



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MESA EMBOTELLADA PARA REDUCIR LOS FACTORES CONTAMINANTES DEL AGUA EN LA EMPRESA ECOFIL SAC EN LIMA”

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:
Juan Chipana Amaro

Asesor:
Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

Este presente tesis de Suficiencia Profesional está dedicado a mi madre Justina Amaro Ayala por ser el pilar fundamental en toda mi formación profesional por su apoyo incondicional, consejos y palabras de aliento de motivación constante para alcanzar mis anhelos.

A mi familia y personas que de alguna forma estuvieron presente apoyándome en todo momento.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darme vida y salud en este difícil momento que estamos viviendo.

A mi asesor de tesis Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez, por ser mi guía y brindarme sus enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional.

Agradezco de manera muy especial a todas las personas de la empresa Ecofil SAC. Que me brindaron información para el desarrollo de mi tesis por Eficiencia Profesional.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
INDICE DE TABLAS.....	5
INDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN EJECUTIVO	7
ABSTRACT.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Antecedentes de la empresa.....	10
1.2. Realidad Problemática	12
1.3. Formulación de problema:.....	17
1.4. Problemas Específicos	18
1.5. Justificación.....	18
1.6. Objetivo general.....	19
1.7. Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	20
2.1 Antecedentes Internacionales	20
2.2 Antecedentes Nacionales	24
2.3 Contexto actual del sector	29
2.4 Normativas	32
2.5 Índice de abreviaturas	33
2.6 Concepto de los procesos.....	33
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	38
3.1 Contexto General	38
3.2 Descripción de Actividades	39
CAPITULO IV. RESULTADOS.....	62
4.1 Diagnóstico del estado actual.....	62
4.1.1 Análisis Tomas de Muestra	66
4.2 Calidad de agua.....	68
4.3 Desarrollo del proceso	71
4.4 Resultados específicos Comparativos	75
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1 Conclusiones	88
5.2 Recomendaciones.....	89
REFERENCIAS	90
ANEXO N° 1: FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO.....	92

ANEXO N° 2: DIAGRAMA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MESA	98
ANEXO N° 3: MEMORIA DE CÁLCULO PTAR 60 M3/DÍA	99

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Misión y visión de la Empresa	11
Tabla 2 Clientes de Ecofil y Facturación Aproximada 2020.....	11
Tabla 3 Actividades Especializadas ECOFIL SAC.....	12
Tabla 4 Consumo de Cloro en el Agua potable 2015-2019	16
Tabla 5 Fuentes de Contaminación y Grado de Afectación ríos de la Cuenca de Lima	17
Tabla 6 Principales competidores mundiales de agua embotellada 2018	30
Tabla 7 Mercado Embotellado Perú (millones de litros) 2015-2018.....	31
Tabla 8 Normativa que rige el sector de agua embotellada en el Perú	32
Tabla 9 Elementos del Just in time	37
Tabla 10 Personal Involucrado en el Proyecto	39
Tabla 11 Registro de Observaciones para nivel de servicio	40
Tabla 12 Resumen de los equipos Utilizados	51
Tabla 13 Plantas Instaladas por Ecofil 2012-2019.....	62
Tabla 14 Equipos Purificadores instalados Año 2014-2020	63
Tabla 15 Cantidad de Planta Instalada	63
Tabla 16 Equipos Instalados 2014-2020.....	65
Tabla 17 Instalación de equipos y plantas 2012-2020.....	65
Tabla 18 Muestras realizadas Agua de Ingreso	66
Tabla 19 Muestras realizadas Agua de Embotellamiento	67
Tabla 20 Parámetros de Medición de Agua Embotellada	68
Tabla 21 Formato para evaluación 5S Embotelladora de agua.....	75
Tabla 22 Cuadro de Mantenimiento Planta de tratamiento de Agua	79
Tabla 23 Capacitaciones personal Ecofil	80
Tabla 24 Inversión para Implementación de planta	82
Tabla 25 Medición de Resultados de Calidad de Agua	83
Tabla 26 Comparativo del Grado de calidad de los factores del Agua embotellada	87

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de Ecofil SAC	10
Figura 2 Uso de Agua Potable en el Ecuador.....	15
Figura 3 Distribución de acceso a Agua (Perú Rural)	16
Figura 4 Consumo Mundial de Agua Embotellada (expresada en miles de millones de dólares)	30
Figura 5 Participación de Mercado en Lima Metropolitana 2015 (expresado en Porcentaje).....	31
Figura 6 Diagrama de Ishikawa Causa efecto	40
Figura 7 Diagrama de Pareto Calidad de Agua ECOFIL.....	41
Figura 8 Árbol de Causas.....	42
Figura 9 Cronograma de Actividades.....	43
Figura 10 Primer proceso de filtración: filtro de cuarzo y carbón activado	52
Figura 11 Ablandador Twin de agua.....	53
Figura 12 Equipo de Ósmosis Inversa.....	54
Figura 13 Lámpara ultravioleta de 10 GPM.....	55
Figura 14 Tanque de almacenamiento de agua tratada.....	56
Figura 15 Mezclador de Ozono	57
Figura 16 Tanque de contacto de Ozono	58
Figura 17 Lavador de bidones de 20 litros	59
Figura 18 Embotelladora de agua de mesa de 20 litros	60
Figura 19 Diagrama de Operaciones para Embotellado de Agua	61
Figura 20 Plantas Instaladas por año 2012-2018.....	64
Figura 21 Plantas Instaladas 2012-2018 (expresado en porcentaje).....	64
Figura 22 Instalación de Equipos 2014-2020.....	65
Figura 23 Instalación de equipos y plantas 2012-2020	66
Figura 24 Medición del 01 de marzo al 31 de mayo de 2018 para conductividad, TDS y dureza del agua.....	69
Figura 25 Medición del 01 de marzo al 31 de mayo de 2018 para pH y cloro residual.....	69
Figura 26 Medición del 01 de marzo al 31 de mayo de 2018 para conductividad, TDS y dureza del agua.....	70
Figura 27 Medición del 01 de marzo al 31 de mayo de 2018 para pH y cloro residual.....	70
Figura 28 Formato de análisis Básico para requerimiento de agua	71
Figura 29 Inicio de Obra Civil 16 de mayo de 2018	72
Figura 30 Avance de obra civil, Paredes y techo 19 de mayo de 2018.....	72
Figura 31 Ensamblaje de equipo Osmosis Inversa.....	73
Figura 32 Ubicación de equipos de filtros en el punto	73
Figura 33 Ubicación de equipo de Osmosis Inversa en el punto	74
Figura 34 Instalación de tablero eléctrico de Osmosis Inversa.....	74
Figura 35 Uso de Medidor de pH Capacitación del 26 de junio de 2018	81
Figura 36 Medición de dureza.....	81
Figura 37 Conductividad agua de salida de la planta del 1 de julio al 31 de agosto 2018.....	84
Figura 38 Sólidos disueltos totales de agua de salida de la planta del 1 de julio al 31 de agosto 2018	85
Figura 39 pH medido desde el 01 de julio al 31 de agosto 2018	85
Figura 40 Cloro residual medido desde el 01 de julio al 31 de agosto 2018	86
Figura 41 Dureza medida en mg de Carbonato de Calcio del 01 de julio al 31 de agosto 2018.....	86

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo es la implementación de una planta de embotellamiento de 60 m³/día de la empresa Ecofil del grupo Aquafil instalada en el año 2018 en el Cercado de Lima. En dicha empresa laboro desde el año 2012. Esta empresa ha instalado 11 plantas de tratamiento de agua y 11 equipos para plantas ubicadas en todo el país desde mi ingreso. Para conocer la situación actual y desarrollar la propuesta de mejora, se utilizaron herramientas de ingeniería, tales como: Diagrama Ishikawa, diagrama de Pareto, herramienta 5S's, además de fórmulas de ingeniería; la información fue proporcionada por el área de proyectos.

La planta implementada posee un sistema de filtración compuesto por filtros de multimedia, ablandador twin, Ósmosis Inversa y lámpara Ultravioleta y el equipo de embotellamiento y la implementación de dicha planta fue importante debido al incremento de la demanda de agua embotellada tratada en la ciudad de Lima. El proceso demoró seis meses permitiendo mejorar el pH de 6.2 a 6.9 (0.89%), reducir la cantidad de sólidos solubles (38.9%), reducir la conductividad en 24%, reducir la dureza del agua (49%) y reducir el cloro residual (35%) comparando la planta que funcionaba en Lurín y la que funciona actualmente. Mi participación en el proyecto me permitió desarrollar e implementar el cronograma de trabajo, costear la maquinaria a instalar, calcular la capacidad de carga requerida, elegir los equipos más eficientes y seleccionar al personal que laboró en la planta.

Palabras clave: Embotelladora, Planta de tratamiento, agua potable, Diagrama Ishikawa, herramienta 5S's.

ABSTRACT

The present work is the 60 m³/day bottling plant implementation at the company Ecofil, an Aquafil group company. It was installed in 2018 in Cercado of Lima.

In that company I have been working since 2012. This company has installed 11 water treatment plants and 11 equipment for plants located throughout the country since I joined. Knowing the current situation and developing the improvement proposal engineering tools will be used, such as Ishikawa diagram, Pareto diagram, 5S tool, in addition to engineering formulas; the information was provided by the projects area.

The implemented factory has a filtration system composed of multimedia filters, twin softener, reverse osmosis, UV lamp and bottling equipment. The factory implementation was important due to the increase in demand for treated bottled water in Lima city. The process took six months to improve the pH from 6.2 to 6.9 (0.89%), reduce the soluble solids amounts (38.9%), reduce conductivity by 24%, reduce water hardness (49%) and reduce residual chlorine (35%) comparing the plant that operated in Lurin and the one that currently operates.

My participation in the project developed and implemented the work schedule, pay for the machinery to be installed, calculate the required load capacity, choose the most efficient equipment and select the personnel who worked in the plant.

Keywords: Bottling plant, Treatment factory, drinking water, Ishikawa Diagram, 5S's tool.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Lima está ubicado en el desierto de la Costa peruana; por ello es complicado ubicar fuentes naturales de agua dulce además de existir problemas de contaminación generados por el hombre y la minería en la sierra central del país, que afecta directa e indirectamente las fuentes hídricas de la región.

ECOFIL SAC es una empresa que pertenece al grupo Aquafil y fue creada en el año 2012 con el fin de desarrollar y ejecutar proyectos de tratamientos de agua entre residuales, industriales, grises utilizando sistemas de filtración y ablandamiento que permitan obtener aguas para diversos procesos dependiendo del rubro en el cual se encuentra el cliente.

En mérito a dicho planteamiento surge el presente proyecto de suficiencia profesional para implementar una planta de tratamiento de agua de mesa embotellada en el distrito de Cercado de Lima.

Este trabajo está enfocado en implementar un sistema de tratamiento de agua de mesa embotellada utilizando un sistema de filtración compuesto por filtros de multimedia, ablandador *twin*, Ósmosis Inversa, lámpara Ultravioleta, Ozono y una embotelladora en el Cercado de Lima complementando la producción de la empresa en la zona Sur de Lima. Ello permitirá atender a los clientes en el Cercado de Lima y distritos aledaños. Para tal fin se realizaron cálculos de dimensionamiento de equipos de acuerdo al número de población (11 GPM de producción) y al consumo *per cápita* de la población objetivo.

La importancia de implementar un sistema de purificación y embotellamiento reposa en el hecho de mejorar la calidad del agua que consume el mercado limeño reduciendo los niveles de contaminación y basada en atender la demanda del mercado limeño de un producto de buena calidad, a un precio competitivo dentro del sector de bebidas

refrescantes sin gas. Ello se refleja en los niveles de minerales, cloro y agua pesada que presenta el agua que SEDAPAL destina para consumo humano y que la población del mercado limeño prefiere elegir otras opciones.

