	92.0	92.0
No	8	8.0	8.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

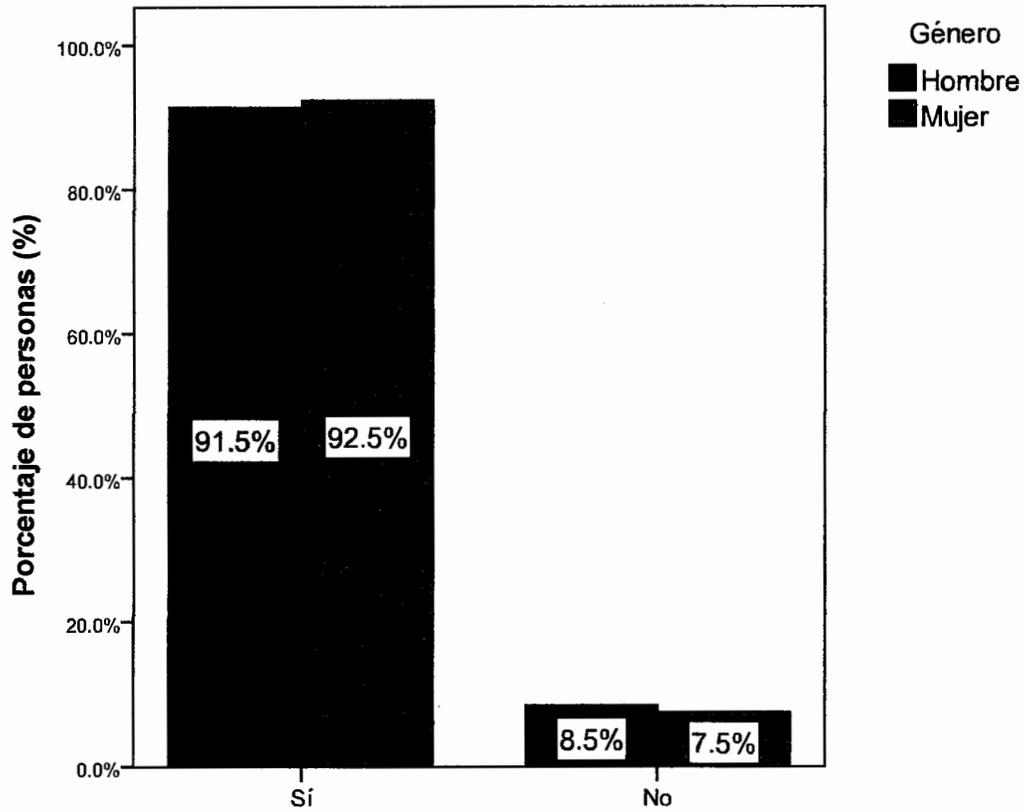
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 12. Pregunta No.1, ¿consume agua envasada actualmente?



Fuente: resultados tabla XI.

**Figura 13. Pregunta No.1, ¿consume agua envasada actualmente?
(por género)**



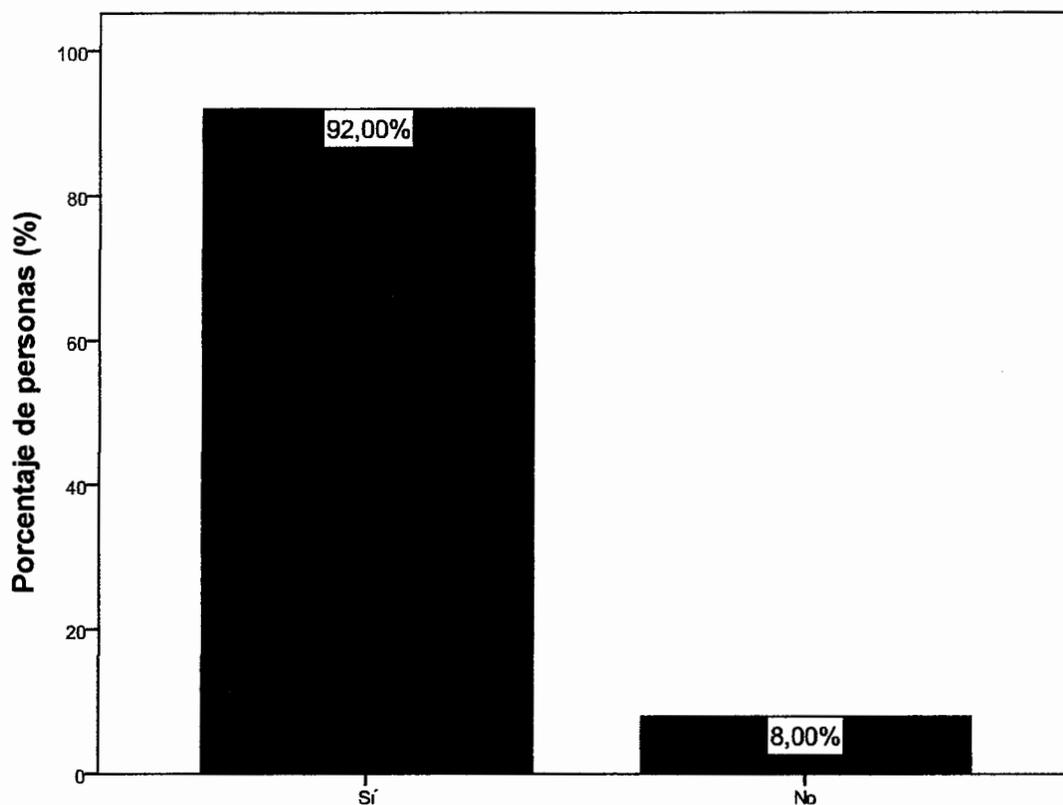
Fuente: resultados de encuestas

Tabla XII. Pregunta No.2, en su familia ¿consumen agua envasada?

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje valido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Sí	90	90.0	90.0	90.0
No	10	10.0	10.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 14. **Pregunta No.2, en su familia ¿consumen agua envasada?**



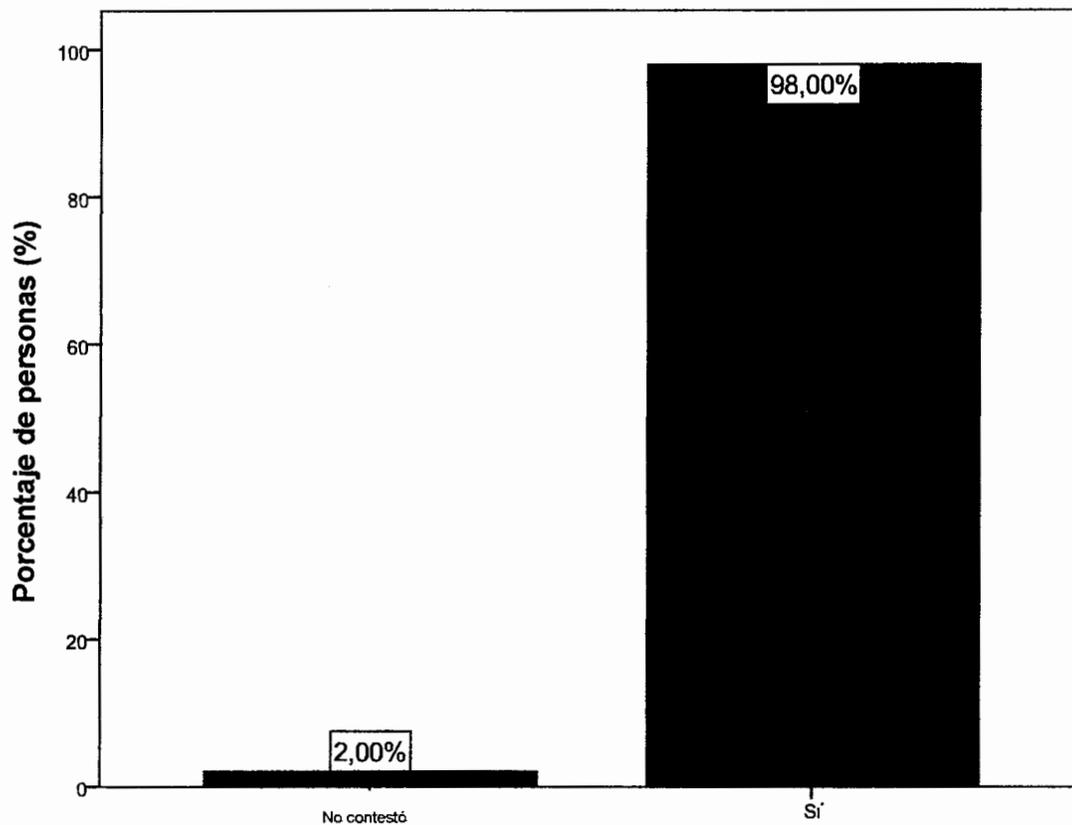
Fuente: resultados de tabla XII.

Tabla XIII. **Pregunta No.3, en caso de emergencia, ¿usted confía en beber agua envasada?**

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje valido (%)	Porcentaje acumulado (%)
No contestó	2	2.0	2.0	2.0
Sí	98	98.0	98.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

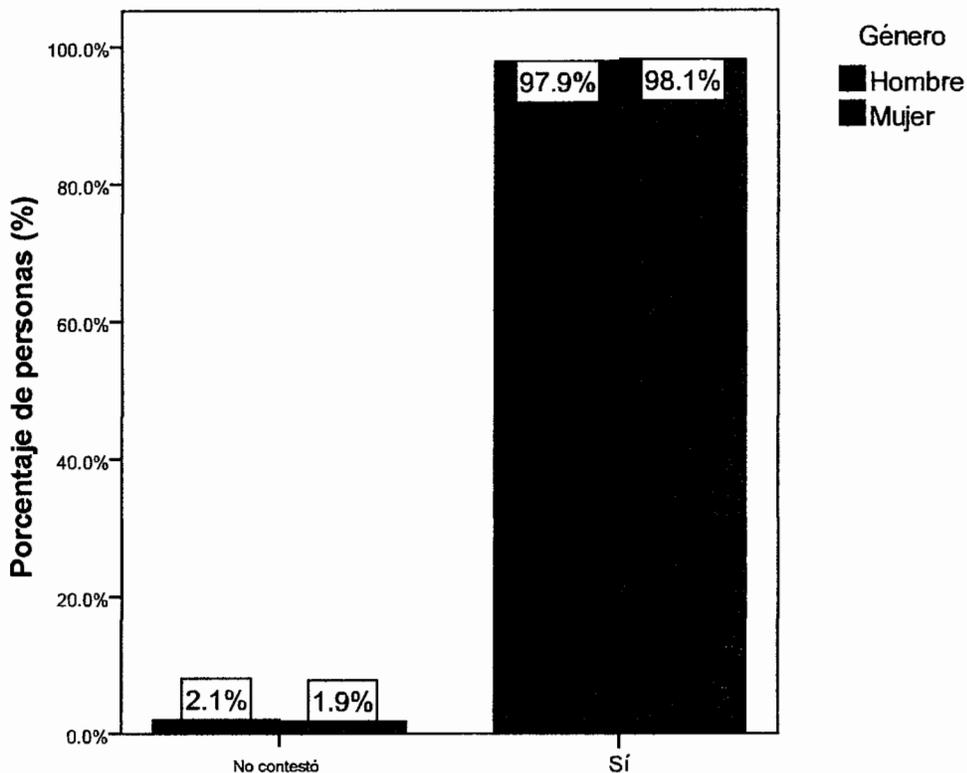
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 15. **Pregunta No.3, en caso de emergencia, ¿usted confía en beber agua envasada?**



Fuente: resultados de tabla XIII.

Figura 16. Pregunta No.3, en caso de emergencia, ¿usted confía en beber agua envasada? (por género)



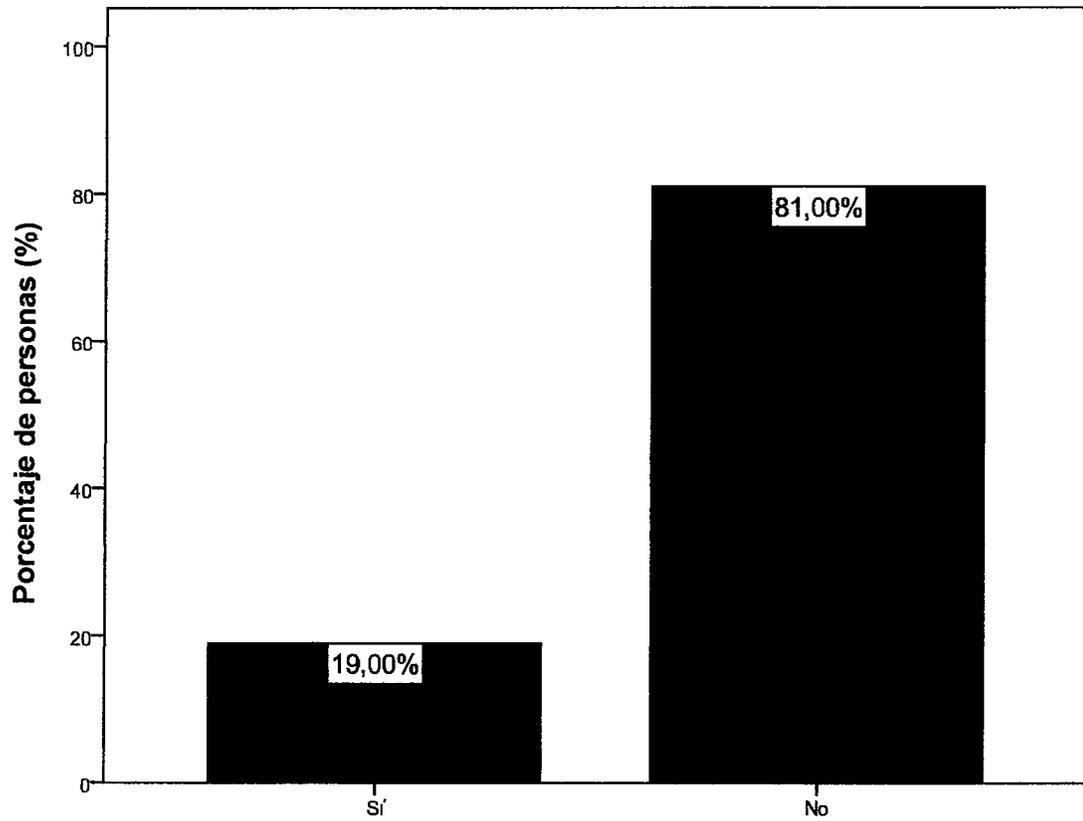
Fuente: resultados de encuestas

Tabla XIV. Pregunta No.4, confía en cualquier tipo de envase

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Sí	19	19.0	19.0	19.0
No	81	81.0	81.0	100.0
Tota	100	100.0	100.0	