1.1. Antecedentes de la empresa

La empresa Ecofil S.A.C. Es una empresa peruana especializada en sistemas de tratamientos de agua, efluentes domésticos y efluentes industriales para los diversos sectores de la industria nacional. Realiza el estudio y fabricación de sistemas de tratamiento de agua de mesa. Forman parte del grupo Aquafil S.A.C. que inicia operaciones en el año 2012.

La compañía se dedica a la venta de agua de mesa en sus diferentes representaciones (botellas, bidones) y cuenta con una planta de agua de mesa, ubicado en el distrito de Lurín, con una capacidad máxima de 16.35 m³/día (2.99 galones por minuto).

En la figura 1 se muestra el organigrama de la empresa

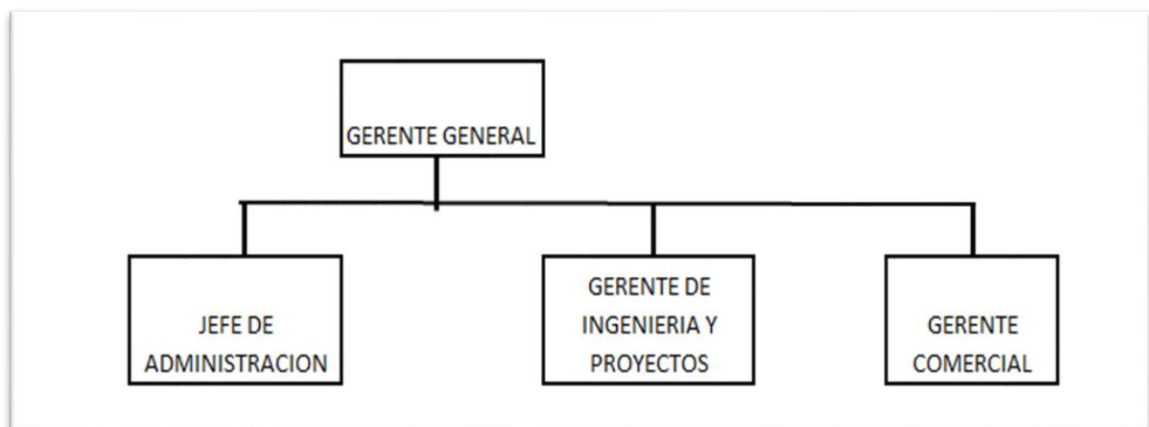


Figura 1 Organigrama de Ecofil SAC

Fuente: (ECOFIL, 2020)

En la Tabla 1 se presenta la Misión y visión de la empresa

Tabla 1 *Misión y visión de la Empresa*

Descripción	
Misión	Desarrollar proyectos de ingeniería aplicando estándares de la calidad para la implementación de una planta de tratamiento de agua de mesa, que cumplan con los objetivos de nuestros clientes finales con respecto a la calidad de agua de mesa apta para el consumo
Visión	Ser líder en el mercado a nivel nacional, con un producto de primera calidad, diseño a base de ingeniería.

Fuente: (ECOFIL, 2020)

Los valores de la empresa son:

- Honestidad: Garantizar que todos los empleados de la empresa sean veraces y cumplan su trabajo de acuerdo a los lineamientos esperados de la misma.
- Compromiso: Cada uno de los empleados de la empresa deben sentirse parte de la misma a fin de que los logros y metas obtenidas sean también compartidos por cada colaborador de la misma.
- Trabajo en Equipo: Pilar fundamental para el crecimiento de la empresa ya que cada área de la misma requiere el apoyo de cada colaborador dentro de su puesto de trabajo para que los objetivos se cumplan.
- Responsabilidad: Cada empleado es significativo en el cumplimiento de las metas de la empresa. Con dicho esfuerzo se garantiza que los objetivos serán alcanzados de la mano de cada colaborador.

Los clientes más importantes de la empresa se detallan en la tabla 2

Tabla 2 *Clientes de Ecofil y Facturación Aproximada 2020*

Cliente	Distrito de Ubicación	Facturación 2020
Palacio del Agua	Surquillo	20,869 soles
EA MOTORS	Santiago de Surco	14,658 soles
EA MOTORS	Surquillo	12,625 soles
Estibadora Arzapalo	Cercado de Lima	12,015 soles
Bless Perú	Breña	8,600 soles
Inmobiliaria Herzap	San Borja	6,580 soles

Fuente: ECOFIL SAC (2020)

Ecofil SAC, además de diseñar, instalar y distribuir agua embotellada cuenta con actividades especializadas que se aprecian en la Tabla 3

Tabla 3 *Actividades Especializadas ECOFIL SAC*

Actividad Especializada	Tipo de Actividad
Diseño e Instalación	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Diseño e Instalación	Planta de Tratamiento de Aguas Grises
Diseño e Instalación	Planta de Tratamiento de Aguas Industriales
Diseño e Instalación	Planta de Tratamiento de Agua Potable
Diseño e Instalación	Osmosis Inversa, ablandadores y lámparas UV

Fuente: ECOFIL SAC (2020)

1.2. Realidad Problemática

El agua es una necesidad fundamental de la humanidad. Según Naciones Unidas, cada persona en la tierra requiere al menos 20 a 50 litros de agua potable limpia y segura al día para beber, cocinar y simplemente mantenerse limpios. Por ello la ONU considera el acceso al agua limpia como un derecho básico de la humanidad, y como un paso esencial hacia un mejor estándar de vida en todo el mundo. Las comunidades carentes de recursos hídricos, por lo general, son económicamente pobres y sus residentes están atrapados en un círculo vicioso de pobreza. A su vez, la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que los sistemas de distribución deben lograr que el agua apta para consumo humano esté disponible para que las personas no tengan que desplazarse más de un kilómetro desde el sitio donde utilizarán el agua. (INEI , 2020).

Para todas las personas, hay un costo involucrado en el logro de la distribución de agua hasta sus viviendas o hasta la comunidad. Algunas personas pagan a la municipalidad o a una compañía privada por la distribución de agua hasta sus viviendas. Otros, que carecen de esta infraestructura, pagan el costo del agua de otra manera, comprando el agua en fuentes comunitarias, en estaciones de abastecimiento de agua, en tiendas de agua envasada y otras fuentes. Los costos cuantificados según el tiempo

impactan a las personas con limitados recursos monetarios que a menudo restan tiempo a sus labores cotidianas para poder caminar hasta una fuente de agua y obtener agua limpia. El tiempo dedicado a acarrear agua representa un costo para la salud, productividad, y en muchos casos, oportunidades educacionales. (INEI , 2020).

Según la (ONU, 2015). La falta de agua apta para el consumo es la principal causa de enfermedades en todo el mundo. la mayoría de personas mueren todos los años a causa de enfermedades transmitidas por el agua, el mal manejo de los desechos humanos puede propagar enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, el tifus, la hepatitis, la polio, el tracoma y el parasitismo, muchas de las cuales pueden ser mortales en el mundo en desarrollo. El agua no apta para el consumo y la falta de servicios de saneamiento son factores importantes que explican muchas de los 10 millones de muertes infantiles que se producen cada año. La escasez de agua obliga a las personas a consumir aguas contaminadas portadoras de enfermedades. En 2005, 500 millones de personas vivían en países definidos como en situación crítica en relación con el agua o con escasez de ésta. Se prevé que esta cifra aumente de 2.400 a 3.400 millones respectivamente para 2025, y que África septentrional y Asia occidental se verán especialmente afectadas. (ONU, 2015).

El agua dulce es imprescindible para la vida, pero la cantidad disponible es escasa y su distribución desigual. Además, varía a lo largo del año y está sujeta a cambios provocados por la actividad humana. Los usos más importantes están relacionados con la agricultura, el consumo industrial y doméstico. Su demanda se ha incrementado notablemente con el crecimiento de la población. En las últimas décadas, se han multiplicado las áreas agrícolas dependientes del riego para la producción de alimentos. Las industrias y actividades mineras la emplean para el lavado, enfriamiento, dilución,

remojo, procesamiento, eliminación de productos de desecho, etc. Es posible utilizar las caídas de agua para producir electricidad y para mover molinos. Los ríos son un importante medio de transporte y comunicación. (FAO, 1996).

En Colombia, de acuerdo al (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019). Pueden utilizarse aguas de pozos, aljibes, agua de manantial, río, laguna o reservorio natural, si se garantiza que no ha existido contaminación por aguas de inundación. Si va a utilizar agua de lluvia, debe tener las precauciones para su uso, debido a que pueden contaminar al entrar en contacto con los techos, se recomienda que sea filtrada por medio de filtros comerciales y luego hervirla. Es recomendable el uso del agua de corrientes, porque son de mejor calidad. A estas aguas debe dárseles un tratamiento mínimo para su utilización de consumo humano.

Por otra parte, de acuerdo al (Diario Extra, 2019). En el Ecuador, el 70,1 % de los ecuatorianos utiliza como suministro para beber una fuente mejorada (tubería, pozo o manantial protegido o agua embotellada), en la vivienda o cerca de ella, de manera suficiente y libre de contaminación fecal. Con relación a la escalera de los indicadores del agua, en el país se consideraron dos niveles básicos de servicio o gestión de agua. El nivel básico 1 contempla la fuente mejorada de agua, la cercanía y la calidad, pero no la suficiencia; y el nivel básico 2 contempla la fuente mejorada de agua y la cercanía, pero no la calidad como se muestra en la figura 2.



Figura 2 Uso de Agua Potable en el Ecuador

Fuente: Diario Extra, 2019.

De dicha figura se aprecia que, en la zona urbana, el 79,1 % toma agua segura mientras que en el área rural el porcentaje alcanza el 51,4 % de la población. Pero es en el perímetro urbano donde el 28,6 % consume agua embotellada o envasada que está contaminada. Los cantones con las mejores coberturas de agua básica (agua por red pública y fuentes cercanas), se encuentran tres de los que tienen mayor población: Quito, Guayaquil y Cuenca. Estos tres cantones tienen coberturas de servicio básico de agua superiores al 85 %. (Diario Extra, 2019).

En el Perú, de acuerdo al (INEI , 2020), el 90.8% de la población urbana accede a agua para consumo humano proveniente de la red pública de los cuales el 85.5% tienen acceso a agua dentro de la vivienda, el 4.0% tiene acceso fuera de la vivienda y el 1.3% tiene acceso por pilón de uso público. Ello quiere decir que el 9.2% de la población urbana del Perú requiere de agua potable

Dicha población se atiende de acuerdo a la figura 3

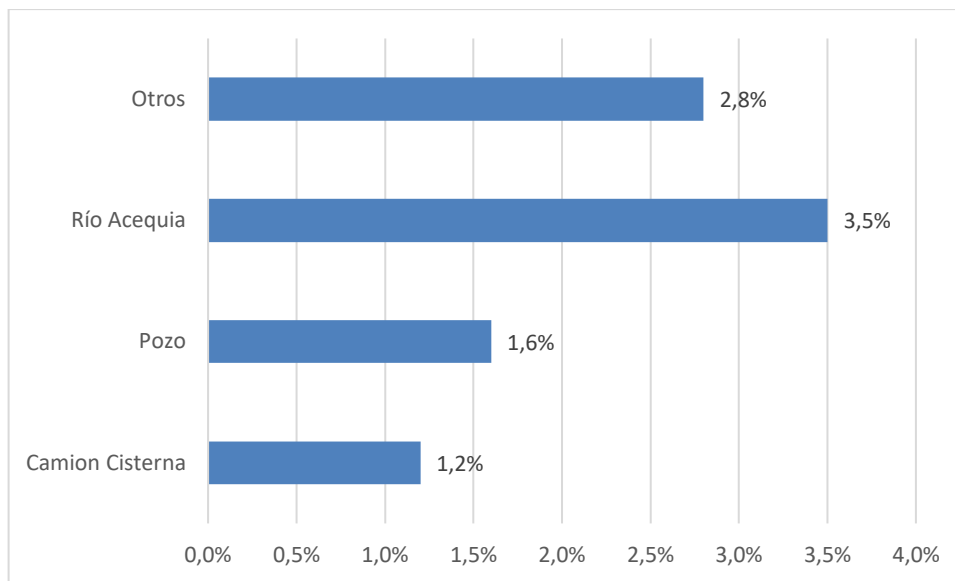


Figura 3 Distribución de acceso a Agua (Perú Rural)

Fuente: Perú Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico (2020).

De acuerdo a esta figura en Lima existirían 120,000 personas aproximadamente que utilizan camión cisterna y consumen agua en condiciones deficientes.

Otra condición es la potabilidad del agua con el consumo de cloro en la misma que se muestra en la tabla 4.

Tabla 4 Consumo de Cloro en el Agua potable 2015-2019

Año/%Población	2015	2016	2017	2018	2019
Urbana con acceso a agua	64.1	61.0	61.3	65.7	66.5

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020)

Ello significaría que aproximadamente el 24% de la población no puede consumir directamente el agua en Lima Metropolitana por no estar completamente potabilizada por falta de cloro lo que significaría una población de 2.5 millones de limeños que requieren agua para consumo directo.

Por otra parte, de acuerdo al (ANA, 2017). Se encuentran identificadas fuentes naturales y antropogénicas de contaminación que afectan a las tres cuencas que forman parte de los valles de Lima. Estas se muestran en la tabla 5 así como el grado de afectación en la misma.

Tabla 5 *Fuentes de Contaminación y Grado de Afectación ríos de la Cuenca de Lima*

Fuente	Causa	Grado de Afectación
Natural	Naturaleza Química de los suelos	Baja
Antropogénica	Manejo Inadecuado de Químicos	Media
	Minería Informal	Alta (Rímac, Lurín)
	Pasivos Ambientales	Alta (Rímac)
	Vertimiento de aguas residuales no tratadas	Baja
	Manejo Inadecuado de residuos sólidos	Alta

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2017).

Dicha contaminación implica que el agua para consumo humano en Lima debe ser potabilizada para evitar enfermedades y trastornos digestivos en la población.

1.3. Formulación de problema:

En consecuencia, al determinar la viabilidad económica y técnica para la implementación de una planta de tratamiento de agua de mesa embotellada en el distrito de Cercado de Lima surge la siguiente pregunta:

¿Cómo la implementación de una planta de tratamiento de agua de mesa embotellada en el distrito de Cercado reduce los factores contaminantes del agua en ECOFIL SAC en Lima?

1.4. Problemas Específicos

- ¿Cómo reducir los factores contaminantes de agua en ECOFIL SAC?
- ¿Es posible reducir los costos de operación de los procesos de la planta embotelladora?
- ¿Es factible establecer los costos e inversión de la planta embotelladora de ECOFIL SAC?

1.5. Justificación

El presente trabajo se justifica en el estudio de (Loayza & Cano, 2015). “Impacto de las Aguas Antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas Huancayo Junín” en la cual plantean los factores de contaminación del agua que serán replicados en el presente trabajo de investigación a fin de determinar la reducción de los niveles de contaminación del agua potable de Lima Metropolitana al realizar la implementación de la planta de tratamiento.

Por otra parte, el estudio de (Ortiz, 2015). Permite justificar que la población de Lima Metropolitana no cuenta con un consumo de agua local embotellada de calidad y precio accesible, siendo el agua una necesidad básica y un factor importante para la salud y por ende debe cumplir con las medidas de calidad y salud requeridas por ley. Por ello se precisa que la demanda de agua embotellada viene en constante crecimiento (EUROMONITOR, 2018); sin embargo, la oferta de agua envasada en Lima no cubre la demanda de una ciudad de diez millones de habitantes por lo que ofrecer un producto diferenciado y de buena calidad, representa una oportunidad de negocio para el desarrollo de una nueva marca de agua embotellada ofreciendo puestos de trabajo.

Finalmente se justifica el estudio basado en la investigación “Implementación de las 5s para incrementar la productividad en una planta embotelladora de agua” de (Chilon ,

Esquivel, & Estela, 2017). En el cual se implementó las 5S para incrementar la productividad en una línea de producción de la planta embotelladora de agua mediante un diseño experimental, la población en estudio fueron los datos de productividad y se determinó como muestra los valores de la productividad de febrero a julio del año 2016. A través del diagnóstico situacional, se determinó que el 100% de los trabajadores no tenían conocimiento de las 5S y no existía un plan sistemático para la gestión de la organización y limpieza de la línea de producción. La implementación de las acciones necesarias para cumplir las condiciones de cada “S” dio como resultado obtener el 46% de materiales útiles y sólo un 10% poco útiles; el 60% de las áreas están poco estandarizadas y 40% estandarizadas. La evaluación inicial de la implementación reportó un cumplimiento del 66.18%. La evaluación del impacto de la implementación de las 5S sobre la productividad se realizó a partir de los registros de producción diarios los cuales mostraron un incremento del 29%. El estudio concluyó que con la implementación de las 5S la productividad varió de 103.41L de agua ozonizada por hora a 133.39 litros de agua ozonizada por hora representando un 29% de incremento de producción.

1.6. Objetivo general

Implementar una planta de tratamiento de agua de mesa embotellada en el distrito de Cercado Lima reduciendo los factores contaminantes del agua en ECOFIL SAC.

1.7. Objetivos Específicos.

- Reducir los factores contaminantes de agua en ECOFIL SAC.
- Reducir los costos de operación de los procesos de la planta embotelladora.
- Establecer los costos e inversión de la planta embotelladora de ECOFIL SAC.

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes Internacionales

(Alvarado, 2015). En el trabajo “Estudio de factibilidad para la implementación de una embotelladora de agua purificada en el Cantón Pasaje – Provincia de el Oro”, tesis para obtener la Maestría en Economía con mención en Finanzas y Proyectos Corporativos en la Universidad de Guayaquil (Ecuador) realizó una investigación que tuvo como objetivos analizar las características del mercado consumidor de agua embotellada purificada, establecer el estudio técnico del proyecto, realizar un análisis económico de la inversión y determinar la rentabilidad para implementar una embotelladora en la ciudad de Pasaje. Para ello desarrolló la conceptualización de las variables de estudio con respecto a las características del mercado incluyendo el estudio técnico, el estudio económico y financiero de los proyectos. Finalizada la conceptualización estableció el estudio técnico para implementar una embotelladora de agua purificada en el cantón Pasaje realizando el análisis económico de la inversión, definiendo los ingresos y gastos que se ocasionaran durante la vida útil del proyecto y determinando la rentabilidad y factibilidad del proyecto a largo plazo. Los resultados financieros del proyecto determinaron un TIR de 47.8% y un VAN de \$206,148 sosteniendo la viabilidad del proyecto. Este estudio permitirá comparar la implementación de una planta con los mismos requisitos que el proyecto de investigación en realidades diferentes

(Cherrez, 2015). En el trabajo “Plan de Comercialización para la Instalación de una Planta Purificadora de Agua en el Cantón Cascales, Provincia de Sucumbíos” trabajo para obtener el título de Ingeniero de Marketing en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil ejecutó un plan que tuvo como objetivo desarrollar un análisis e investigación de mercado, la planificación del marketing, el diseño técnico y la evaluación económica de la planta industrial purificadora de agua para comercializar

bidones de 20 litros y la viabilidad financiera. La investigación de mercado permitió conocer la demanda de agua en la cabecera cantonal y parroquias rurales del cantón Cascales donde existe un consumo de agua embotellada ya que existen varias marcas de agua existiendo una preferencia del consumidor por una determinada marca a pesar de una leve disconformidad por parte del público objetivo debido a una pobre atención, una alta variabilidad de precios por lo que fue necesario definir estrategias en la conceptualización de la planta purificadora y la implementación del sistema de comercialización del producto. Así mismo, mediante el análisis y proyecciones de la oferta y demanda se determinó la demanda insatisfecha. Para la producción de los bidones de agua purificada, se diseñó la planta industrial con la capacidad teórica de la demanda actual. El tratamiento de purificación del agua no utilizó uso de productos químicos clorados por lo que los procesos de tratamiento se realiza en dos fases, la primera se denominó la fase de captación mediante un tratamiento de oxidación, precipitación, decantación del agua, y una segunda fase mediante un tratamiento físico y radiactivo; físico, a través del uso de un sistema de filtros de alta tecnología y el tratamiento mediante el uso de la luz ultravioleta para la esterilización total y ionización del agua. Para esta última fase se analiza la instalación de una planta compacta con capacidad de purificar 100 litros por minuto, garantizando ofrecer un agua de calidad que permitió absorber el 70% de la demanda insatisfecha. Para una alternativa de financiamiento de 30% capital propio y 70% por una fuente financiera a 10 años y un plazo de 6% la tasa de interés, amortización anual y para el volumen de producción y precio de comercialización de 1,49 dólares por bidón; el análisis económico-financiero determina un VAN de \$74, 488,79 dólares, un TIR de 22% y la relación beneficio/ costo = 1,3073, indicadores que expresan, que el proyecto es viable.

(Martinez, 2013). En el trabajo “Proyecto de Inversión para el Establecimiento de una Planta de Agua Natural en Puebla”, tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias en Administración de Negocios en el Instituto Politécnico Nacional de la Escuela Superior de Comercio y Administración Santo Tomás (México) sostuvo que el proyecto era viable debido a que en la ciudad de Puebla existe una demanda insatisfecha y el grado de aceptación de los galones de 19 litros fue bastante alto. Además de ello la oferta de agua es limitada y de pobre calidad por lo que existió una oportunidad para justificar el proyecto. El proceso de purificación está diseñado de tal manera el agua salga sin impurezas y libre de carga microbiana, con la cantidad correcta de componentes químicos y sin sabores ni olores extraños. Finalizado el estudio de la demanda se tendrá una utilidad el primer año de 26,639 pesos mexicanos doblando dicha cantidad el segundo año lo que demuestra que la demanda es creciente. El proyecto desarrolló cuatro estudios previos; uno administrativo en el que se creó la misión, visión y valores de la empresa; un estudio de mercado que permitió calcular la demanda y el mix de marketing; un estudio técnico que permitió fijar el tamaño y la localización de la planta y el estudio económico financiero que permitió determinar la viabilidad del proyecto. Este cuenta con un TIR de 37% comparado con una tasa de retorno de 25% y un VAN de 88,627 pesos mexicanos lo que permiten concluir que el proyecto es financieramente viable. Este trabajo permitirá comparar los parámetros organolépticos del agua mexicana con los parámetros del agua potable en Lima Metropolitana. Los resultados pueden facilitar la discusión sobre la calidad del agua.

(Sepulveda, 2019). En el trabajo “Plan de negocios para creación y comercialización de agua purificada embotellada “Cabur”, tesis para optar al grado de Magíster en gestión y dirección de empresas en la Universidad de Chile desarrolló un estudio que dejó en

evidencia los constantes cambios en los patrones de alimentación la población internacional y chilena. Dichos cambios generaron oportunidades de negocios enfocadas en satisfacer las nuevas necesidades de los consumidores, los cuales, cada vez más prefieren productos menos nocivos para la salud, más naturales, con menos componentes artificiales, de origen conocido y con un empaquetado llamativo y atractivo. El trabajo buscó desarrollar un modelo de negocio capaz de captar una porción del mercado de agua embotellada, el cual, crecía a grandes tasas y se proyectó una tendencia positiva dados los cambios en los patrones de consumo de los consumidores. En la investigación se presentó un producto de origen natural, pensado en los consumidores, y con un modelo de distribución capaz de hacer más eficiente el funcionamiento operacional de las empresas de los clientes (restaurantes bares, casinos, otros). Para identificar las preferencias, percepciones y necesidades de los clientes y consumidores se realizaron entrevistas personales a 15 personas, entre ellos dueños de locales de venta de productos de consumo humano (restaurantes, bares, casinos, otros) y consumidores frecuentes de este tipo de producto. En la investigación de campo se obtuvo resultados que permitieron formular mapas de posicionamiento según las preferencias tanto de los clientes (dueños de restaurantes, bares, casinos, etc.) como para los consumidores y, una vez hechos los mapas, se estableció la ubicación en que la marca pretendía posicionarse. La implementación del proyecto sería desarrollada por la empresa Sepal Proyectos SPA, empresa familiar ubicada geográficamente en la octava región de Chile, específicamente en la comuna de Concepción, con 5 años de existencia, conformada por profesionales altamente capacitados, con vasta experiencia en la realización de proyectos comerciales, inmobiliarios, ingenieriles, deportivos, entre otros. Por último, la evaluación económica realizada determinó que para hacer realidad el proyecto es necesario una inversión inicial

de \$76.942.900 pesos chilenos con flujos de caja positivos desde el año cinco en adelante. Los flujos se proyectaron a 10 años obteniendo un VAN de \$201.172.376 pesos chilenos y una tasa interna de retorno (TIR) de 31%, superior a la tasa de descuento calculada (15,76%). Dichos indicadores determinaron que el proyecto era financieramente conveniente.