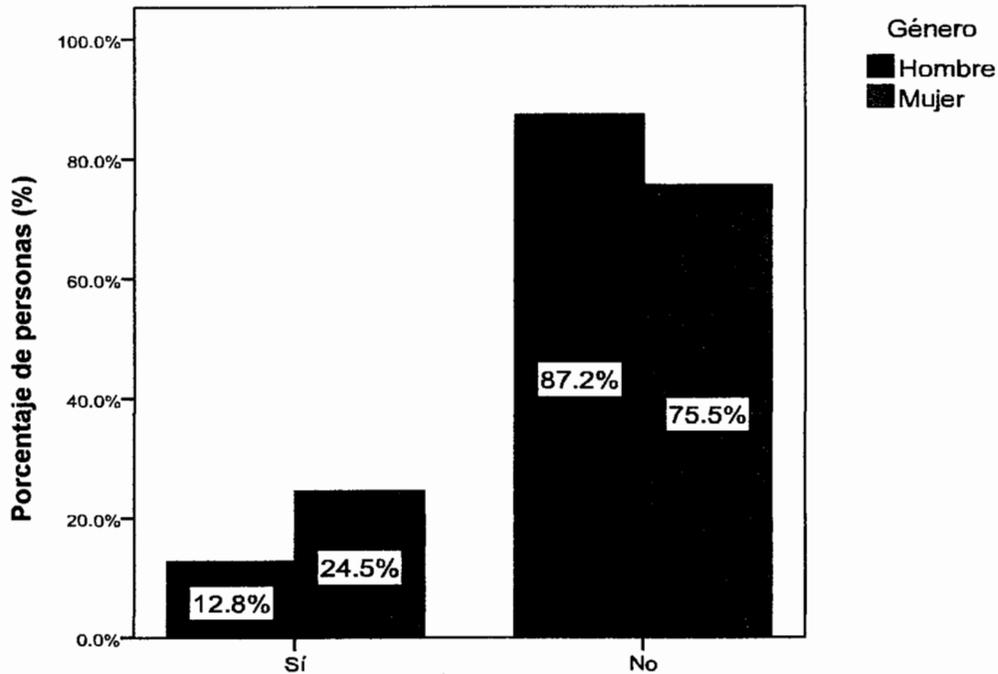
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 17. **Pregunta No.4, ¿confía en cualquier tipo de envase?**



Fuente: resultados de tabla XIV.

**Figura 18. Pregunta No.4, ¿confía en cualquier tipo de envase?
(por género)**



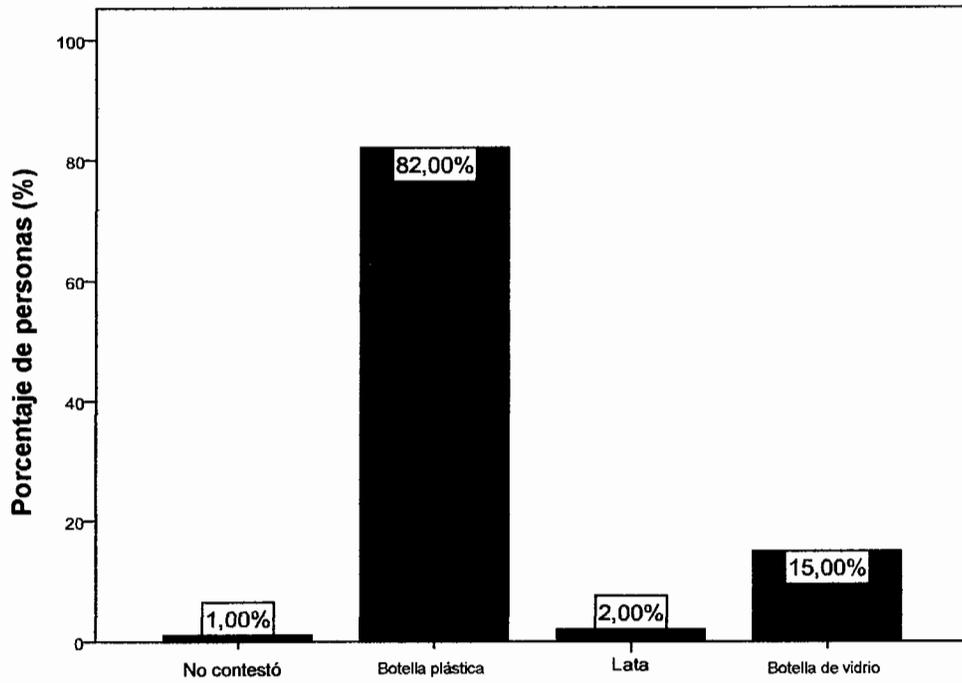
Fuente: resultados de encuestas

**Tabla XV. Pregunta No.5, ¿qué tipo de envase es la más adecuada para
agua envasada?**

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
No contestó	1	1.0	1.0	1.0
Botella plástica	82	82.0	82.0	83.0
Lata	2	2.0	2.0	85.0
Botella de vidrio	15	15.0	15.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

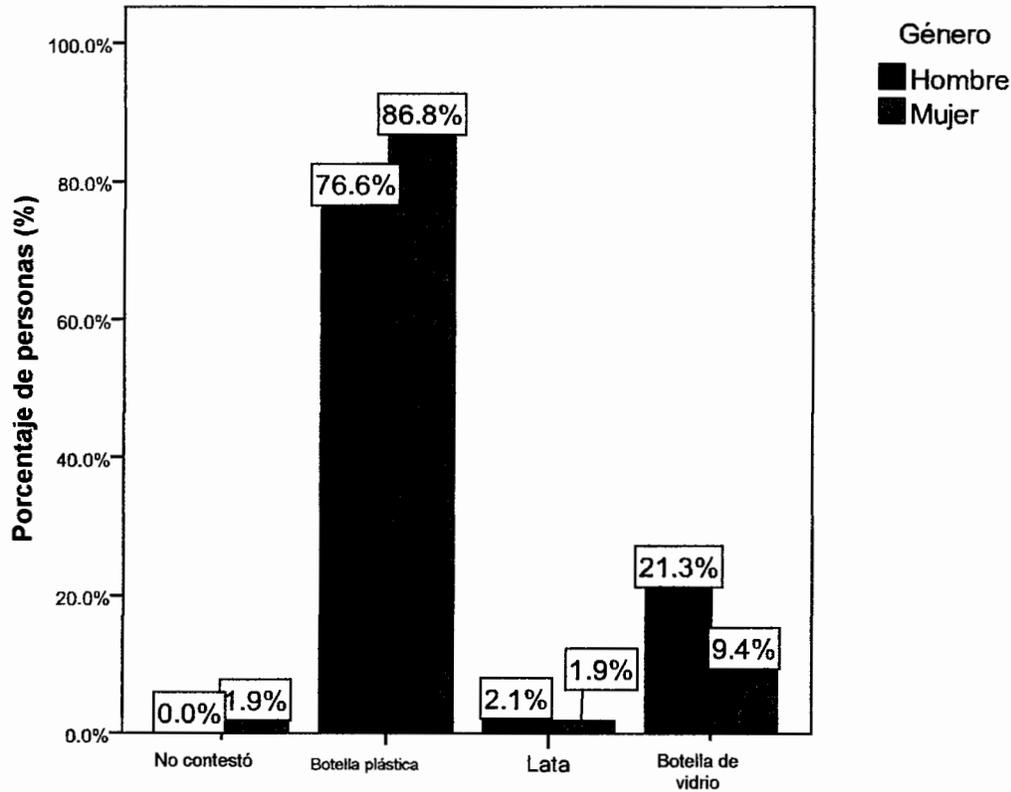
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 19. **Pregunta No.5, ¿qué tipo de envase es la más adecuada para agua envasada?**



Fuente: resultados de tabla XV.

Figura 20. **Pregunta No.5, ¿qué tipo de envase es la más adecuada para agua envasada? (por género)**



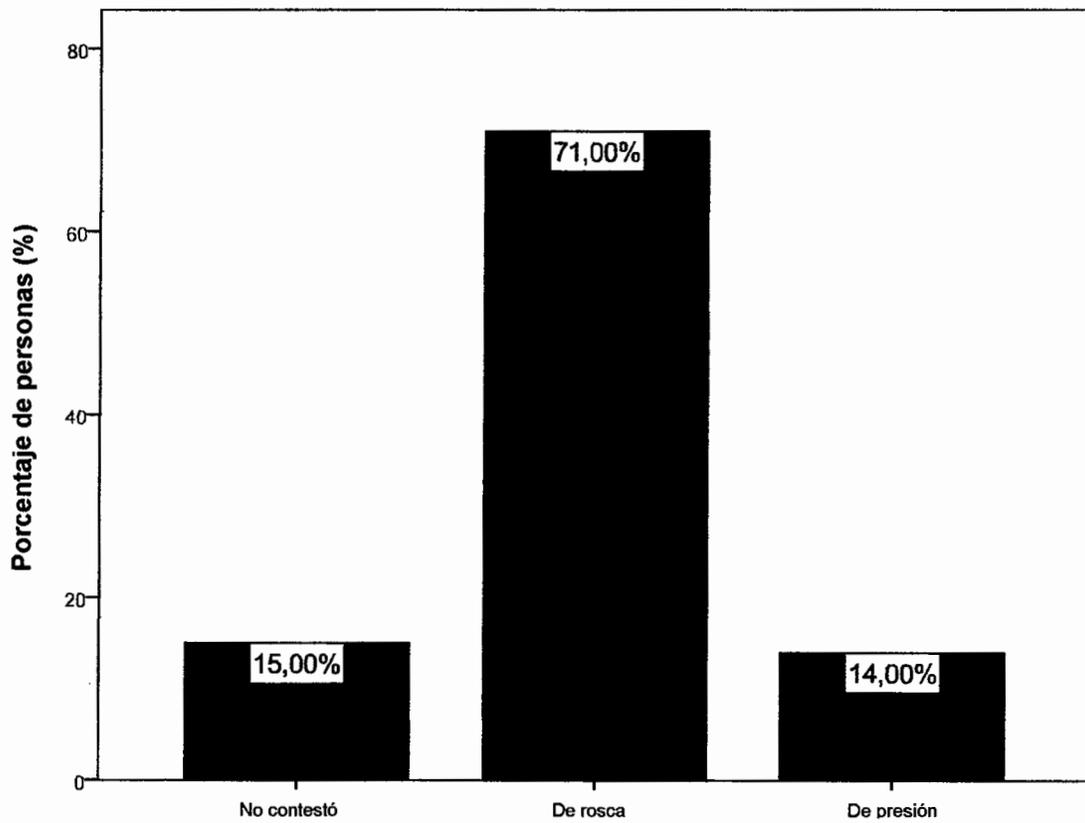
Fuente: resultados de encuestas

Tabla XVI. **Pregunta No.6, ¿qué tipo de tapadera consideraría la más adecuada?**

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
No contestó	15	15.0	15.0	15.0
De rosca	71	71.0	71.0	86.0
De presión	14	14.0	14.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

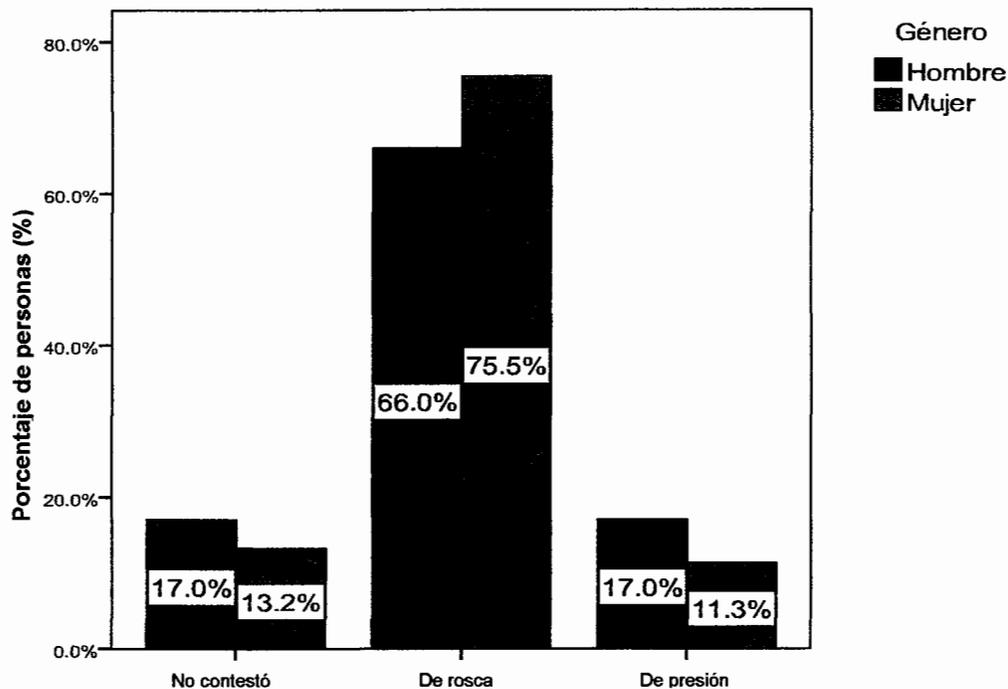
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 21. **Pregunta No.6, ¿qué tipo de tapadera consideraría la más adecuada?**



Fuente: resultados de tabla XVI.