(Cañoles, 2017). En el trabajo “Factibilidad de producción y comercialización de agua premium en fundo Chollinco lodge” tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Austral de Chile Valdivia sostiene que el agua es fundamental para el desarrollo biológico concibiendo la comercialización del agua proveniente de este lugar como agua Premium, con todas características que el entorno le impregna. El mercado del agua en Chile creció y sigue en alza lo que permitió el ingreso de este producto abarcando un área del mercado poco explotada y específica. El Proyecto se desarrolló a tres kilómetros del centro turístico existente, construyendo una planta a 500 metros de la vertiente, en un lugar rodeado de naturaleza. Para la evaluación del proyecto se estimaron producciones con distintas distribuciones de ingresos a lo largo del tiempo, considerando ingresos por exportaciones y el mercado nacional, apuntando al mercado exterior en busca de una mejor margen. Los criterios utilizados fueron el VABN que resultó ser de \$ 123.031.199 pesos chilenos con una tasa de actualización de un 15% a 5 años, con una inversión de \$70.920.000 y la TIR obteniéndose una tasa del 32 % aproximadamente. El proyecto se considera una inversión rentable a través del tiempo, según los indicadores económicos analizados, siendo su implementación viable en la zona seleccionada.

2.2 Antecedentes Nacionales

(Aleman, Aquino, & Yacupoma, 2019). En el trabajo “Plan de negocios para la instalación de una planta de producción y comercialización de agua mineral de

manantial en la Provincia de Huancabamba - Región Piura” tesis para obtener el grado de Maestro en Administración en ESAN plantean la implementación de una nueva marca de agua envasada en Huancabamba como un agua completamente natural, servida por la naturaleza misma y puesta por el hombre a su alcance. La planta, ubicada al pie de la fuente del manantial desde la cual se abastecería por un periodo prolongado, sin límite de uso y a un costo prácticamente simbólico; además el predio para la planta sería dado como aporte de capital por uno de los socios. Para ello estudian el negocio de la producción y comercialización de agua para el mercado de la provincia de Piura basados en la purificación, envasado y promoción de una nueva marca, El estudio dedica tiempo y recursos a realizar una investigación de mercado para poder ubicar el negocio en un área que apoyará su crecimiento y que también podrá ofrecer mucho más que el ofrecimiento de los actuales competidores. Para ello se analizaron los factores que delimitan las oportunidades de desarrollo de un producto en el mercado, concluyendo que existe un crecimiento considerable y constante en el consumo de agua embotellada en nuestro país, con promedios de venta anual de 985 MM de litros al 2016 y teniendo una proyección de ventas al 2022 de 1,348 MM, lo cual significa un incremento de 38% en un lapso de 6 años. Este crecimiento en el Perú se viene observando en todas las regiones y consideramos a Piura como mercado potencial para la implementación de esta idea de negocio, basados en ciertas características de mercado que la hacen atractiva para este negocio. Finalizados los estudios técnicos que permitieron determinar la ubicación de la planta, así como el tamaño y distribución de esta. La evaluación financiera, donde se obtuvo que el plan de negocios tiene un VAN positivo de S/ 86,239 y un TIR de 19.93 % que comparado con el WACC calculado de 16.04 % es un indicador que este plan de negocios es viable.

(Rivera, 2017). En el trabajo “Estudio de pre - factibilidad de una planta embotelladora de agua potable en el departamento de Tumbes” tesis para obtener el grado de ingeniero industrial en la universidad de Piura sostiene que el estudio de prefactibilidad orienta y brinda información relevante que será de utilidad para la realización del estudio de factibilidad y la puesta en marcha. En el estudio de mercado se demostró que existe un consumo creciente del agua embotellada en la región Tumbes, observándose el primer año una demanda insatisfecha de 130, 178,412 litros, satisfaciendo el proyecto parte de dicha demanda en un volumen de 1 800 000 litros de agua embotellada y un similar comportamiento en los siguientes años. La planta de producción fue localizada en la ciudad de Puyango. El tamaño de la planta permite determinar que la capacidad del sistema de filtración es de 3 galones por minuto (681.30 litros/hora), y la capacidad del sistema de embotellado es de 34 bidones/hora de 20 litros cada uno. La inversión total del proyecto fue de S/. 216 706.875 Nuevos Soles. El monto de la inversión fue financiado en un 100% mediante crédito bancario con un total de S/. 220 000; se plantea el uso de la línea de crédito del programa libre disposición de créditos por parte del Banco de Continental. La evaluación económica financiera mostró los siguientes resultados: Valor Actual Neto Económico de S/. 814 769.0125 Nuevos Soles y Valor Actual Neto Financiero de S/. 627 318.546 Nuevos Soles y una tasa Interna de Retorno Económico de 82% y una tasa Interna de Retorno Financiero de 55%. Ello permitió concluir que el proyecto es financieramente viable.

(Ortiz, Roque , & Goyburu, 2015). En el trabajo “Plan de Negocio para la creación de una planta purificadora de agua: San Jorge” tesis para obtener el grado de Magister en la UPC afirman que el proyecto es rentable ya que, en el estudio de mercado realizado por el grupo, el 87% de la muestra consume agua purificada por lo que se espera una

rentabilidad para el primer año de S/ 157,016. En consecuencia, el proyecto es financieramente rentable con un VAN de S/. 574,741 y una TIR de 141%. Asimismo, la competencia se encuentra bien posicionada pero no abastece todo el mercado, debido a que los datos obtenidos demuestran una demanda creciente y sostenida por un producto de calidad. Por ello concluyen que el agua purificada tiene un gran futuro comercial ante un mercado interno creciente. Los beneficios para la salud humana por el consumo frecuente de agua purificada empiezan a difundirse más en los mercados nacionales.

(Muñoz & Teran, 2019). En el trabajo de investigación “Propuesta de Mejora en los Procesos de Producción en Agua de Mesa la Bendición; para Incrementar la Productividad en la Cooperativa Granja Porcón - Cajamarca” tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial de la Universidad Privada del Norte efectuaron una investigación en la cual, mediante un diagnóstico inicial, plantearon una serie de mejoras en los procesos de producción de agua de mesa para incrementar la productividad de la cooperativa Granja Porcón en Cajamarca. Para ello midieron cinco indicadores:

- a) Procesos, la cual comprende cuatro dimensiones (actividades productivas, tiempo de ciclo de agua, balance de línea de producción y herramientas de las 5S).
- b) Productividad, la cual comprende dos dimensiones (producción de la planta y mano de obra).
- c) Eficiencia física, la cual comprende dos dimensiones (agua de mesa de 0.625 l y agua embotellada de 20 l).
- d) Eficiencia Económica, la cual comprende dos dimensiones (agua de mesa de 0.625 litros y agua embotellada de 20 litros).

e) Desperdicios, la cual comprende dos dimensiones (agua de mesa de 0.625 l y agua embotellada de 20 l).

Finalizado el diagnóstico utilizando herramientas de ingeniería se plantearon una propuesta de mejora donde las actividades improductivas disminuyen un 22% aproximadamente para ambos productos concluyendo que la embotelladora con las mejoras propuestas en la investigación incrementará su productividad y eficiencia. Los resultados económicos de implementar la propuesta arrojaron un VAN de 180,400 soles y un TIR de 87% lo que indican que la propuesta de implementación es económicamente viable.

Este trabajo permitirá comparar las variables económicas entre ECOFIL y la Granja Porcón lo que se utilizará en la discusión de los resultados de la presente investigación.

(Cunguia, 2016). En el trabajo "Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta embotelladora de agua de manantial en el distrito de Frías", tesis para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial e Industrias Alimentarias en la Universidad de Piura desarrolla un estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de agua de manantial embotellada a nivel industrial. Dicha producción proviene del distrito de Frías, Provincia de Ayabaca Departamento de Piura. Los estudios y análisis realizados demostraron que la fuente de agua era inocua para la salud y posee características naturales que otras aguas no. En el estudio de mercado planteó abastecer el mercado interno nacional, específicamente a la región Piura. Mediante el consumo en diversas partes de la región ofrecido en dos presentaciones: botellas de 7 litros y bidones de 20 litros. El precio de venta sugerido para la botella es 5 soles, y el precio del bidón es 8 soles. Dichos precios fueron establecidos para el primer año mientras que a partir del

segundo se incrementa 0,25 céntimos la botella y 0.50 céntimos el bidón. La ingeniería empleada en la determinación de la purificación del agua de manantial fue a través de un proceso de filtración, debido a que el agua como materia prima carece de dureza ya que los sólidos solubles disueltos son mínimos. El tamaño del proyecto fue definido por la demanda insatisfecha y la localización óptima fue ubicada en el AAHH Los Jazmines del distrito de Frías, por estar más cerca de la fuente de origen, respecto al centro de la ciudad. La inversión del proyecto fue S/.117,273.15 y el financiamiento del proyecto se propone con aporte propio de 40% (S/. 46.901.26) más un préstamo a Caja Piura por dos años de S/.70, 259 con 10 % de interés anual. La evaluación financiera permitió determinar un TIR de 15.2% y un VAN de 845,247 soles concluyendo que es una alternativa rentable de inversión sostenible en el tiempo.

2.3 Contexto actual del sector

Se estima que el consumo de agua embotellada en el mundo alcanzó los 391 mil millones de litros en 2017, cantidad que se ha incrementado desde los 212 mil millones de litros registrados en 2007. Beverage Marketing Corporation sostiene que hasta el año 2015, México era el país líder en consumo de agua embotellada, dejando a naciones como Tailandia, Italia, Alemania y Francia detrás. En mercados como el de Estados Unidos, entre las marcas de agua embotellada más populares se encuentran las marcas libres seguidas de Dasani, Aquafina, Nestlé Pure Life y Glaceau Smart Water. (Merca20, 2018).

En la figura 4 se muestra el consumo de agua embotellada en el mundo para el año 2017 y esta sigue aumentando. Por ejemplo, en el Reino Unido actualmente el consumo de agua embotellada por persona es de 40 litros al año mientras que los años 2012 dicho consumo era de 34 litros por lo que este ha aumentado un 20% aproximadamente. Dicho consumo sobrepasa el consumo de jugos y vino en dicho país. (Magnet, 2020).

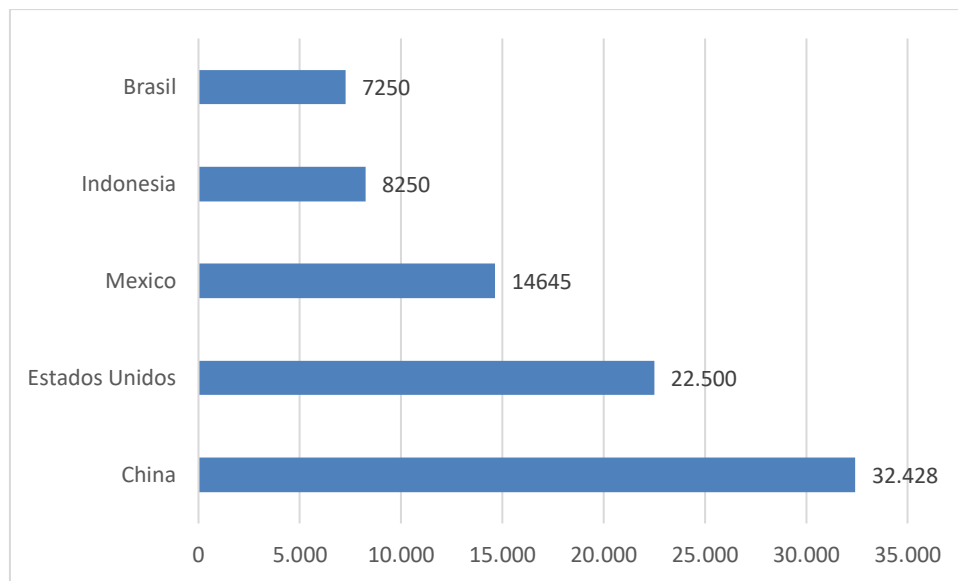


Figura 4 Consumo Mundial de Agua Embotellada (expresada en miles de millones de dólares)

Asimismo, los principales competidores mundiales de agua embotellada se aprecian en la tabla 6

Tabla 6 Principales competidores mundiales de agua embotellada 2018

Empresas	Descripción	País
Nestlé	Compañía que ocupa el puesto número uno en la venta de agua embotellada a nivel mundial. Presencia en 36 países, 97 plantas de producción y 64 marcas. Distribuye sus botellas en 130 mercados. Entre sus marcas más conocidas se cuentan Nestlé Pure Life, Santa María, Perrier, Nestlé Agüitas, San Pellegrino, Agua Gerber y Poland Spring	Suiza
Danone	Ocupa el segundo lugar. Las principales marcas de su portafolio son Aqua, Evian, Volvic y Bonafont. Sus ventas anuales ascienden a 18.000 millones de litros de agua embotellada	Francia
Coca cola	Ocupa el tercer lugar en la producción y comercialización de agua envasada en el mundo. La primera marca de su línea de productos fue Dasani comercializando además <i>Gláceau Smartwater</i> .	Estados Unidos
PepsiCo	Se ha consolidado en el cuarto lugar. Sus marcas más conocidas son Aguafina y <i>Lifewater</i> .	Estados Unidos

Fuente: Código pe (2017)

En el Perú el mercado de agua embotellada continua en crecimiento y la oferta actual no cubre la demanda; de acuerdo a (EUROMONITOR, 2018), esta demanda se refleja en el crecimiento sostenido en el mercado peruano que se aprecia en la Tabla 7

Tabla 7 Mercado Embotellado Perú (millones de litros) 2015-2018

Producto	2015	2016	2017	2018	2019 P
Botella Agua	1140	1252	1362	1477	1596
Carbonatada	3352	3399	3417	3455	3508
Energéticas	878	961	1043	1129	1513
Jugos	903	931	949	970	994
Otros	448	507	572	636	706
Total	6721	7050	7343	7667	8317

Fuente: EUROMONITOR (2018)

Respecto a marcas de agua embotellada en la figura 5 se muestra la distribución de la participación de las marcas de agua embotellada en Lima Metropolitana

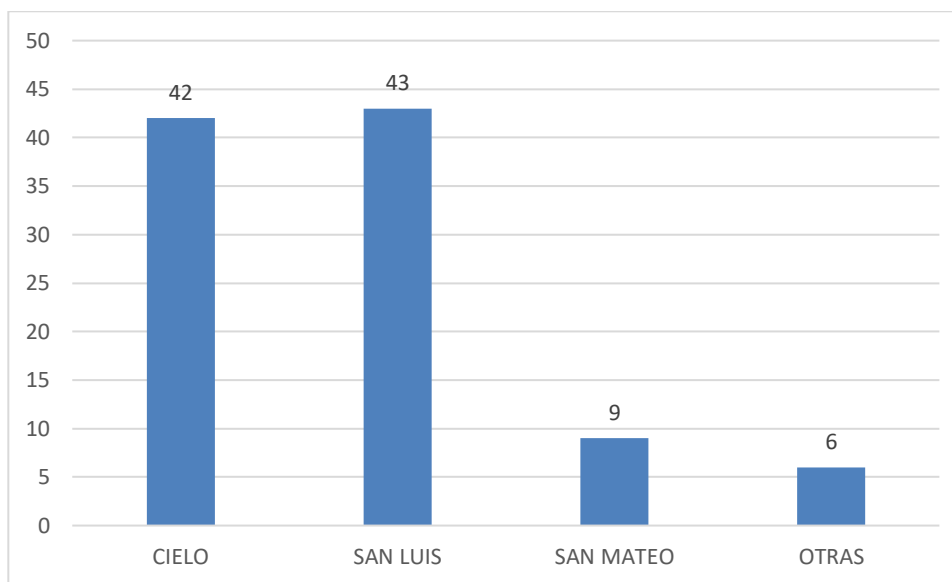


Figura 5 Participación de Mercado en Lima Metropolitana 2015 (expresado en Porcentaje)

Fuente: Codigo.pe (2015)

El ingreso de marcas importadas al mercado local muestra que hay un sector premium que busca un consumo de agua de mejor calidad. El origen de estas importaciones se encuentra en

su mayoría en Francia, Colombia, Italia y Noruega. La primera marca en importaciones es Evian, con un 37,9% de participación en este segmento. Dicho segmento representó, en 2016, 0,13% de consumo total de agua embotellada. (Cedron, Lopez, & Sanchez, 2019).

En mérito a lo descrito, muchas personas en Lima metropolitana están buscando productos saludables, como líquido para mejorar su calidad de vida y sentirse bien. Por eso surge la idea de implementar una planta de tratamiento de agua de mesa para obtener agua embotellada de primera calidad apta para consumo humano logrando mejorar el estilo de vida del consumidor y satisfacer la demanda.

2.4 Normativas

En la Tabla 8 se aprecia la normativa que rige el sector de aguas embotelladas en el Perú

Tabla 8 Normativa que rige el sector de agua embotellada en el Perú

Normativa	Descripción
Ley 26842	Ley General de Salud
Ley 29571	Código de protección y Defensa del Consumidor
DL 1062	Ley de la Inocuidad de los alimentos
DS 007-98	Reglamento sobre Vigilancia y Control de los alimentos
DS 031-2010SA	Reglamento de la Calidad de Agua Para consumo Humano
NTP 214.004 19822	Reglamento de Agua embotellada
NTP 21.024.1988	Reglamento de Agua Mineral
NTP 900.079-2014	Envases y Embalajes. Guía Terminológica en el campo del biodegradable
NTP 900.080-2014	Envases y Embalajes. Requisitos de los envases y embalajes biodegradables

Elaboración propia (2020)

La explicación de las leyes que afectan el envase de agua se detalla a continuación:

Ley 28642: Ley que define las características de las normas y procedimientos de salud para la población garantizando la inocuidad del producto.

Ley 29571: Normas que definen la protección y defensa del consumidor garantizando los derechos que tiene la población.

Decreto Ley 1062 Ley que garantiza que todo producto debe cumplir los cánones sanitarios que protejan la salud de la población

Decreto Ley 007-98 Reglamento que define las características que debe tener un producto alimenticio. Ello incluye el agua envasada

DS 031-2010 SA Reglamento que especifica los parámetros técnicos que debe tener el agua para el consumo humano; cantidad de sales, minerales, pH y otros criterios

NTP 214.004.19822 Norma técnica peruana que indica los parámetros normales del agua embotellada

NTP 21.024.1988 Norma técnica peruana que indica los parámetros normales del agua mineral

NTP 900.079-2014 Norma técnica peruana sobre envases y embalajes. Guía Terminológica en el campo del biodegradable

NTP 900.800-2014 Norma técnica peruana sobre envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes biodegradables

2.5 Índice de abreviaturas

PTAR	Planta de Tratamiento de aguas Residuales
PTAG	Planta de Tratamiento de aguas grises
PTARI	Planta de tratamiento de aguas residuales industriales
PTAP	Planta de Tratamiento de agua potable
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
OMS	Organización Mundial de la Salud
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
ANA	Autoridad Nacional del Agua

2.6 Concepto de los procesos

2.6.1 Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa es una herramienta práctica, muy utilizada para realizar el análisis de las causas-raíces en evaluaciones de no conformidades; también es conocido como Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de Causa y Efecto, es una herramienta

de la calidad que ayuda a levantar las causas-raíces de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso. Creado en la década de 60, por Kaoru Ishikawa, el diagrama tiene en cuenta todos los aspectos que pueden haber llevado a la ocurrencia del problema, de esa forma, al utilizarlo, las posibilidades de que algún detalle sea olvidado disminuyen considerablemente. En la metodología, todo problema tiene causas específicas, y esas causas deben ser analizadas y probadas, una a una, a fin de comprobar cuál de ellas está realmente causando el efecto (problema) que se quiere eliminar. Eliminado las causas, se elimina el problema. Es posible aplicar el diagrama de Ishikawa a diversos contextos y de diferentes maneras y sirve para:

- Determinar las causas principales y secundarias de un problema (efecto).
- Ampliar la visión de las posibles causas de un problema, viéndolo de manera más sistémica y completa.
- Identificar soluciones, levantando los recursos disponibles por la empresa.
- Generar mejoras en los procesos (Blog de la calidad, 2018)

2.6.2 Diagrama de Pareto

El Principio de Pareto define el concepto que, en la mayoría de las situaciones, el 80% de las consecuencias son el resultado del 20% de las causas. Esto puede ser muy útil para tratar no conformidades, identificar puntos de mejora y definir qué planes de acción deben ser atacados primero en lo que se refiere a la prioridad.

Según la metodología, los problemas referentes a la calidad de productos y procesos, que resultan en pérdidas, pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Pocos vitales: Representan pocos problemas que resultan en grandes pérdidas;
- Muchos triviales: Representan muchos problemas que resultan en pocas pérdidas.

El diagrama de Pareto muestra un gráfico de barras que permite determinar, por ejemplo, qué problemas se deben resolver primero. Por medio de las frecuencias de las ocurrencias, de la mayor a la menor, es posible visualizar que, la mayoría de las veces, hay muchos problemas menores ante otros más graves, que representan mayor índice de preocupación y mayores pérdidas para la organización.

Para establecer un diagrama de Pareto se debe:

- Determinar el tipo de pérdida / problema que desea investigar.
- Especificar el aspecto de interés del tipo de pérdida que desea investigar.
- Organizar una hoja de verificación con las categorías del aspecto que se ha decidido investigar.
- Llenar la hoja de verificación.
- Organizar las categorías en orden decreciente de frecuencia, agrupando aquellas que ocurren con baja frecuencia bajo denominación “otros” y calcule el total.
- Calcular las frecuencias relativas y las frecuencias acumuladas. (Blog de la calidad, 2018).

2.6.3 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto y, además, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto. Desarrollado por Henry Laurence Gantt a inicios del siglo XX, el diagrama se muestra en un gráfico de barras horizontales ordenadas por actividades a realizar en secuencias de tiempo concretas. Las acciones entre sí quedan vinculadas por su posición en el cronograma. El inicio de una

tarea que depende de la conclusión de una acción previa se verá representado con un enlace del tipo fin-inicio. También se reflejan aquellas cuyo desarrollo transcurre de forma paralela y se puede asignar a cada actividad los recursos que ésta necesita con el fin de controlar los costes y personal requeridos. (OBS, 2019).