Figura 22. **Pregunta No.6, ¿qué tipo de tapadera consideraría la más adecuada? (por género)**



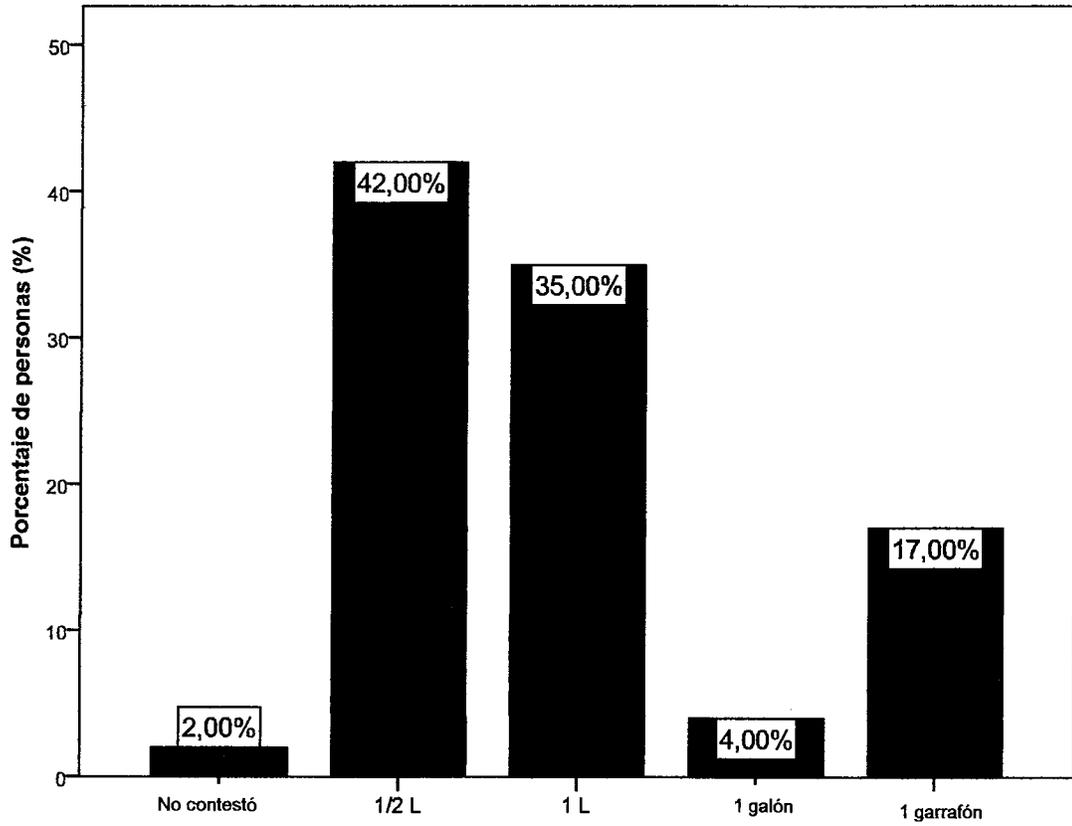
Fuente: resultados de encuestas

Tabla XVII. **Pregunta No.7, ¿qué medida de agua pura envasada considera la más adecuada?**

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
No contestó	2	2.0	2.0	2.0
1/2 L	42	42.0	42.0	44.0
1 L	35	35.0	35.0	79.0
1 galón	4	4.0	4.0	83.0
1 garraron	17	17.0	17.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

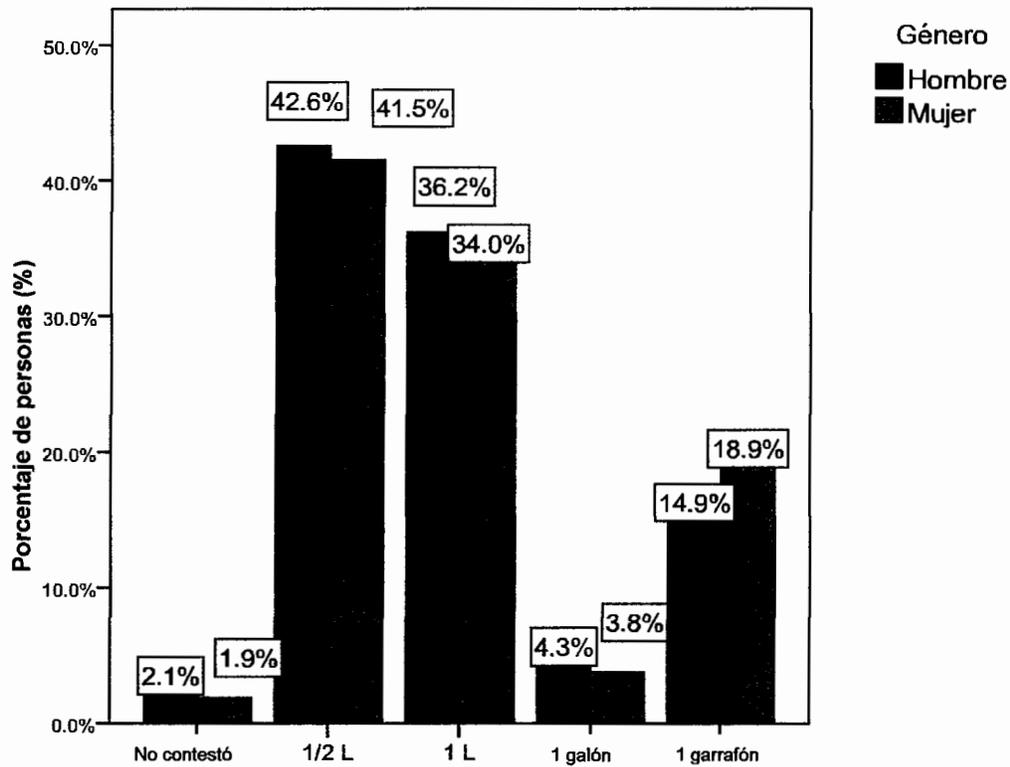
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 23. **Pregunta No.7, ¿qué medida de agua pura envasada considera la más adecuada?**



Fuente: resultados de tabla XVII.

Figura 24. **Pregunta No.7, ¿qué medida de agua pura envasada considera la más adecuada por género?**



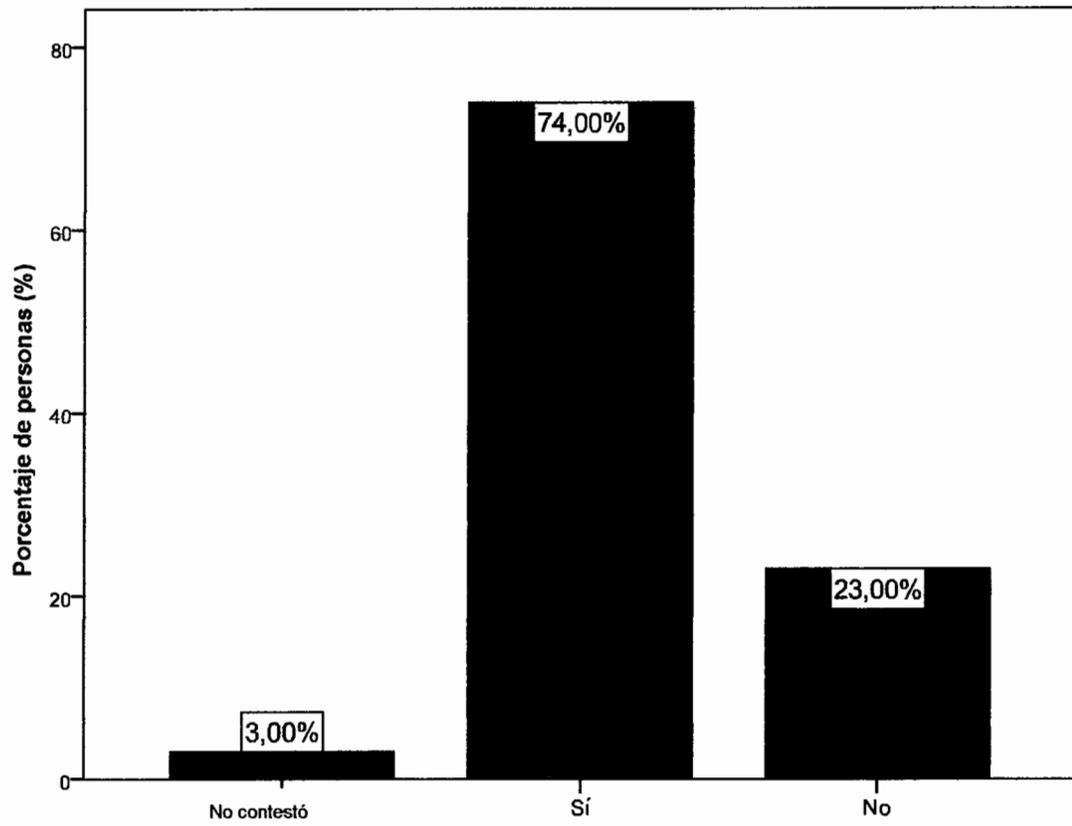
Fuente: resultados de encuestas

Tabla XVIII. **Pregunta No.8, ¿influye el color del envase del agua embotellada?**

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
No contestó	3	3.0	3.0	3.0
Si	74	74.0	74.0	77.0
No	23	23.0	23.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

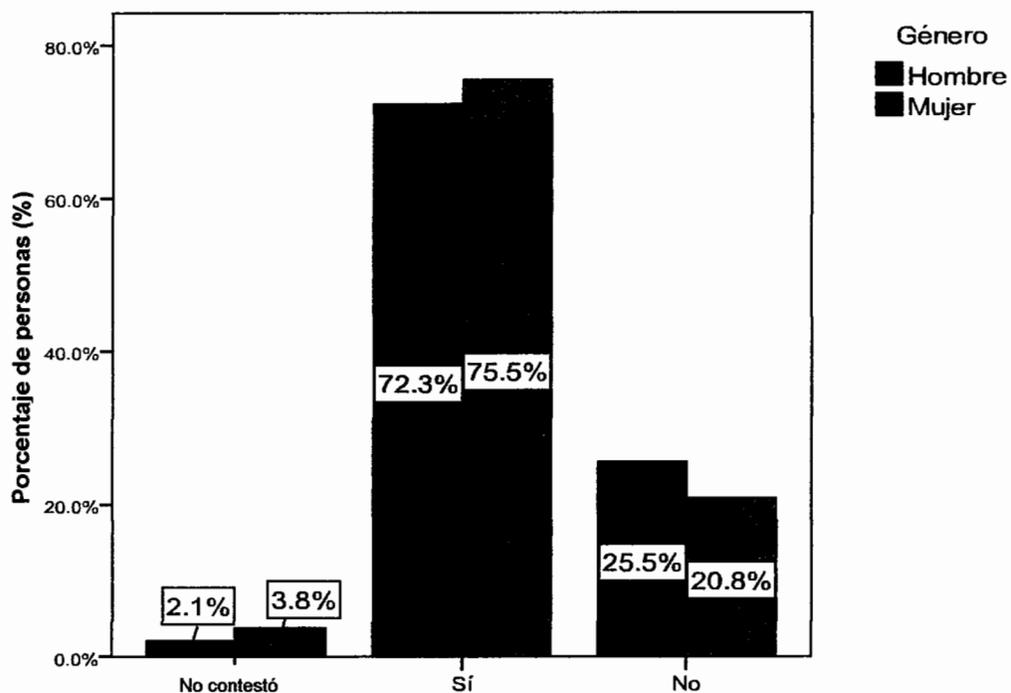
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 25. **Pregunta No.8, ¿influye el color del envase del agua embotellada?**



Fuente: resultados de la tabla XVIII.

Figura 26. **Pregunta No.8, ¿influye el color del envase del agua embotellada? (por género)**



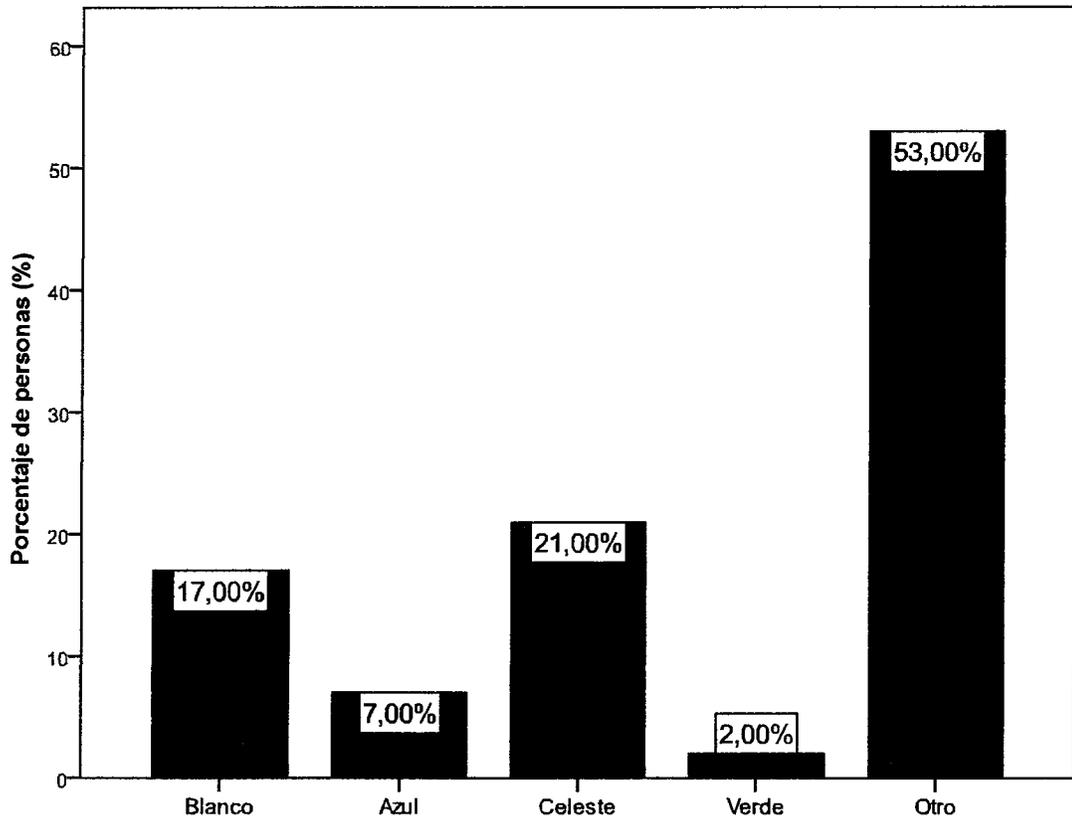
Fuente: resultados de encuestas

Tabla XIX. **Pregunta No.9, ¿qué color de envase le gusta o prefiere?**

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje valido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Blanco	17	17.0	17.0	17.0
Azul	7	7.0	7.0	24.0
Celeste	21	21.0	21.0	45.0
Verde	2	2.0	2.0	47.0
Otro	53	53.0	53.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