2.6.4 LEAN Manufacturing

El *Lean Manufacturing*, o también llamado *Lean Production*, es un método de organización del trabajo que se centra en la continua mejora y optimización del sistema de producción mediante la eliminación de desperdicios y actividades que no suman ningún tipo de valor al proceso. Su objetivo fundamental es el de minimizar las pérdidas que se producen en cualquier proceso de fabricación, y en utilizar solo aquellos recursos que sean imprescindibles. Así, eliminando el despilfarro se mejora la calidad y se reducen el tiempo de fabricación y los costes. (Touron, 2016).

2.6.5 Modelo *Just in time*

El modelo *just in time* es una filosofía industrial que puede resumirse en fábricas con productos estrictamente necesarios, en el momento preciso y en las cantidades debidas y define la forma en que debería gestionarse el sistema de producción. Implica la eliminación de todo lo que implique desperdicio o despilfarro en el proceso de producción desde las compras hasta la distribución. Es una metodología para alcanzar la excelencia en una empresa de manufactura, basada en la eliminación continua de desperdicios como inspecciones, transportes entre máquinas, almacenajes o preparaciones. (Arntd, 2005).

Este define los objetivos del método *just in time* que son:

- Procesamiento continuo sin interrupciones de la producción.

- Mejorar la competitividad de la empresa reduciendo los costos y eliminando los desperdicios.
- Identificar y responder a las necesidades de los clientes.
- Reducción de desperdicios no deseada.
- Desarrollar una relación fiable con los proveedores.
- Aumentar la eficacia del plan de operaciones de la planta.

Por otro lado, de acuerdo a Hay (1998) existen siete elementos del *Just in time* de los cuales seis son internos y uno externo. (Albano , y otros, 2008). Estos se muestran en la

Tabla 9

Tabla 9 Elementos del Just in time

Elemento	Descripción	Tipo
1	Filosofía Just in time en si misma (eliminación del desperdicio)	Interno
2	Calidad en la fuente	Interno
3	Carga fabril uniforme	Interno
4	Operaciones coincidentes ya sea en celdas de maquinarias o tecnología grupal.	Interno
5	Tiempo mínimo de aislamiento de maquinas	Interno
6	Sistema Kanban (<i>Pull</i>) y operaciones eslabonadas	Interno
7	Compras just in time	Externo

Nota: Recuperado de Albano et al (2008)

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1 Contexto General

Culminando mi formación profesional técnica SENATI, ingreso a la empresa Ecofil SAC como técnico electricista industrial el 02 de agosto de 2012, en el rubro de sistemas de tratamientos de aguas. Con el paso de tiempo en el año 2014 decido estudiar la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Privada del Norte en la modalidad de *working adult* UPN. Durante mi formación universitaria trabajé en paralelo en el cargo de supervisión de personal de mantenimiento, e implementación de equipos.

A partir del décimo ciclo asumo el cargo de jefe de ingeniería de proyectos; en ese entonces la empresa Ecofil SAC contaba con una planta de tratamiento de agua de mesa en distrito de Lurín, lo cual presentaba problemas con respecto a la calidad de agua, el incremento de costos en el transporte y la mano de obra.

Es allí donde nace la idea de implementar una planta de tratamiento de agua de mesa embotellada para reducir los factores contaminantes presentes y reducir los costos de proceso. Para ello se desarrolla el proyecto en un terreno ubicado en distrito de Cercado de Lima, ya que se contaba con un área de 90 m² para la ubicación de la nueva planta de agua de mesa.

El 15 de enero del año 2018, se programa una reunión con los encargados del proyecto por la orden de la gerencia, para la planificación del proyecto, la obra civil, el diseño de la capacidad de los equipos la coordinación con el área logística y la implementación del cronograma de trabajo.

En la Tabla 10 se detalla las personas involucradas en el proyecto

Tabla 10 Personal Involucrado en el Proyecto

Personal	Cargo
Luis Alberto Quenaya Palacios	Gerente General
Roger Casimiro Daniel	Jefe de Producción
Alex Palacios Quispe	Jefe del área eléctrica
Juan Chipana Amaro	Jefe de Ingeniería de Proyectos

Las funciones que desarrollo en la planta son las siguientes

- Planificar los procesos de los proyectos.
- Análisis de los tiempos.
- Diseñar la capacidad del sistema de acuerdo a la demanda solicitada.
- Calcular la potencia de las bombas centrifugas.
- Coordinar con los clientes.
- Programar el personal para cada servicio.
- Fabricar estructuras de metal para cada equipo de tratamiento de agua.
- Programar las válvulas automáticas de diferentes modelos.
- Capacitar a los clientes para la operación de plantas de tratamientos de agua de mesa, plantas de tratamientos de aguas residuales y plantas de tratamientos de aguas grises.

El objetivo del proyecto fue terminar en la fecha programada, esperando una calidad de agua apta para beber que cumpla con los parámetros de calidad de agua (LMP).

3.2 Descripción de Actividades

3.2.1 Relacionadas a establecer el contexto (actividades internas)

Para encontrar las causas del problema planteado de mejorar la calidad del agua dentro de la planta se plantea un diagrama de Ishikawa o diagrama causa efecto que se observa en la figura 6

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MESA EMBOTELLADA PARA REDUCIR LOS FACTORES CONTAMINANTES DEL AGUA EN LA EMPRESA ECOFIL SAC EN LIMA”

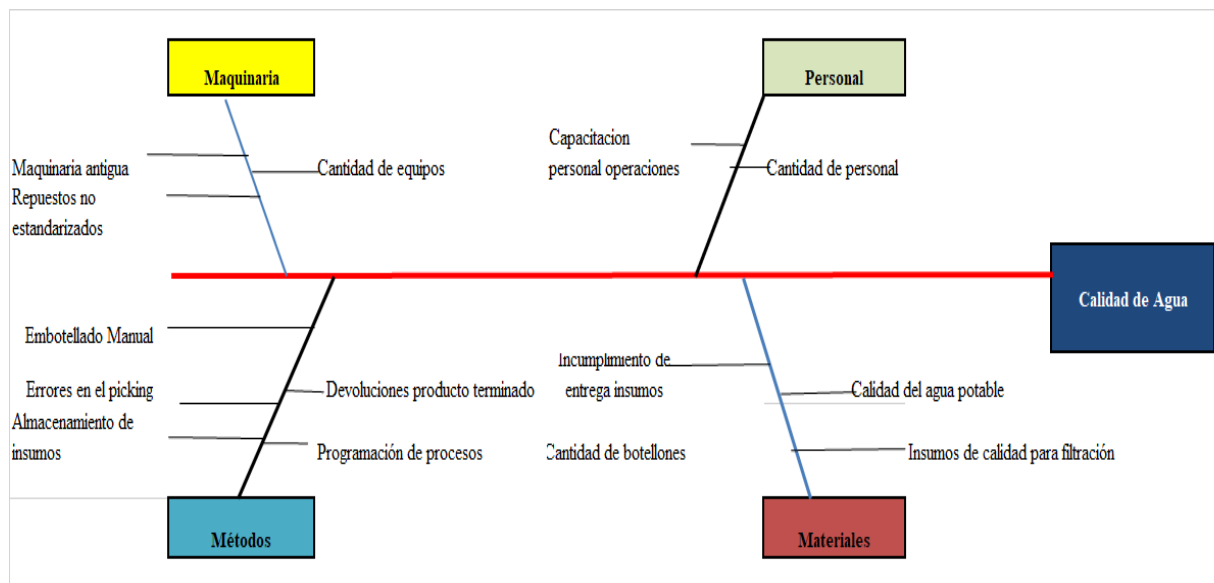


Figura 6 Diagrama de Ishikawa Causa efecto

A continuación, se detalló un registro de observaciones presentadas en la planta para determinar los problemas presentados en la calidad del agua y se muestra en la tabla 11

Tabla 11 Registro de Observaciones para nivel de servicio

AREA	CAUSAS	N.º Incidentes	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
Materiales	Calidad Agua Potable	19	19%	19%
Personal	Falta de Capacitación personal operaciones	12	12%	31%
Métodos	Insumos de calidad filtración	12	12%	43%
Métodos	Almacenamiento de Insumos	10	10%	52%
Métodos	Errores en el picking	8	8%	60%
Maquinaria	Repuestos no estandarizados	8	8%	68%
Materiales	Cantidad de botellones	7	7%	75%
Maquinaria	Equipos antiguos	7	7%	82%
Métodos	Programación de Procesos	6	6%	88%
Materiales	Incumplimiento de entrega insumos	5	5%	93%
Personal	Cantidad de personal	5	5%	98%
Métodos	Devoluciones producto terminado	2	2%	100%
Total		101	100%	

En base a dicha información se plantea el diagrama de Pareto que se muestra en la figura 7

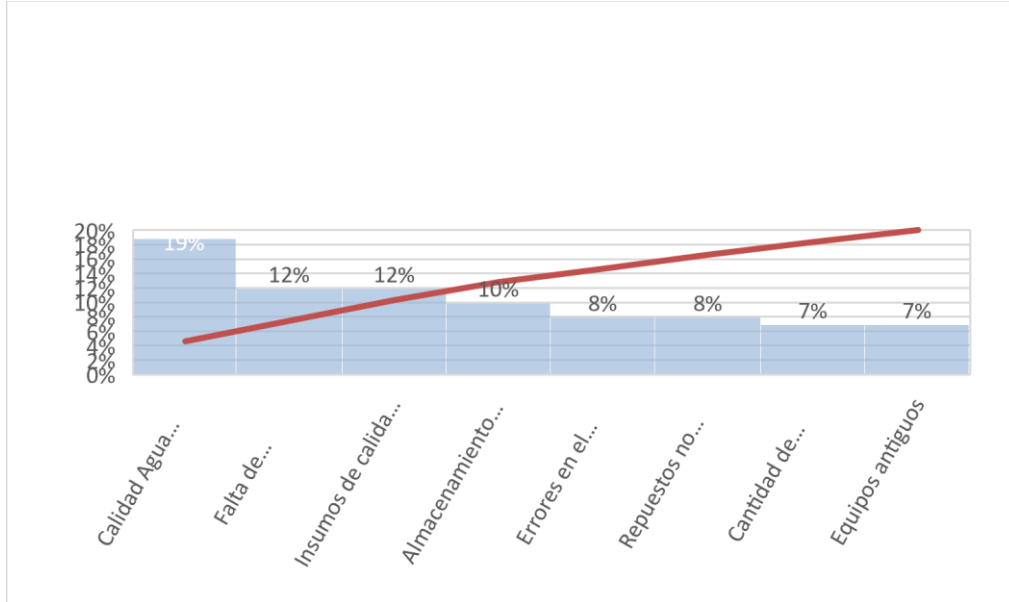


Figura 7 Diagrama de Pareto Calidad de Agua ECOFIL

Dicha información permite plantear el árbol de problemas que se muestra en la figura 8