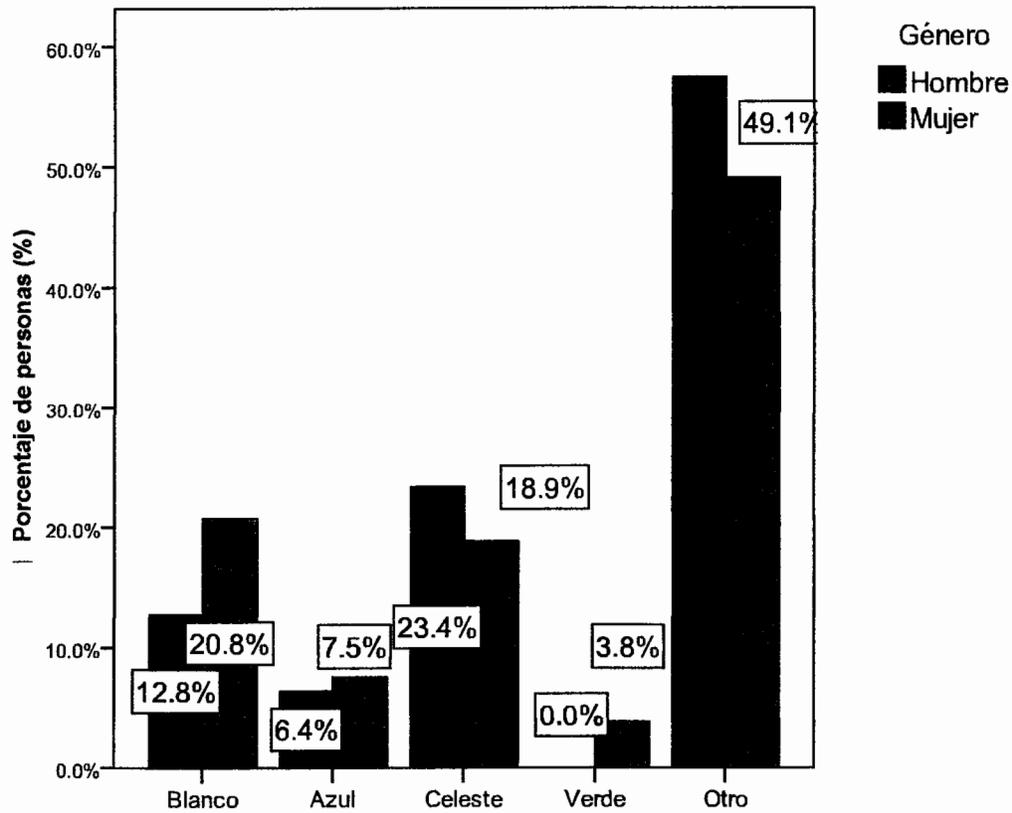
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 27. **Pregunta No.9, ¿qué color de envase le gusta o prefiere?**



Fuente: resultados de la tabla XIX

Figura 28. **Pregunta No.9, ¿qué color de envase le gusta o prefiere? (por género)**



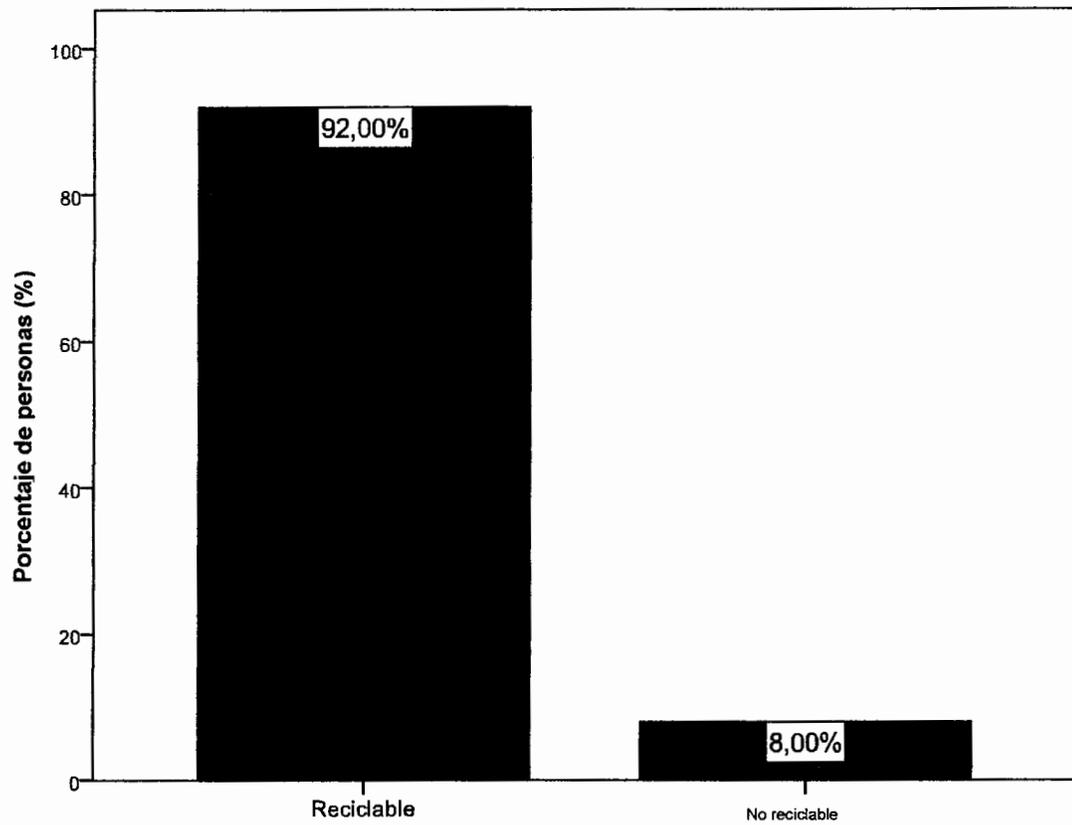
Fuente: resultados de encuestas

Tabla XX. **Pregunta No.10, ¿prefiere envase reciclable o no reciclable?**

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Reciclable	92	92.0	92.0	92.0
No reciclable	8	8.0	8.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

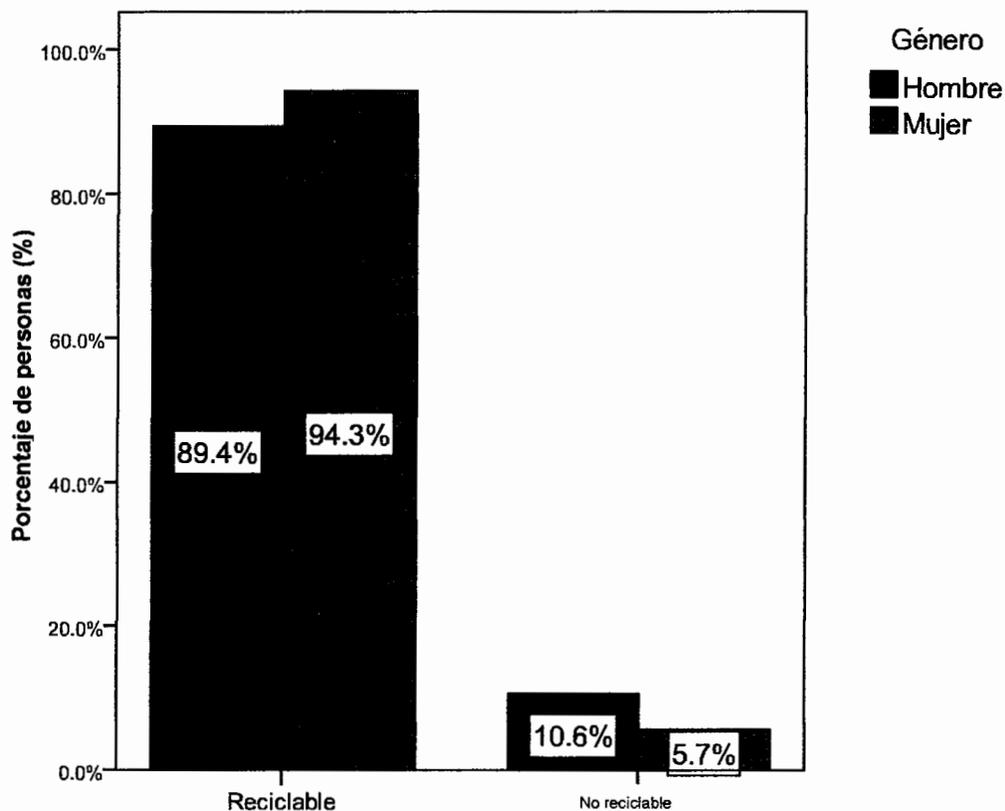
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 29. **Pregunta No.10, ¿prefiere envase reciclable o no reciclable?**



Fuente: resultados de tabla XX

Figura 30. **Pregunta No.10, ¿prefiere envase reciclable o no reciclable? (por género)**



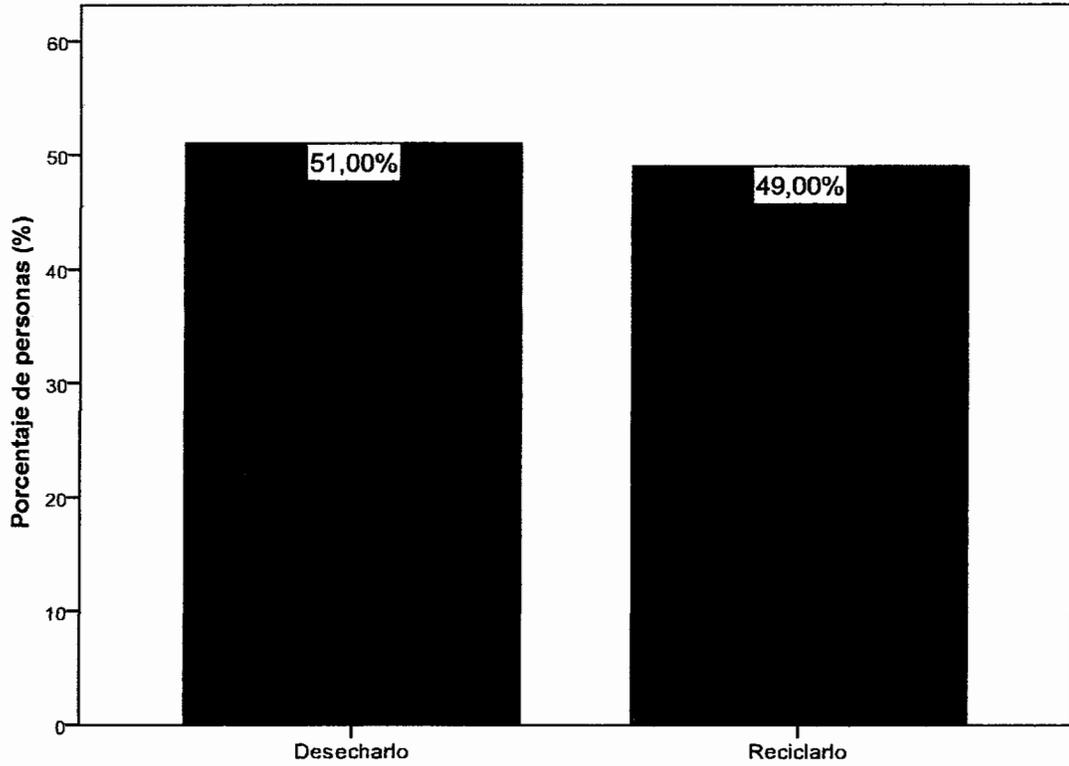
Fuente: resultados de encuestas

Tabla XXI. **Pregunta No.11, ¿qué hacer con el envase al terminar de usarlo?**

	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Desecharlo	51	51.0	51.0	51.0
Reciclarlo	49	49.0	49.0	100.0
Total	100	100.0	100.0	

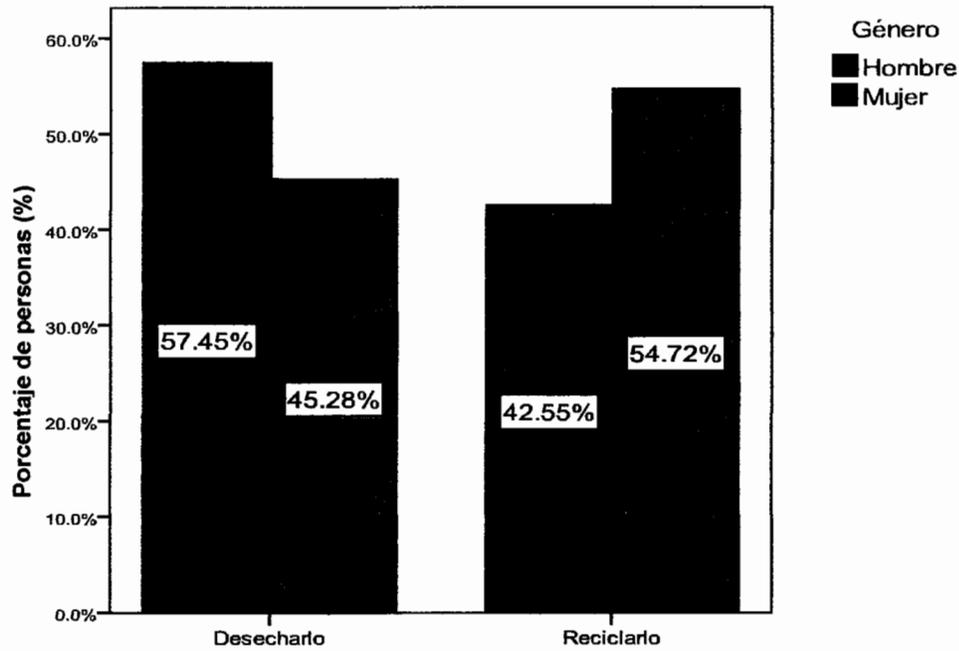
Fuente: valores obtenidos a partir de las encuestas

Figura 31. **Pregunta No.11, ¿qué hacer con el envase al terminar de usarlo?**



Fuente: resultados de la tabla XXI.