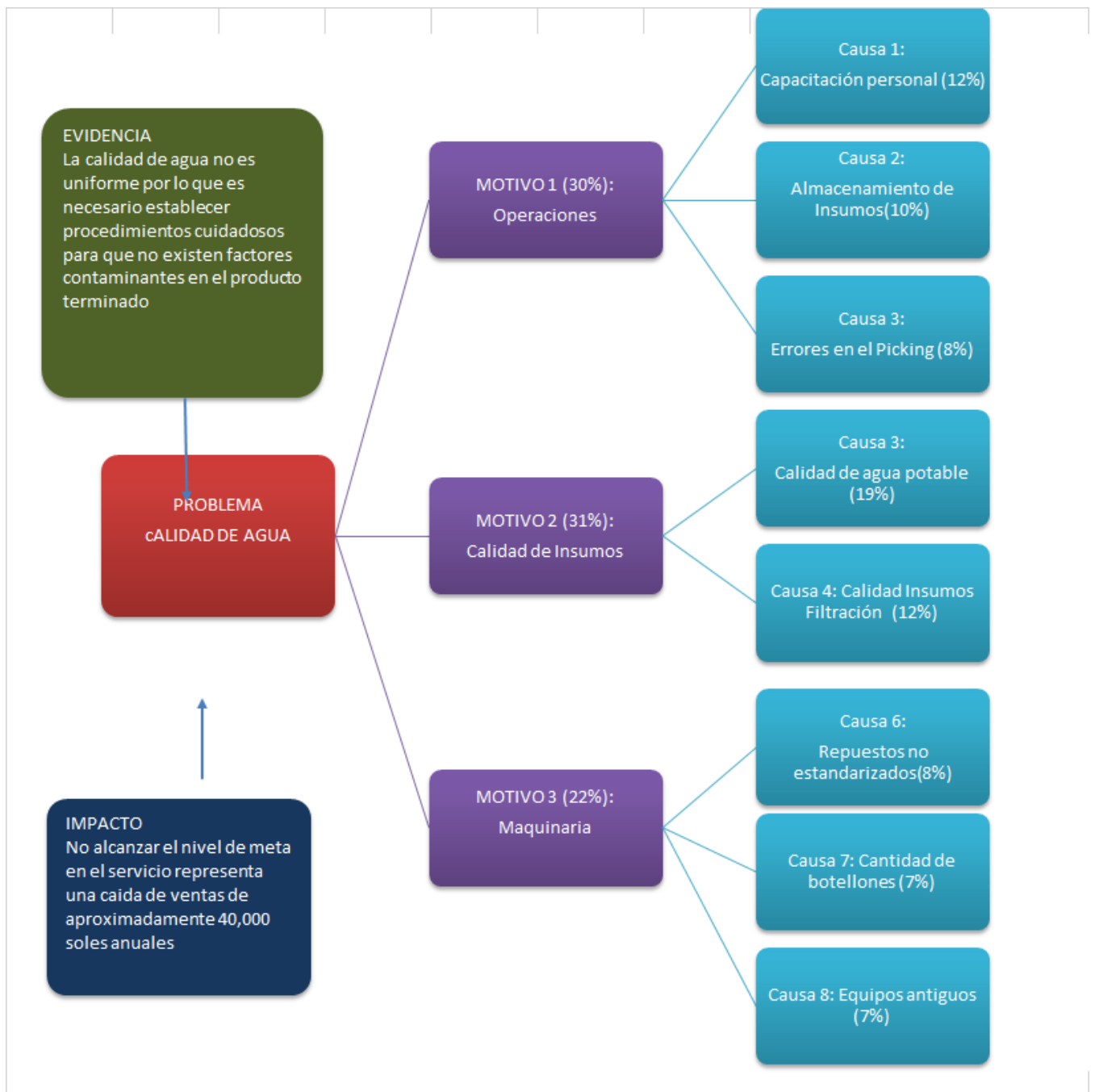


Figura 8 Árbol de Causas

En base a las causas identificadas se plantea el Cronograma a través de un diagrama de Gantt que permite fijar tiempos para la implementación del proyecto y se muestra en la figura 9

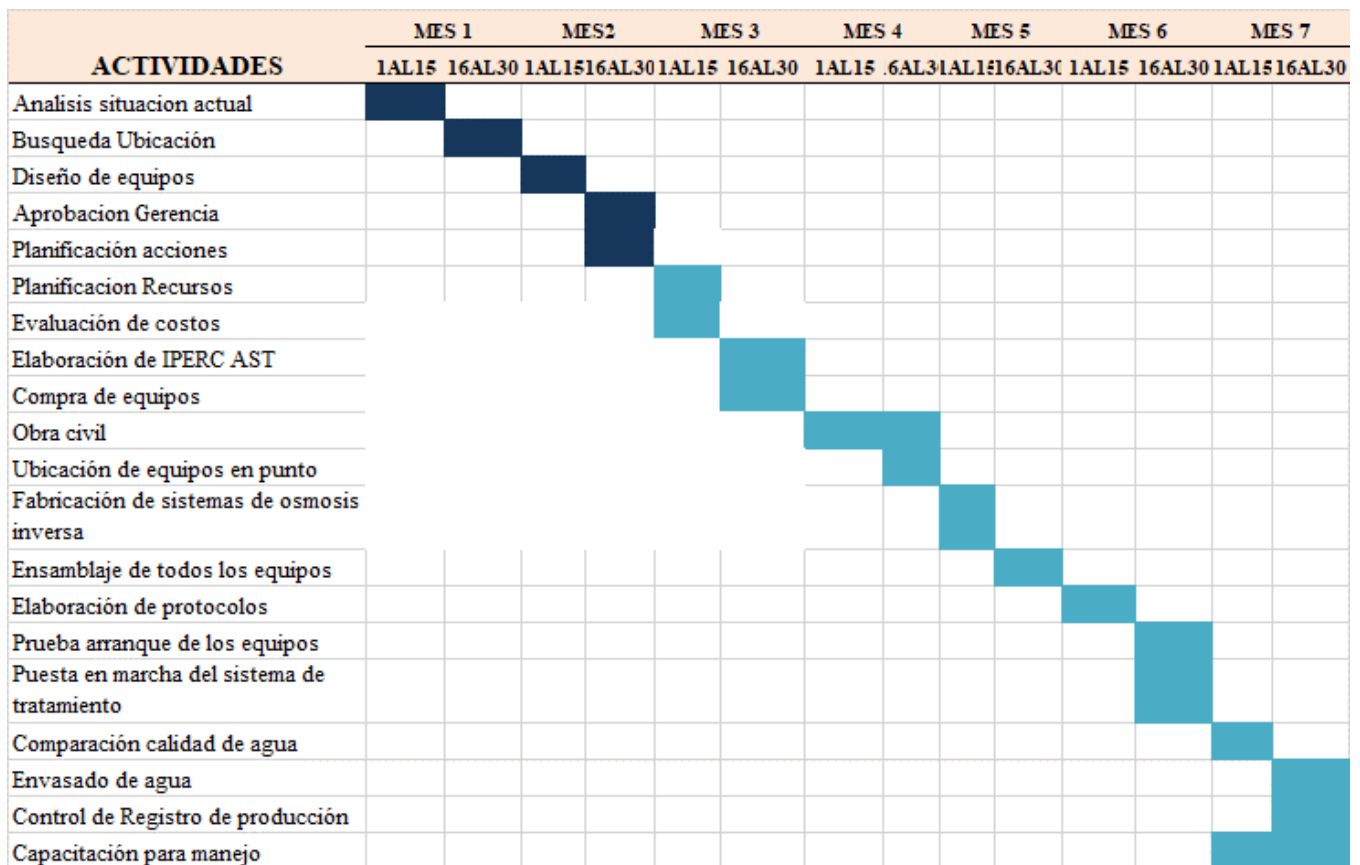


Figura 9 Cronograma de Actividades

3.2.2 Relacionadas al enfoque del proceso.

El agua potable o agua de red pública es el agua que se puede consumir o beber sin que exista peligro para la salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar la salud de los consumidores. Por eso, el punto de inicio para el proceso de tratamiento se requiere la red de agua potable para que sean óptimo los resultados de agua de mesa. En dichos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano. Desde el pozo de almacenamiento de 150 m³ bombea la bomba centrífuga hacia el sistema bajo una presión 50 psi a través de una red de tuberías llamadas red de abastecimiento o red de distribución de agua.

Los equipos requeridos son:

Filtro de Cuarzo para Sedimentos:

El Filtro de cuarzo autolimpiable 14” x 43” ECOFIL, es la primera fase del procesamiento de tratamiento de Agua de Mesa; por medio de este, el agua cruda es filtrada, eliminando la mayor parte de sólidos suspendidos y sedimentables que se encuentran en el agua potable, con una filtración y retención de hasta 5 a 10 micrones nominales tales como: partículas, mohos, óxidos y arenillas; elementos que son arrastrados durante su trayecto desde la planta potabilizadora, este estará en un Tanque Acero inoxidable. Cuenta con una Válvula Manual Pentair para operar la producción, el servicio y el retro lavado. La presión de operación es de 50 PSI, si se observa un diferencial de presión de 10PSI como máximo, esto indica que el material está saturado y se debe de realizar el cambio del material filtrante de forma inmediata.

Tiempos de retro lavado:

Retro lavado lento: 10 minutos

Enjuague rápido: 5 minutos

Filtro de Carbón Activado:

El filtro Carbón Activado automático 14” x 43” ECOFIL, es la segunda fase del tratamiento de agua de mesa, tiene la propiedad de eliminar o adsorber los compuestos orgánicos presentes en agua clorada. Esta fase es indispensable en el tratamiento de agua de mesa ya que elimina el olor, color y cloro residual presente, dándole calidad y transparencia al “AGUASANI”. Este filtro es filtración rápida y automático mediante un ciclo de retro lavado o contra flujo el cual permite la eliminación de sedimentos retenidos y restaurar la performance de filtración normal. Cuenta con una válvula automático Pentair, modelo 263.

Equipo Ablandador Master y Esclavo:

La función de un sistema suavizador, suavizante o ablandador es eliminar la dureza del agua de pozo, mediante la eliminación de magnesio y calcio que el agua contiene en forma disuelta, carbonatos de magnesio y calcio. Estas sales entran en el calcio natural del agua, se solubilizan ya sea al filtrarse a través de los diferentes sustratos de la corteza terrestre en acuíferos, manantiales, pozos o en ríos en el viaje del agua hacia el mar, ya que el lecho de los ríos es rico en dichos minerales. El filtro suavizador quita la dureza de hasta 35 ppm. La regeneración del filtro ablandador consiste en la restitución de las propiedades químicas iniciales de la resina de intercambio catiónico o suavizadora por medio de una solución salina contenida en el tanque de salmuera, ya que a medida que el filtro suavizador elimina las sales de magnesio y calcio estas quedan retenidas en el filtro suavizante llegando a un punto de saturación de la resina suavizadora. Por esta razón se debe regenerar periódicamente la resina de intercambio catiónico. El sistema cuenta con dos tanques de 16” x 64” que trabaja en forma alternada. La regeneración es de acuerdo al volumen del agua, cuando llega al mínimo que es cero envía realizar la regeneración la válvula automática master y en seguida se pone en servicio tanque dos. Cada tanque de 16” x 64” contiene 4 p³ de resina catiónica.

Tanque de salmuera:

El tanque de salmuera de 170 litros contiene una solución con gran cantidad de concentración de sal. La succión y reposición del flujo es controlado por la válvula master 9500 pistón. Se debe agregar 20 kg de sal industrial en cada regeneración.

Microfiltración de 20” X 4” x 1μ:

Este filtro cumple la función de filtración para la eliminación de micro- partículas persistentes en el agua antes del ingreso a la osmosis inversa. En esta etapa, el agua pasa

por un elemento filtrante o cartucho de 1μ , eliminando micropartículas mayores de 1μ . Esta es la parte más importante del tratamiento porque elimina los huevos más pequeños que son muy peligrosos para la salud, por su alta resistencia a químicos desinfectantes. Cuando existe un diferencial de entre 10 PSI como máximo, estos deberán ser reemplazados por cartuchos nuevos. Para que los cartuchos sean reemplazados, la carcasa deberá ser purgada con válvulas manuales o el botón de purga en la parte superior, el sistema deberá estar apagado en su totalidad y maniobrar con la llave proporcionada con el sistema.

Equipo de Ósmosis Inversa

El equipo de Osmosis inversa se encuentra diseñado y ensamblado para que su trabajo sea en forma automática. Este a su vez fue diseñado de acuerdo a los parámetros de calidad y flujo suministrado por el usuario. Cabe mencionar que una posible causa de daño en las membranas es la precipitación de sales en las membranas la cual debe ser prevenida siempre. Revisar el análisis fisicoquímico actual. El sistema tiene un sensor de baja presión el cual esta interconectado a la bomba de alta, sobre el cual, si no es detectado al menos 20 PSI en el ingreso al sistema, este no se activará. El equipo a su vez tiene conectado un sistema automático de nivel a la salida del permeado, el cual pondrá a todo el equipo en espera una vez activado. El equipo de Osmosis Inversa tiene varios sistemas de control como son los medidores de caudal, tres medidores de presión de ingreso que debe trabajar en 50 psi, presión de rechazo 150 psi y presión de reciclaje 140 psi. Tres flujómetros, dos de 0 a 17 GPM y uno de 0 a 15 GPM. La regulación de servicio 9 GPM, la regulación de rechazo y reciclaje son 4 GPM. Monitor de conductividad, los cuales deben llevar registros diarios para así poder evidenciar el comportamiento de la planta.