Figura 32. **Pregunta No.11, ¿qué hacer con el envase al terminar de usarlo? (por género)**



Fuente: resultados de encuestas

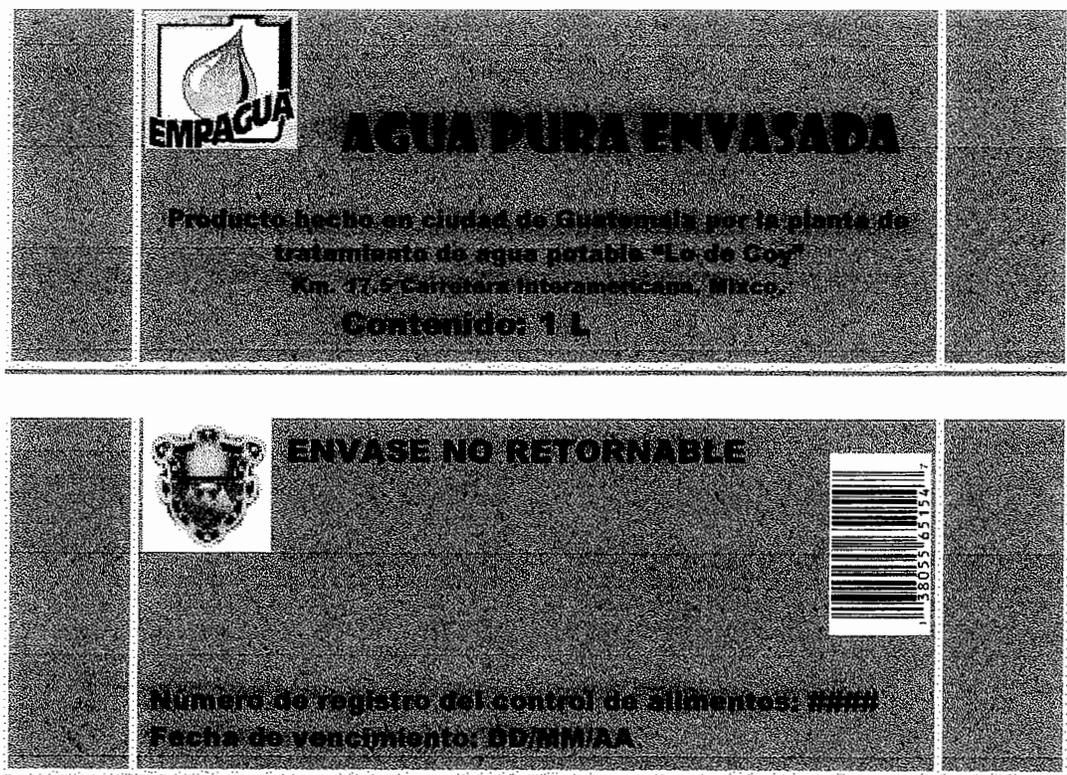
4.4. Producto, envase a presentar

Figura 33. **Producto propuesto a presentar**



Fuente: resultados de encuestas

Figura 34. Etiqueta propuesta a utilizar parte de adelante y atrás



Fuente: elaboración propia

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Discusión de los análisis de agua, de los datos que se obtuvieron en la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

Por medio de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se realizan en el laboratorio de calidad de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy” diariamente y en el Laboratorio de Química y Microbiología de la USAC, los datos que se obtuvieron en el año 2009 en ambos laboratorios, tanto para la época seca como para la de invierno fueron comparados con la Norma COGUANOR NGO 29005 (agua pura envasada), para observar las tendencias de los parámetros con el fin de encontrar soluciones para poder proporcionar agua envasada, los cuales se encuentran en la Tabla II de la sección de resultados, como para el caso de:

- Turbiedad: para este parámetro en lo que corresponde a ambas épocas, los datos cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29005 por lo cual no se sugiere un proceso alterno.
- Olor, color y apariencia: para estos parámetros que corresponden para época seca y de invierno, los datos cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29005 por lo cual no se sugiere un proceso alterno.

- Cloro residual: para este parámetro tanto para verano como para invierno se registra un valor medio de 1 mg/L, por lo cual no cumple con la Norma COGUANOR 29005, se sugiere la utilización de un proceso de de-cloración a partir de un lecho filtrante de carbón activado, para la remoción del cloro residual del agua, que también removerá color y olor si así fuere.
- Contenido de ozono: este parámetro se aplica en el caso de la utilización del proceso de ozonificación en el proceso para envasar el agua, pero en este caso no será necesaria su utilización, dado que no se utilizará este proceso en este diseño, por lo cual los datos cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29005 dado a que no se tiene registro.
- Potencial de hidrógeno: el potencial de hidrógeno que se registró para época seca e invierno, registra valores medios que cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29005, por lo cual no es necesaria la aplicación de un proceso para este parámetro.
- Nitratos y nitritos: los valores medios obtenidos con respecto a la época seca y de invierno de estos parámetros cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29005, por lo cual no es necesaria la aplicación de un proceso en estos parámetros.
- Total de sólidos disueltos (TDS): los valores encontrados con respecto a la época seca y de invierno son un poco altos de acuerdo a lo que solicita la Norma COGUANOR NGO 29005, por lo cual no cumple con dicha norma, y se sugiere como un proceso alternativo la utilización de una filtración de pulido, con el fin de retener la mayor cantidad posible de sólidos disueltos a partir de 2 filtros de tamaños de 5 micras y de 1 micra respectivamente.

- Coliformes fecales y coliformes totales: para estos parámetros los valores con respecto a la época seca y de invierno tomadas en la planta, fueron valores negativos por lo cual cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29005, pero para garantizar la calidad en el agua a envasar se hará uso de la desinfección con luz ultravioleta.

5.2. Diagramas del proceso de purificación y envasado

En la sección de resultados se muestran 3 diagramas los cuales corresponden a las figuras 3, 4 y 11 respectivamente, en la figura 3 se muestra un diagrama de flujo para el proceso de purificación y envasado del agua pura, donde se da una descripción detallada del proceso, mostrando tiempos aproximados de tardanza en cada fase del proceso, en los cuales resaltan tres puntos de control con los cuales se mantendrá la calidad del agua según las Normas COGUANOR NGO 29005, en el caso de este proceso productivo se tiene como cuello de botella, o como una fase de la cadena de producción más lenta que otras, en este caso serán las fases del filtro de carbón activado y el filtro de pulido, debido a que en estas fases se necesita mayor tiempo de remanencia del agua. En la figura 4 se muestra el diagrama *PERT* con el fin de encontrar la ruta crítica para el proceso, la cual no existe debido a que el proceso propuesto utiliza tiempos óptimos.

En la figura 5 se muestran los procesos ya explicados en la sección anterior, mostrando el orden en el que irá pasando el agua desde su recolección hasta su envasado y su paso a la bodega para su distribución inmediata.

De la figura 6 a la 10, se muestran los balances de masa para las fases propuestas en el proceso, en la figura 5 se muestra el balance de masa general de todo el proceso, señalando el flujo de entrada y salida, las respectivas variables que ingresan en este flujo y los valores de las variables a la salida, cumpliendo con la Norma COGUANOR NGO 29005 también se muestra otra salida en la cual se desechan los sólidos en los filtros por medio del retro lavado que debe tener el equipo propuesto.

Mientras en las figuras 7, 8 y 9 se presentan los balances de masa para cada fase en específico, primero un balance de masa para el lecho filtrante de carbón activado, luego para el filtro de pulido, mostrando las salidas para los sólidos que retengan los filtros para el filtro de carbono por medio del retro lavado y en los filtros de pulido por medio del lavado de los cartuchos filtrantes y por último de la desinfección por medio de luz ultravioleta, siempre mostrando las variables a la entrada y la salida de cada fase del proceso.

En la figura 10 se encuentra el balance de energía donde se ven la energía que ingresa al agua por medio de longitudes de onda por medio de la intensidad de la luz de las lámparas de U.V., las cuales atraviesan el agua y destruyen el ADN de los microorganismos, con el fin de proporcionar desinfección e inocuidad en esta última fase del proceso sin que exista alguna reacción química que afecte la calidad del agua.

En la Figura 11 se plantea el diagrama propuesto para la ubicación del equipo a utilizar para la nueva planta de purificación y envasado.

5.3. Equipo de purificación a utilizar en el proceso propuesto

El equipo a utilizar en el proceso propuesto irá aplicado al 1% del flujo total que ingresa a la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”, con un flujo promedio de:

Tabla XXII. **Flujos promedio a utilizar en el proceso de envasado**

	L/s	L/min	GPM
1% del flujo de entrada	9.60 – 12.48	576 – 748.8	152.16 – 197.60

Fuente: elaboración propia y datos de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

5.3.1. Equipo mínimo necesario para el proceso propuesto

Fases:

- **De-cloración por medio de filtros por carbón activado**

Se propone la utilización de 6 filtros de carbón activado con retro-lavado conectado en serie, se pueden utilizar 4 filtros conectados en serie y dejar 2 para poder sustituir 1 o 2 filtros para su limpieza con el fin de no interrumpir el flujo del proceso, debido a que con 4 filtros se cumple al nivel máximo del flujo de agua para este proceso, para con las características principales mostradas a continuación, con el fin de remover residuos de cloro, olor y color en el agua si fuera necesario.

Tabla XXIII. Características del filtro de carbón activado propuesto para el proceso

Pie cúbico de carbon	30
Tamaño de tubería	3"
Libras de grava	700
Tamaño tanque mineral (pulgadas)	42x72
Flujo servicio GPM	48
Flujo pico GPM	100
Flujo retro-lavado GPM	100
Espacio requerido (Ax Dx A) (pulgadas)	46x54x95

Fuente: *Excel Water Technologies, Inc.* (Bibliografía No.12, página No.106)

- Filtración de pulido: se propone la utilización de filtros de pulidos (sedimentos) de 6 unidades filtrantes de mono cartuchos fabricados en acero inoxidable, con capacidad de 50 GPM con filtros de material de propileno de 5 y 1 micras de cartuchos lavables y reutilizables, colocados en serie, como las unidades filtrantes de carbón activado se propone la utilización de 4 unidades filtrantes y la utilización de 2 unidades filtrantes para poder sustituir 1 o 2 unidades filtrantes para su limpieza, debido a que con 4 unidades filtrantes se cubre la capacidad máxima del flujo que va en el proceso.

- Desinfección por luz ultravioleta: la radiación ultravioleta es un desinfectante natural muy eficiente, que elimina casi todos los microorganismos conocidos, incluyendo las bacterias, virus, hongos y sus esporas, destruyendo de manera permanente su ADN. Su mayor potencia reside en el espectro electromagnético entre 210 nm y 310 nm aproximadamente. Estas longitudes de onda son las denominadas 'bactericidas'. En este proceso propuesto se propone utilizar 6 equipos de Desinfección U.V. con el mismo fin que las unidades filtrantes con una

capacidad de 50 GPM para cada uno, conectados en serie, donde se utilizarán 4 equipos de desinfección y los otros 2 se utilizarán para su sustituir 1 o 2 equipos de desinfección para su limpieza.

El equipo U.V. debe contar con:

- Cámara de irradiación
 - Tubo de cuarzo
 - Lámpara germicida
 - Cuadro eléctrico constituido por:
 - Interruptor/ piloto de funcionamiento
 - Indicador visual de avería de cada lámpara
 - Medidor de horas de uso.
- Equipo de llenado y envasado: debido a que se estarán utilizando envases de botella plástica de una capacidad de 1 litro, se deberá mantener la capacidad del equipo de llenado en el tamaño del flujo entrante en este proceso de 576 – 748.8 litros por minuto, con el fin de no tener rebalses en el equipo o que el equipo que se instale no cumpla con la capacidad del proceso que se está manejando, lo recomendado es que se utilice un equipo de llenado, envasado y etiquetado automático con el fin de no evitar cualquier tipo de contaminación humana externa que pueda contaminar el producto.

5.4. Otro punto de abastecimiento al propuesto

Redireccionando el punto de abastecimiento del agua a utilizar para el envasado, del punto del tanque de distribución de agua potable hacia el punto de salida de filtros antes de la post cloración [Anexo No.9, pág.121], se pretende mantener un control más estricto a nivel microbiológico a la salida de filtros, toda vez que el análisis fuera negativo respecto a coliformes fecales y coliformes totales, se podrá tomar desde este punto el agua para envasar, esto para poder lograr un ahorro económico en la utilización de cloro. Al tomar el agua para envasado desde este punto puede continuar el proceso antes mencionado, para ser envasada y con el proceso propuesto se mantendría la calidad en el agua a envasar.

5.5. Resultados a partir de las encuestas

5.5.1. Resultados de las preguntas de la encuesta

Pregunta No.1, ¿consume agua envasada actualmente?, en la figura 12 se observa la tendencia que en la actualidad la mayoría de personas están acostumbradas a tomar agua pura envasada, notándose que en la figura 13 el consumo entre hombre y mujeres representa el 92%.

Pregunta No.2, ¿en su familia consume agua envasada?, también se observa el uso muy común de las personas hacia este producto, con una tendencia similar al de la figura 14 se observa el alto consumo de las persona con un 90% de la totalidad de la encuesta; donde el otro 10% no lo utilizan debido a que cuentan con filtros purificadores para sus casas.

Pregunta No.3, en caso de emergencia, ¿usted confía en beber agua pura envasada?, se pudo observar por medio de la figura 15 que para la mayoría de las personas es necesario este tipo de producto en caso de emergencia, en la figura 16 es alto el porcentaje de mujeres y de hombres.

Pregunta No.4, ¿confía usted en cualquier tipo de envase?, por medio de la figura 17 se observa que la mayoría de personas desconfía del tipo de envase, con la figura 18 se determina una mayor desconfianza de parte de personas de género masculino que del género femenino; la desconfianza de los encuestados hacia este producto es por el tipo de material utilizado para el envase y que algunos de éstos no poseen un sello de seguridad.

Pregunta No.5, ¿qué tipo de envase es el más adecuado para agua envasada?, por medio de la figura 19 se observa mayor tendencia para la botella plástica con un 82%, en la figura 20 se puede observar una mayor tendencia del género femenino por la botella plástica con un 86% de la totalidad de mujeres encuestadas.

Pregunta No.6, si su respuesta es botella plástica ¿qué tipo de tapadera consideraría más adecuado?, a partir de la figura 21 se obtuvo que el 71% de personas encuestadas optó por la tapadera de rosca, en la figura 22 se dio una mayor tendencia de mujeres por esta opción, teniendo en común la reutilización del envase al utilizarse este tipo de tapadera.

Pregunta No.7, ¿qué medida de agua pura envasada considera la más adecuada?, a partir de la figura 23 se observa que las personas encuestadas tienen preferencia en su mayoría hacia el envase de ½ litro con un 42% de la totalidad de los encuestados, con un 35% para un contenido de 1 litro; por medio de la figura 24 se obtuvo que tanto el género masculino como el femenino prefieren el envase de ½ Litro debido a que es económico, de fácil manejo y tamaño para transportarlo.

Pregunta No.8, ¿influye el color de envase del agua embotellada?, se obtuvo a partir de la figura 25 que un 74% de los encuestados si son influenciados por el color del envase tomando en cuenta por medio de la figura 26 que el 75% del género femenino de los encuestados se ven influenciadas por este atributo con base en las respuestas de apariencia en el consumidor, se infiere que colores los claros otorgan confianza en la pureza del producto.

Pregunta No.9, ¿qué color de envase le gusta o prefiere?, de las opciones proporcionadas en la encuesta, se obtuvo como se muestra en la figura 27 una tendencia hacia la opción “otro” con un 53% de la totalidad de las encuestas, predominando que el envase debe ser transparente; respecto a géneros, el género masculino tiene mayor preferencia hacia el envase transparente que el género femenino con un 57.4% como se observa en la figura 28. Para esta pregunta pudo haber existido un sesgo referente a un 17% en las personas que tomaron la opción de blanco en las respuestas para esta pregunta, ya que pudieron haber malentendido la respuesta y tomarlo como transparente, pero como es un porcentaje mínimo no demuestra alguna diferencia relévale en el resultado.

Pregunta No.10, ¿prefiere envase reciclable o no reciclable?, se observa que en la actualidad se opta por un envase reciclable, siendo amigables con el ambiente con un 92% respecto al “no reciclable” de la totalidad de los encuestados, como se ve en la figura 29 observando una mayor tendencia del género femenino hacia un envase reciclable con un 94.3% respecto a la totalidad de las encuestas, según la figura 30.

Pregunta No.11, ¿qué hace con el envase al terminar de usarlo?, se observa a partir de la figura 31 que un 51% optó por desecharlo, con un 49% hacia el reciclar el envase, por medio de la figura 32 se observa que existe una mayor tendencia de las mujeres encuestadas hacia el reciclaje del envase, respecto al porcentaje que optó por reciclarlo pudo ser confundido por reusarlo.

5.5.2. Envase a utilizar

El envase a utilizar según este informe será el de 1 litro de capacidad, aunque la capacidad con mayor aceptación a partir de las encuestas fue de una botella de 500 ml, se optó por esta presentación dado a que se realiza un menor gasto económico en los productos a utilizar como las botellas plásticas, también se tomó como opción la botella plástica de 1 litro con tapadera de rosca, en virtud de que se realizará menor desecho y se afectará en menor proporción al medio ambiente.

5.5.2.1. Definición del producto

El producto terminado consiste en agua pura para consumo humano, envasada en recipientes con capacidad para un 1 litro de policarbonato. El diseño del producto terminado, envase, tapa y etiqueta, se muestra en la figura 33, de la sección de resultados.

5.5.2.2. Especificaciones envase y tapa

El tipo de envase que se utilizará es de policarbonato con una capacidad de 1 litro, el uso del producto será para beber. El consumidor serán los habitantes de la ciudad de Guatemala.

Tabla XXIV. Especificaciones del envase propuesto

Peso del envase	50 gramos
Altura del envase	22 cm.
Capacidad del envase	1000 mililitros (1 Litro)

Fuente: elaboración propia

Los tapones serán no reusables y hechos de material que cumpla con las regulaciones autorizadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Serán proporcionados por el proveedor en condiciones sanitarias, Se debe tomar precauciones especiales para proteger los paquetes abiertos del polvo, la suciedad, u otras formas de contaminación.

5.5.2.3. Etiqueta

La etiqueta, ver figura 34, se colocará serigrafiada en el envase, en dos posiciones rotadas 180°. La serigrafía de la etiqueta, contiene la marca del producto, el contenido, el origen, el fabricante, la dirección y el registro sanitario.

CONCLUSIONES

1. El agua proveniente de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy” necesita de un proceso que incluya de-cloración, filtración de pulido y desinfección por luz ultravioleta para cumplir con la Norma COGUANOR NGO 29005 y de esta manera poder ser envasada.
2. El agua proveniente de la salida de filtros en la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy” puede ser utilizada para recibir un proceso de purificación, si el análisis microbiológico que se realiza en este punto fuera negativo y se podría redireccionar el punto de toma de agua para envasado del tanque de distribución al punto de salida de filtros y de esta manera continuar el proceso de envasado para su consumo.
3. El estudio cualitativo realizado por medio de la encuesta muestra que el envase a utilizar para el envasado debe ser del tamaño de 1 litro en una botella plástica transparente, reciclable, con una tapadera de rosca.
4. El estudio cualitativo realizado por medio de encuesta presentó el resultado de que el consumidor prefiere comodidad en el envase, también que éste pueda ser reusable o que sea un envase reciclable, y que posean un alto nivel de calidad del proceso que les de confianza.

RECOMENDACIONES

1. Por ser un estudio de diseño preliminar, se deberá realizar un estudio a nivel de pre factibilidad y de factibilidad técnica, financiera y diseños finales.
2. Mantener siempre un nivel de control alto, como el realizado hasta el momento en la planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy", con el fin de mantener un nivel de calidad en el agua tanto de la planta como el que será usado para continuar el proceso para su envasado.
3. Este estudio, debe considerarse este como un proyecto de beneficio social para la población en caso de emergencia.
4. Previo a tomar una decisión en el proceso propuesto se deberá hacer una planta piloto a escala.
5. Paralelamente al estudio de un proceso de agua envasada, tomar en cuenta la distribución del servicio de agua para uso doméstico (lavado de platos, ropa, aseo personal, etc.).

BIBLIOGRAFÍA

1. A.P.H.A.-A.W.W.A.-WE.F. *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*. 19th. Edition. U.S.A.: American Public Health Association. 2005.
2. ARCHILA PAZ, Oto Francisco. "Estudio de pre factibilidad para el montaje de una planta de envasado de agua pura y su comercialización para consumo familiar en el municipio de Mazatenango, Guatemala". Tesis de graduación para maestría en formulación y evaluación de proyectos. Universidad de San Carlos, 2008.
3. BARRERA RODRÍGUEZ, RF. "Determinación y comparación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, para evaluar la calidad del agua de la planta potabilizadora de Jalapa para consumo humano y usos industriales". Guatemala. Tesis de graduación, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos. 1990.
4. COMISIÓN GUATEMALTECA DE NORMAS. Normas COGUANOR. Normas COGUANOR 29001(Agua Potable) 29005 (Envasado de Agua) y 34039 (Etiquetado).

5. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del Trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Segunda Edición, Editorial McGrawHill.
6. J. GEANKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias. Tercera edición*. México 1998. Compañía editorial continental, S.A.
7. KEHR, Roberto. *Agua, su Calidad y Tratamiento*. 5ª edición. México Editorial, Editorial Hispano-Americana, 1968.
8. PÚRSCHEL, Wolibang. *Calidad de las Aguas y su Tratamiento*. 3ª edición. España, URMO, 2000.
9. SPELLMAN, Frank; DRINAN, Joanne. *Manual del Agua Potable*. Traductora Dra. Ana Berga Celma. Zaragoza, España, ACRIBIA, 2000.
10. TORRES, Sergio, Ingeniero. *Ingeniería de Plantas*. Imprenta Universitaria, Tercera Edición.

Internet

11. "AQUA PURIFICATION. Tecnología para tratamiento del agua". Disponible en Internet: <<http://www.aquapurification.>> Consultado en 2010.

12. "Esterilizadores Ultravioleta para agua (lámparas Ultravioleta)"
Disponible en Internet: <<http://ciberteca.net/equipos-para-purificadoras-y-embotelladoras-de-agua-purificada-y-mineral/lampara-de-Luz-Ultravioleta/lampara-de-Luz-Ultravioleta.htm>>
Consultado en octubre 2010.
13. "Filtración de agua con carbón activo (Adsorción). URSO."
Disponible en Internet: <<http://www.supercable.es/~urso/filtroca.htm>>
Consultado en noviembre de 2010.
14. "Luz ultravioleta ofrece desinfección confiable".
Por Myron Lupal. Copyrigh ATL Tecnología, S.A. de C.V. 1998-2001
®. ACS Medio Ambiente es una marca registrada de ATL Tecnología, S.A. de C.V.
Disponible en Internet: <http://www.acsmedioambiente.com/LoNuevo/luz_ultravioleta.htm>
Consultado en octubre de 2010.
15. "Purificadores Ultravioleta Sterilight™".
Disponible en Internet:
<http://www.excelwater.com/spa/b2c/our_product_rcan.php>
Consultado en noviembre de 2010.
16. "Procesos de activación".
Grupo Clarimex.
Disponible en Internet: <<http://www.clarimex.com/procesos.htm>>
Consultado en octubre de 2010.

17. "SPSS para Windows. 2010. Versión 17".

Disponible en Internet: <<http://www.spss.com/>>

Chicago: SPSS Inc. [programa informático en CD-ROM].

Disponible en SPSS Inc. Página web de SPSS

APÉNDICE

**Tabla XXV. Datos de la planta de tratamiento de agua potable
“Lo de Coy” época seca**

Planta de lo de coy, tanque de distribución									
Época seca									
	Fecha	Hora	Temperatura (°c)	Turbiedad (NTU)	Olor	Color	pH	Cloro	Fluor
1	23/03/2009	07:45	19	0.65	(-)	3	6.7	1.1	0.3
2	30/03/2009	07:40	19	0.9	(-)	6	6.6	1.3	0.36
3	13/04/2009	07:40	19	0.5	(-)	2	6.7	1.2	0.1
4	20/04/2009	07:45	19	0.53	(-)	1	6.7	1.5	0.005
5	27/04/2009	07:40	19	0.81	(-)	5	6.5	0.7	0.23
26	02/11/2009	07:40	19	0.4	(-)	3	6.5	0.6	0.25
27	16/11/2009	07:45	19	1.04	(-)	3	6.7	1.1	0.44
28	23/11/2009	07:50	19	0.86	(-)	1	6.9	1.1	0.46
29	14/12/2009	09:50	20	0.5	(-)	2	7.1	1	0.27
30	28/12/2009	08:35	19	0.69	(-)	4	6.9	0.5	0.08
31	04/01/2010	08:35	17	0.66	(-)	3	7	1.5	0.25
32	11/01/2010	07:45	18	0.59	(-)	2	6.7	1.3	0.24
33	18/01/2010	07:50	19	0.78	(-)	3	6.7	1	0.12
			18.84615	0.685384		2.923076	6.746153	1.069230	0.238846

Fuente: planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

Tabla XXVI. Datos de la planta de tratamiento de agua potable
 “Lo de Coy” época húmeda

Planta de lo de coy, tanque de distribución										
Época húmeda										
	Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Turbiedad (NTU)	Olor	Color	pH	Cloro	Fluor	
6	04/05/2009	11:25	19	1.95	(-)	6	6.3	0.8	0.19	
7	11/05/2009	08:35	19	1.2	(-)	4	5.9	0.8	0.1	
8	01/06/2009	07:45	19	0.78	(-)	2	6.5	1	0.24	
9	08/06/2009	07:50	19	1.26	(-)	3	6.1	0.9	0.22	
10	15/06/2009	07:45	19	0.33	(-)	15	6.3	0.3	0.2	
11	22/06/2009	07:45	18	3.44	(-)	18	6.2	1.4	0.26	
12	29/06/2009	07:40	19	1.53	(-)	6	6.1	1.2	0.21	
13	13/07/2009	08:30	19.2	1.3	(-)	3	6.1	1.2	0.19	
14	20/07/2009	08:45	19	0.98	(-)	6	6.5	0.8	0.14	
15	27/07/2009	08:35	19	0.98	(-)	3	6.1	0.7	0.24	
16	03/08/2009	08:30	20	3.08	(-)	8.06	6.4	1.5	0.19	
17	10/08/2009	07:45	19	0.78	(-)	2	6.3	0.8	0.34	
18	17/08/2009	07:50	18	1.06	(-)	6	6.6	0.7	0.3	
19	24/08/2009	09:20	19	0.93	(-)	6	6.7	1	0.12	
20	31/08/2009	07:45	19	1.31	(-)	4	6.7	0.9	0.3	
21	07/09/2009	08:30	19	1.38	(-)	4	6.7	0.2	0.3	
22	14/09/2009	07:50	19	0.7	(-)	3	5.7	1	0.07	
23	22/09/2009	08:45	19	6.8	(-)	8	5.7	1	0.07	
24	28/09/2009	07:45	19	6.95	(-)	12	6.3	1	0.07	
25	19/10/2009	07:40	18	0.86	(-)	2	6.8	1.1	0.11	
			18.91	1.88		6.053	6.3	0.915	0.193	

Fuente: planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

**Tabla XXVII. Datos de la planta de tratamiento de agua potable
“Lo de Coy” análisis fisicoquímicos**

No. Muestra	23580	Fecha y Hora	11/03/2009
Temperatura	21°C		16:55
Analisis	mg/L	Analisis	mg/L
Color	2	Turbiedad	1.06
Fuoruros	0.18	Cloruros	16
Nitratos	12.32	Nitritos	0
Hierro	0.03	Dureza	70
Sulfatos	43	Manganeso	0.044
Aluminio		Detergentes	0.019
Sodio	20	Potasio	5.5
Calcio	16.03	Magnesio	7.28
Fenoles	0	Cianuro	0.004
B	0.01	Silice	28
Plomo	0	HS	0.002
Cromo hexavalente	0.001		
Amoniaco	0.29		
Alcalinidad	54		
Aspecto claro	No hay		
Olor claro	No hay		
Cloro	1.2		
pH	6.9		
Conductividad eléctrica	229		

Fuente: planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

**Tabla XXVIII. Datos de la planta de tratamiento de agua potable
"Lo de Coy" análisis fisicoquímicos**

No. Muestra	23462	Fecha y hora	19/12/2008
Temperatura	16°C		09:00
Analisis	mg/L	Analisis	mg/L
Color	1	Turbiedad	0.47
Fuoruros	0.14	Cloruros	15
Nitratos	10.78	Nitritos	0
Hierro	0.04	Dureza	74
Sulfatos	41	Manganeso	0.028
Aluminio	0.094	Detergentes	0.042
Sodio	15.6	Potasio	4.3
Calcio	16.83	Magnesio	7.77
Fenoles	0.05	Cianuro	0.044
B	0.04	Silice	27
Plomo	0	HS	0.02
Cu	0.02		
Hg	0		
Cromo hexavalente	0		
Amoniaco	0.11		
Alcalinidad	52		
Aspecto claro	No hay		
Olor claro	No hay		
Cloro	2		
pH	6.7		
Conductividad eléctrica	221		

Fuente: planta de tratamiento de agua potable "Lo de Coy"

**Tabla XXIX. Datos de la planta de tratamiento de agua potable
“Lo de Coy” análisis microbiológicos**

Fecha	04/04/2009
Sólidos totales	
2da. Pesada	77.1078
1era. Pesada	77.0948
Resultado (1)	130
Sólidos fijos	
3era. Pesada	77.1071
1era. Pesada	77.0948
Resultados (2)	123
Sólidos volátiles	
Resultado (1)	130
Resultado (2)	123
Resultado	7
Sólidos en suspensión total	
2da. Pesada	0.8118
1era. Pesada	0.8116
Resultado (1)	2
Sólidos disueltos	121

Fuente: planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

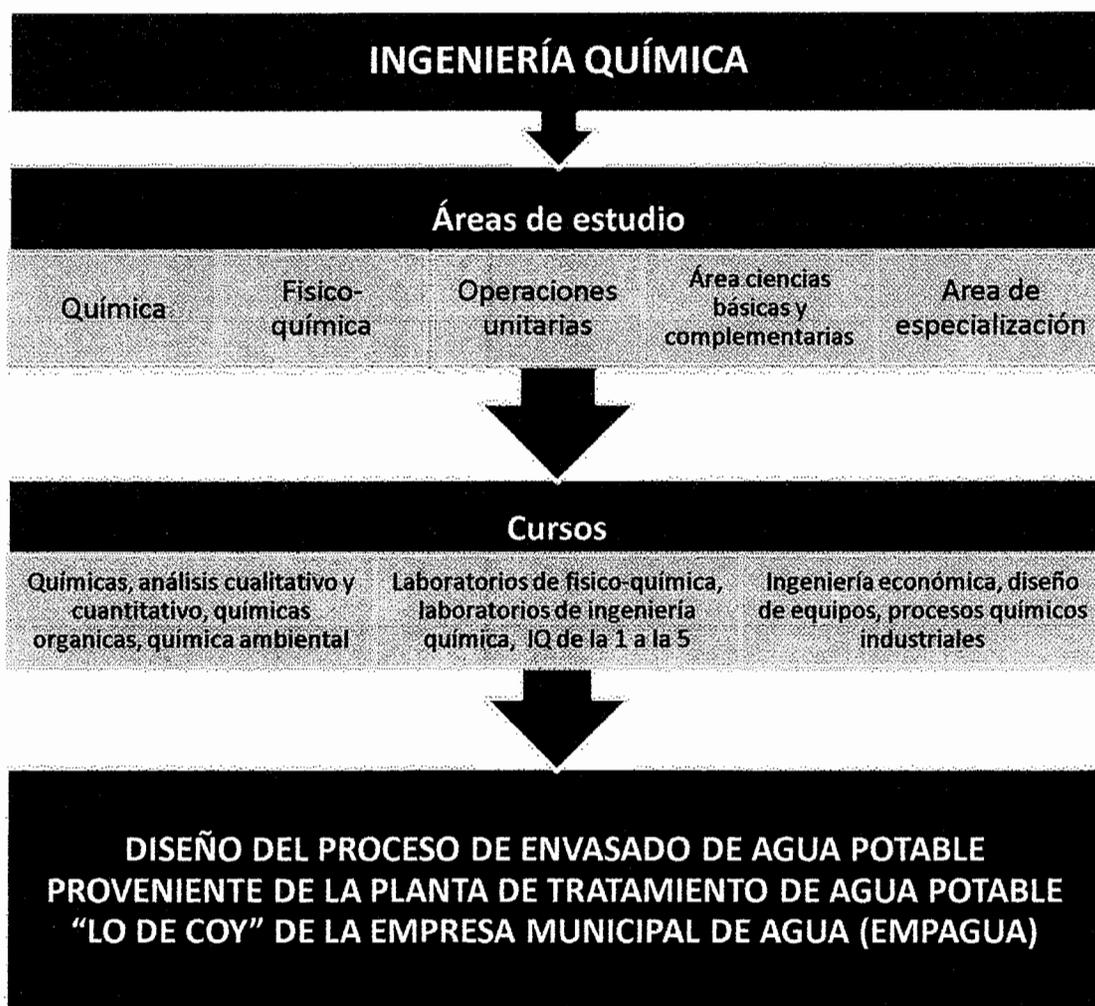
**Tabla XXX. Datos de la planta de tratamiento de agua potable
“Lo de Coy” análisis fisicoquímicos**

Fecha	05/01/2009
Sólidos totales	
2da. Pesada	68.2044
1era. Pesada	68.1919
Resultado (1)	125
Sólidos fijos	
3era. Pesada	68.204
1era. Pesada	68.1919
Resultados (2)	121
Sólidos volátiles	
Resultado (1)	125
Resultado (2)	121
Resultado	4
Sólidos en suspensión total	
2da. Pesada	0.8822
1era. Pesada	0.8816
Resultado (1)	1.2
Sólidos disueltos	117

Fuente: planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”

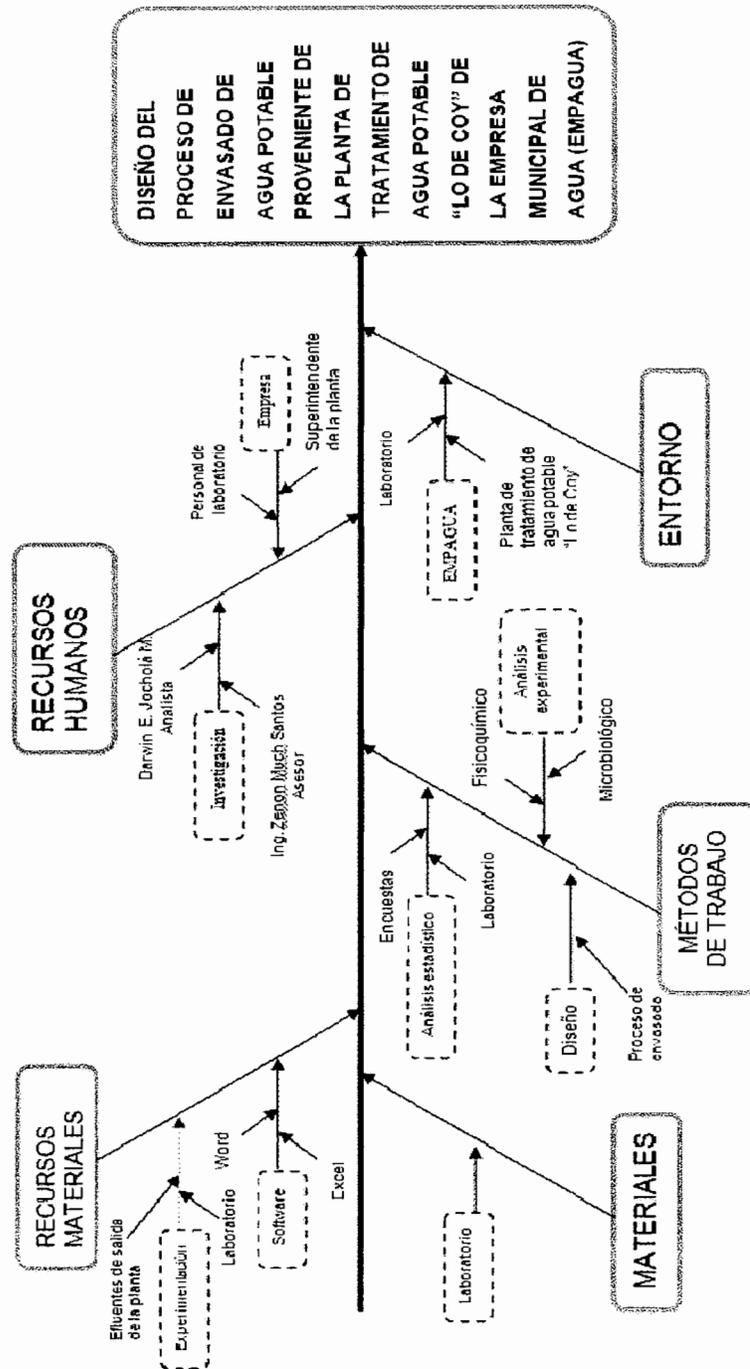
ANEXOS

1. Tabla de requisitos académicos



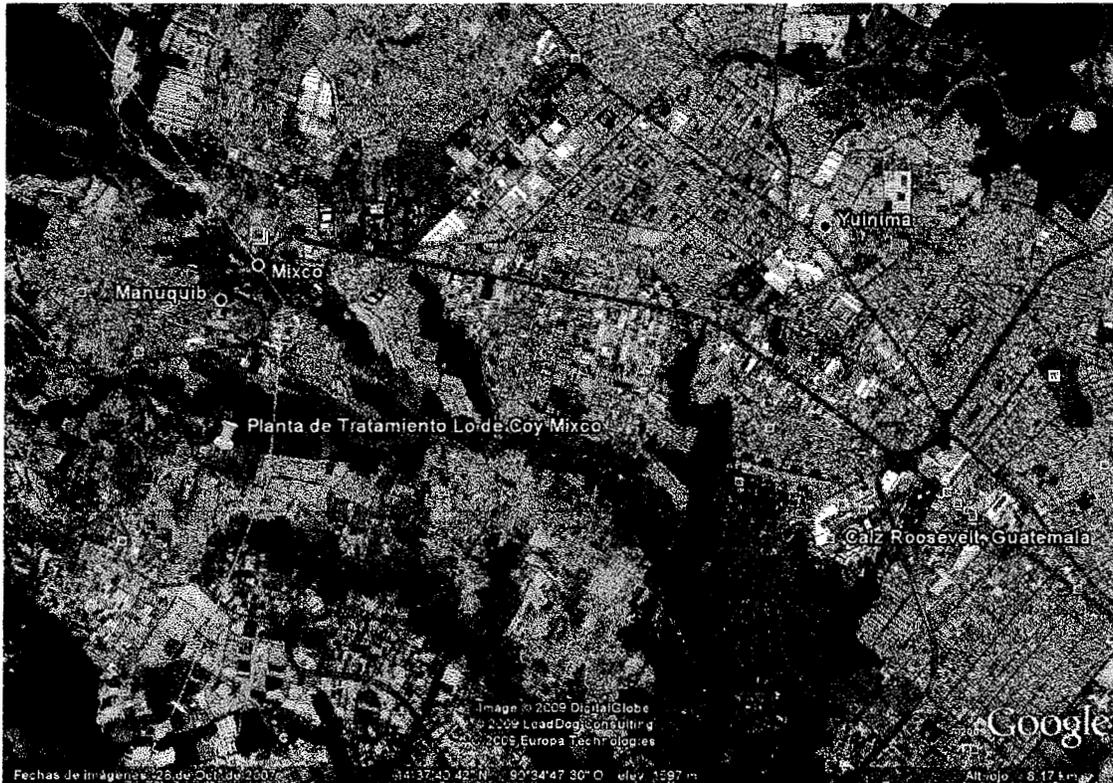
Fuente: elaboración propia

2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia

3. Vista de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”, en la ciudad de Guatemala.



Fuente: Google Earth

4. Vista de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”



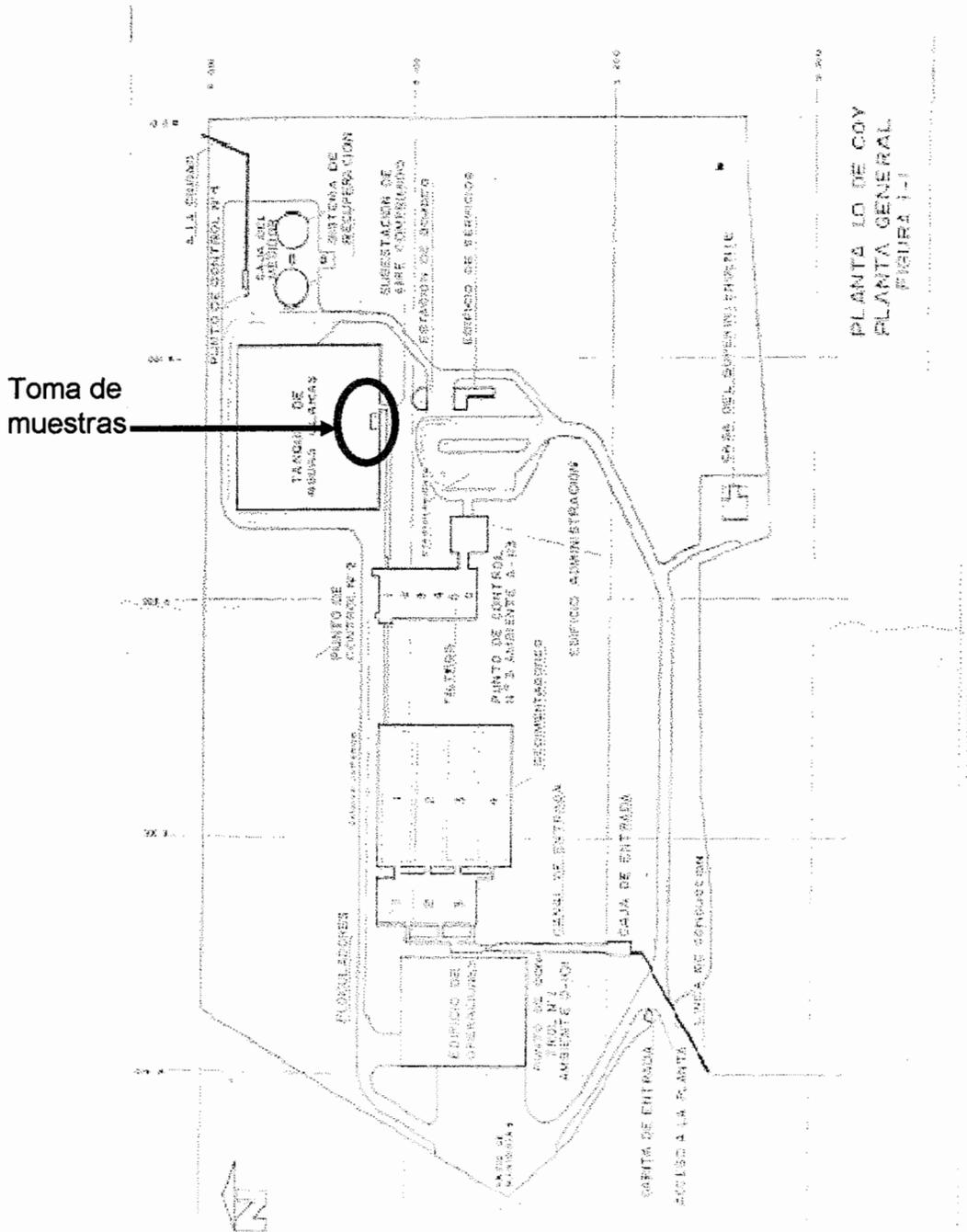
Fuente: Google Earth

5. Vista de la planta de tratamiento de agua potable “Lo de Coy”



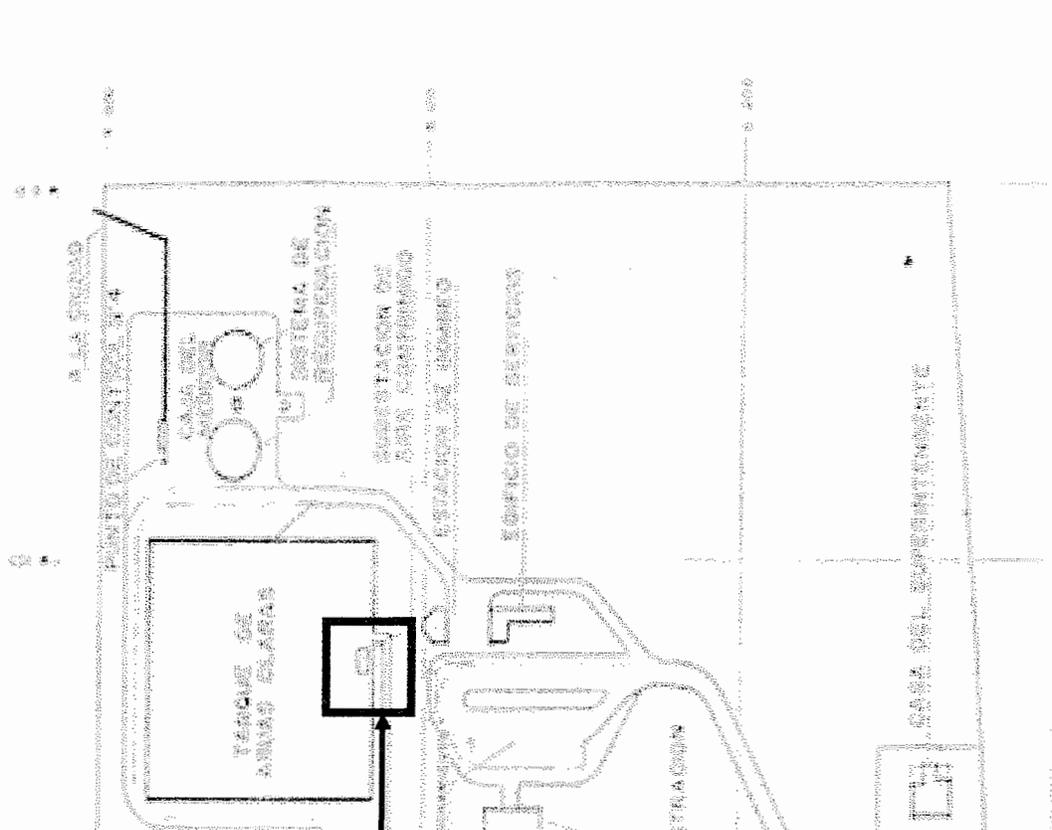
Fuente: Google Earth

6. Plano general de la planta "Lo de Coy"



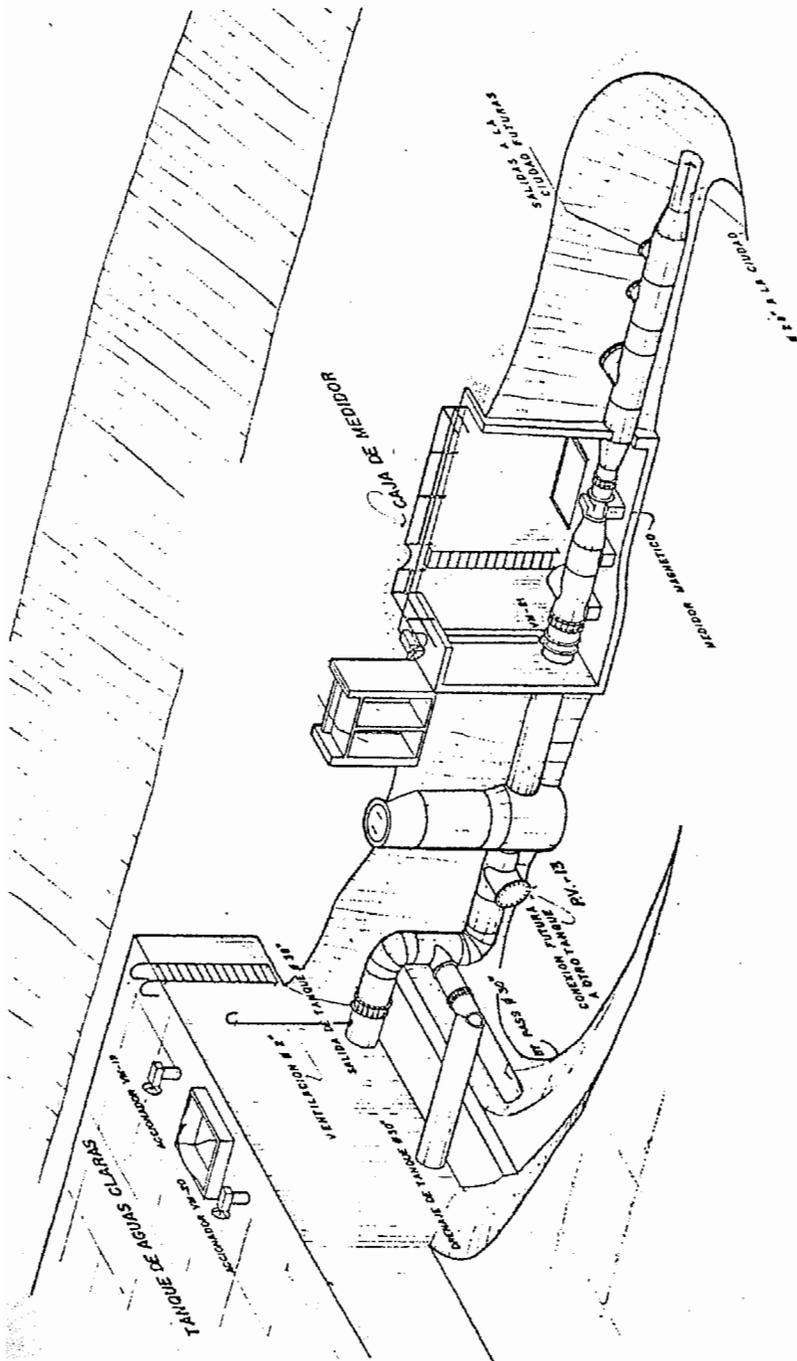
PLANTA LO DE COY
PLANTA GENERAL
FIGURA 1-1

7. Plano de la toma de muestra en la planta "Lo de Coy"



Punto de control No.4, según la planta de tratamiento "Lo de Coy", ubicada a un lado de los motores que sirven para el sistema de recuperación y el lavado de los filtros

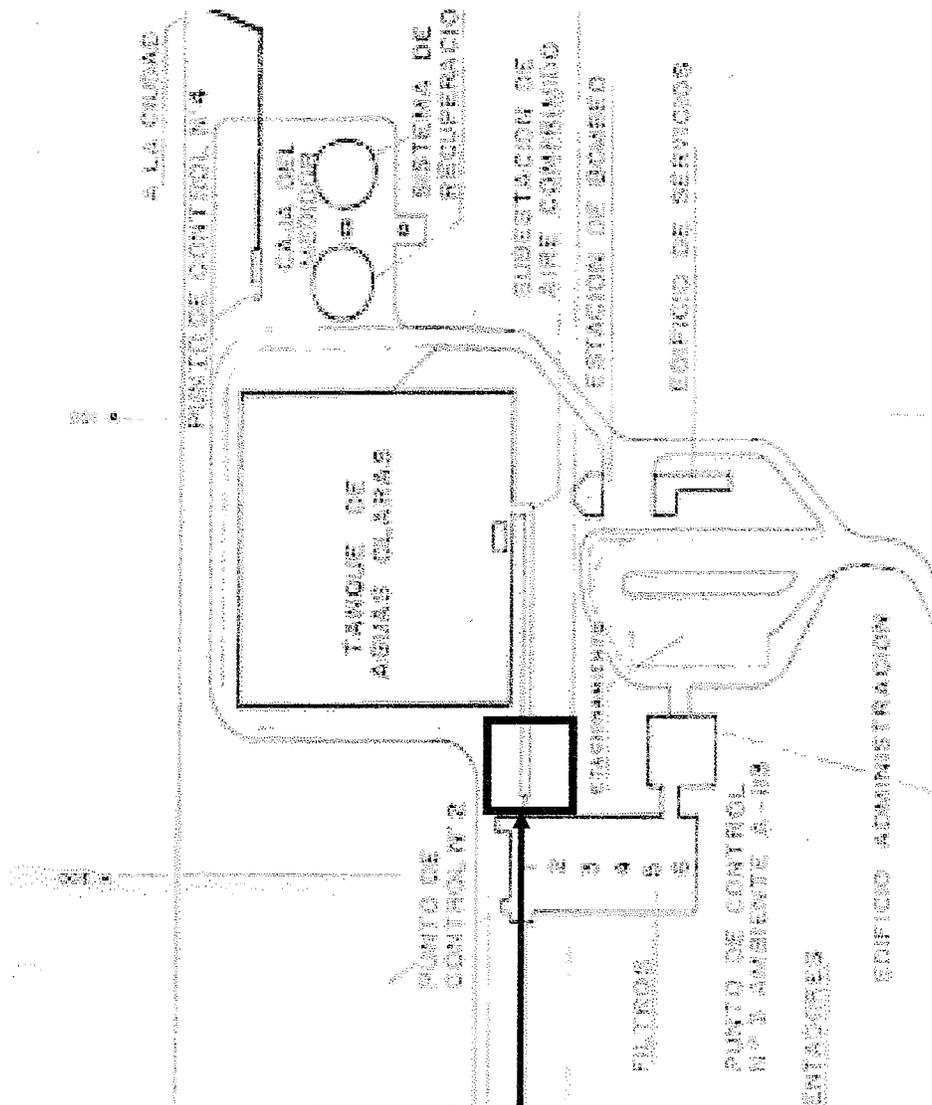
8. Plano isométrico del tanque de aguas claras de la planta "Lo de Coy"



PLANTA LO DE COY
ISOMETRICA SALIDA
TANQUE AGUAS CLARA

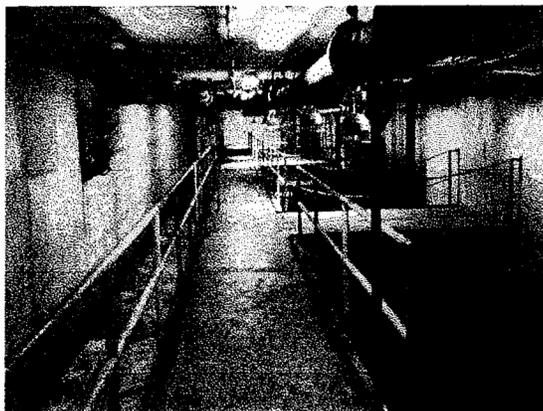
FIGURA 6-1

9. Plano de la otra toma de muestra en la planta “Lo de Coy”

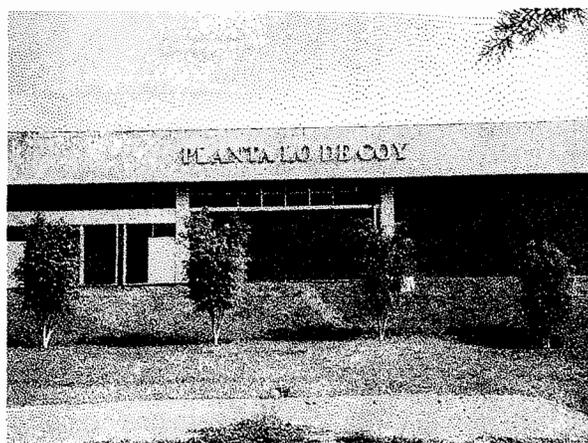


Otro punto de control, según la planta de tratamiento “Lo de Coy”, ubicada a la salida de filtros, si el análisis microbiológico fuera negativo el agua puede pasar al proceso de envasado directamente.

10. Toma del agua en la salida de filtros



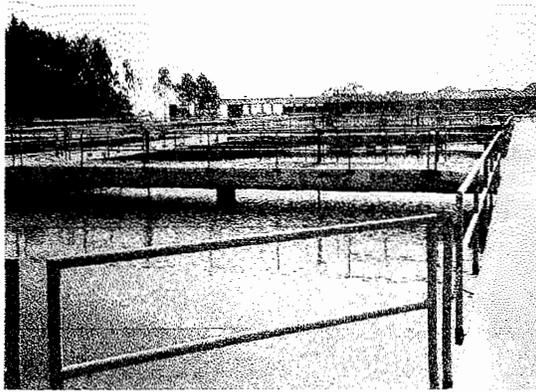
11. Tomas de la planta



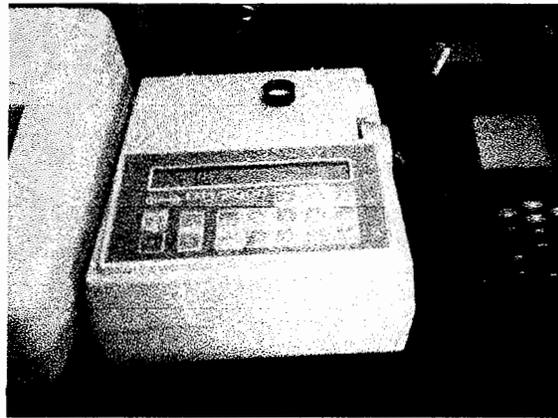
12. Toma panorámica de la planta

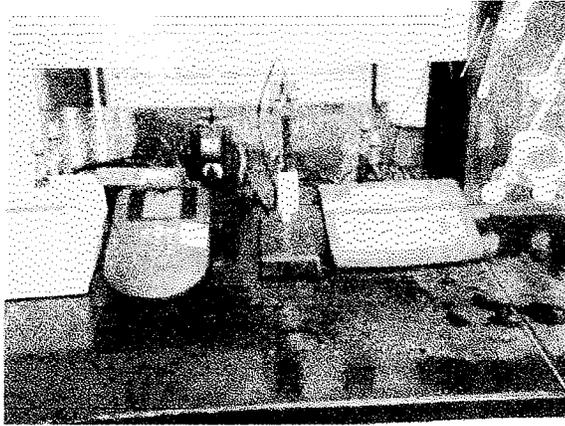


13. Toma panorámica de los sedimentadores



14. Equipo utilizado en el laboratorio





15. Modelo de encuesta

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Trabajo de Graduación de Ingeniería Química

Tema: Diseño del Proceso de Envasado de Agua Potable proveniente de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Lo de Coy" de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA)

Encuesta sobre agua pura envasada utilizada para caso de emergencia

El propósito de la presente encuesta es conocer los resultados que se esperan sobre agua envasada para un caso de desastre natural. Los datos que se obtengan para la presente encuesta serán confidenciales y de uso único para esta tesis.

Fecha: _____ Lugar: _____ Edad: _____

Género: _____ Año que cursa en la facultad de Ingeniería: _____

Zona en la cual reside: _____ Otro lugar: _____

1. ¿Consume agua envasada actualmente?

Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

2. En su familia ¿consumen agua envasada?

Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

3. En caso de emergencia, ¿usted confía en beber agua pura envasada?

Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

4. ¿Confía usted en cualquier tipo de envase?

Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

5. ¿Qué tipo de envase es el más adecuada para agua envasada?
Botella plástica _____ Lata _____ Botella de vidrio _____

Bolsa plástica _____

6. Si su respuesta es Botella plástica, ¿qué tipo de tapadera consideraría adecuada?
De rosca _____ o de presión _____ ¿Por qué? _____

7. ¿Qué medida de agua pura envasada considera la más adecuada?
½ L _____ 1L _____ 1galón _____ 1garrafón _____

Otro _____

¿Por qué prefiere esta medida de envase? _____

8. ¿Influye el color de envase del agua embotellada?
Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

9. ¿Qué color de envase le gusta o prefiere?
Blanco _____ Azul _____ Celeste _____ Verde _____ Otro _____

¿Cuál? _____

10. ¿Prefiere envase reciclable o no reciclable?
Reciclable _____ No reciclable _____

11. ¿Qué hace con el envase al terminar de usarlo?
Desecharlo _____ Reciclarlo _____

OBSERVACIONES GENERALES