Flujómetro de ingreso agua dura:

Este flujómetro es para la regulación del agua que ingresa de la salida de los filtros de cuarzo y carbón activado para la mezcla con el agua procesada de osmosis inversa, la mezcla se hace con la finalidad de aumentar sales en 1% mínimo ya que la osmosis inversa elimina totalmente las sales. Para este proceso cuenta con un sensor que controla PPM – Total de solidos disueltos.

Microfiltración BB de 10” X 4” x 1μ:

Este equipo elimina los micros residuos bacteriales que son muy peligrosos para la salud, por su alta resistencia a químicos desinfectantes de agua filtrada por los filtros cuarzo y carbón activado.

Mezclador Estático 10” x 4”:

Tiene como finalidad mezclar el agua dura filtrada por los filtros de cuarzo y carbón activado con el agua procesada por osmosis inversa Su funcionamiento es totalmente hidráulico, por lo que la operación es muy confiable y económica, al no requerir energía eléctrica.

Equipo Esterilizador Ultravioleta 10 G.P.M:

El equipo Esterilizador por Rayos Ultravioleta tiene la finalidad de mantener la calidad de agua de mesa. Al agua tratada se le aplica entre 200 - 300nm de rayos ultravioleta, para asegurar la calidad de cualquier contaminación de bacterias y virus; de esta manera el agua queda totalmente esterilizada y lista para el consumo directo; a partir de este punto, el agua podrá ser utilizada para la preparación de alimentos, jugos, néctares, bebidas enriquecidas, etc. Sin necesidad de ser hervida.

Tanque de Almacenamiento de Agua de Mesa 5 m³:

Este tanque de almacenaje y decantado con ozono por un tiempo corto; es muy importante para regular la concentración del ozono en el agua antes del envasado. De este tanque almacena agua que es enviada por una bomba centrífuga DAB de 1.36 hp de acero inoxidable así el tanque de contacto y llenadora. Este tanque es de polietileno.

Bombeo de Envasado y Recirculación:

Consta de una Electrobomba DAB de 1.36 hp recirculación, que tiene la función de presurizar el agua para el envasado a su vez inyector de ozono a la línea y al tanque. Recircular el agua desde el tanque de contacto hacia los puntos de envasado y retorno al mismo para concentrar el ozono de acuerdo lo requerido. El trabajo de la Electrobomba es gobernado por un tablero de control automático.

Generador de Ozono:

Para el procesamiento del envasado del agua de mesa, es indispensable la protección de la misma, frente a los contaminantes orgánicos que viven en el medio, y pueden existir en el envase, la tapa, y medio ambiente. El ozono es un potente oxidante y esterilizante generado a partir del oxígeno del aire o del oxígeno purificado; se aplica al agua purificada a través de un inyector de material altamente resistente a la corrosión llamado Venturi. Cuenta con un sistema de bypass que regular ambos caudales, tanto del agua como del ozono. Esta etapa es indispensable en el envasado de agua de mesa, ya que el agua pura no tiene preservantes.

Tanque de Contacto:

La finalidad del tanque de contacto es la residencia por un corto tiempo que realiza una mezcla completa con el ozono, antes de la llenadora.

Lavadero de Botellas de 20 Litros:

Este equipo cuenta con una bomba centrífuga de 0.5 hp la cual funciona con un temporizador regulable del tiempo según el estado de las botellas. El agua utilizada es agua procesada antes de la llenadora para lo que se lavan dos botellas de 20 litros en forma vertical con la boca hacia abajo, la operación del lavado es solo con un pulso en el tablero de control.

Envasadora Doble:

Fabricada en acero inoxidable, es versátil y de uso práctico, cuenta con una cámara distribuida con 02 (dos) salidas de agua para el llenado de los botellones, 01 (una) entrada de agua pura y 01 (una) salida de agua de retorno. Dicho equipo puede envasar al mismo tiempo los botellones y botellas. La envasadora está fabricada totalmente de SS con sistema de drenaje sanitario.

Tablero de control Eléctrico:

Este tablero converge el circuito eléctrico y automatiza su funcionamiento en el procesamiento de agua de mesa, fabricado exclusivamente para este uso, equipado con sus respectivas llaves térmicas de protección y contactores. Fabricado para la estructura de la osmosis inversa y adosado a la pared, operar manualmente solo para pruebas cada componente o seleccionar en forma automática. Posee lampareras de señalización e interruptores de encendido y apagado. Es fabricado con mejores marcas de accesorios de marca reconocida siemens.

Estructuras de Acero Inoxidable:

La planta de tratamiento de agua de mesa (PTAM) esta soportado y anclado todos los componentes a una estructura de acero inoxidable para asegurar y facilitar su instalación, operación y transporte. Esta estructura está compuesta de:

- Base con accesorios de aseguramiento para el piso.
- Estructura para anclaje de los filtros, tablero, esterilizador UV.
- Abrazaderas y sujetadores de acero inoxidable.
- Pernos y huachas de acero inoxidable.
- Tacos de caucho contra vibración.

Instrumentación:

La instrumentación es muy importante en el envasado de agua de mesa. Para ello se cuenta con:

- Control de presión: manómetros, retro lavado, enjuague, saturación de filtros, inyección de ozono, lámpara UV, y resistencia de componentes.
- Control de caudal: caudalímetros o rotámetros en envasado, retro lavado, enjuague y limpieza.
- Medición de tiempo: (horómetros y temporizadores) es importante para el control de tiempo de vida de los componentes en las plantas de tratamiento de agua de mesa (PTAM).

En la tabla 12 se aprecia un resumen de equipos requeridos y sus características

Tabla 12 *Resumen de los equipos Utilizados*

Equipo	Características	
Filtro de Cuarzo para sedimentos	Marca	Ecofil
	Tamaño	14” x 43”
	Material	Acero Inoxidable
	Operación	Manual
	Medio filtrante	Cuarzo unigranular
	Carga de cuarzo	2 p ³
	Presión de trabajo	40 – 60 psi
	Conexión de entrada	1” NPT
	Conexión de salida	1” NPT
Filtro de Carbón Activado	Marca	Ecofil
	Medidas	14” x 43”
	Material	Acero Inoxidable
	Operación	Automático
	Medio filtrante	Carbón activado granulado
	Presión de trabajo	40 – 60 psi
	Conexión de entrada	1” NPT
	Conexión de salida	1” NPT
Equipo Ablandador	Marca	Pentair
	Material	poliglass
	Operación	Automático
	Medio filtrante	Resina catiónica
	Presión de trabajo	40 – 60 psi
	Conexión de entrada	1” 1/2
	Conexión de salida	1” ½
	Cant. Medio filtrante	4 p ³
Carcasa de Microfiltración	Conexión Out	1” ½
	Marca	Pentair
	Procedencia	Estados Unidos
	Modelo	PF 20
	Medidas	4.5” X 20” X 1 μ

Fuente: Manual de Operaciones ECOFIL (2018)

En las figuras siguientes se aprecia los equipos instalados en la planta embotelladora



Figura 10 Primer proceso de filtración: filtro de cuarzo y carbón activado

Fuente: Manual de operaciones ECOFIL (2018)



Figura 11 Ablandador Twin de agua

Fuente: Manual de operaciones ECOFIL (2018)



Figura 12 Equipo de Ósmosis Inversa

Fuente: (ECOFIL, 2018)



Figura 13 Lámpara ultravioleta de 10 GPM

Fuente: Manual de operaciones ECOFIL (2018)



Figura 14 Tanque de almacenamiento de agua tratada

Fuente: Manual de operaciones ECOFIL (2018)



Figura 15 Mezclador de Ozono

Fuente: Manual de operaciones ECOFIL (2018)



Figura 16 Tanque de contacto de Ozono

Fuente: Manual de operaciones ECOFIL (2018)



Figura 17 Lavador de bidones de 20 litros

Fuente: Manual de operaciones ECOFIL (2018)



Figura 18 Embotelladora de agua de mesa de 20 litros

Fuente: Manual de operaciones ECOFIL (2018)

El diagrama de Operaciones de Procesos se observa en la figura 19



Figura 19 Diagrama de Operaciones para Embotellado de Agua

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Diagnóstico del estado actual

Desde que laboro en empresa y cada año se ha instalado plantas en diversos la empresa (2012). He estado al tanto de los avances que ha tenido en diferentes lugares del país. Ello se justifica en la calidad y el buen nombre que ha ganado la empresa a lo largo de los años.

En la tabla 13 se aprecia la relación de las plantas instaladas desde los años 2012 al año 2020

Tabla 13 *Plantas Instaladas por Ecofil 2012-2019*

AÑO	TIPO PLANTA	CAPACIDAD (M3/DIA)	EMPRESA	LUGAR
2012	AGUAS RESIDUALES	60	BUENAVENTURA S.A.A.	Huancavelica
2012	AGUA POTABLE	48	MINERA ARES S.A.C.	Arequipa
2013	AGUAS RESIDUALES	50	MINERA CORONA S.A.	Huancayo
2013	AGUAS RESIDUALES	SD	MINERA CORONA S.A.	Huancayo
2013	AGUAS RESIDUALES	60	MINERA PODEROSA S.A.	Trujillo
2013	AGUAS INDUSTRIALES	SD	PESQUERA DIAMANTE S.A.	Piura
2014	AGUAS RESIDUALES	20	COLEGIO	Chiclayo
2014	AGUAS RESIDUALES	30	TASA S.A.	Chimbote
2015	AGUAS RESIDUALES	16	REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.A.	Ventanilla
2017	AGUAS RESIDUALES	20	PESQUERA CENTINELLA S.A.C.	Chimbote
2018	AGUA POTABLE	72	STARLYN S.A.C.	Ancash
2018	AGUA DE MESA	100	ECOFIL S.A.C.	Cercado de Lima
2018	AGUAS RESIDUALES	20	ALTAMAR FOODS Srl.	Piura
2020	AGUA POTABLE	26.4	CONSTRUCTORA MALAGA HNOS S.A.	Piura

Por otro lado, Ecofil también instala equipos para plantas en funcionamiento. En la Tabla 14 se muestra el tipo de equipos y las empresas donde se han instalado.

Tabla 14 Equipos Purificadores instalados Año 2014-2020

AÑO	TIPO DE EQUIPO	EMPRESA	UBICACIÓN
2014	TRATAMIENTO ABLANDADOR	QUAD GRAPHICS S.A.	Lima
2018	TRATAMIENTO OSMOSIS 7GPM	DARYZA S.A.C.	Lurín
2018	TRATAMIENTO ABLANDADOR 40 pies3	HOTEL MARRIOTT	Lima
2018	TRATAMIENTO ABLANDADOR 1.5 p3	BSH ELECTRODOMESTICOS S.A.C.	Lima
2019	LAMPARAS ULTRAVIOLETA 40 GPM	HOTEL SHERATON	Lima
2019	DOSIFICADOR DE CLORO	IBT HEALTH S.A.C.	Villa María del Triunfo
2019	EQUIPO OSMOSIS INVERSA 48 GPM	CONSORCIO MINERO HORIZONTE S. A	Trujillo
2019	EQUIPO OSMOSIS INVERSA 40 GPM	NORANDINO SAC.	Piura
2020	LAMPARAS ULTRAVIOLETA 40 GPM	CHR.HANSEN S.A.	Lima
2020	ABLANDADOR TWIN 3.3 P3	AMCOR	Lima
2020	EQUIPO DESIONIZADOR 3 P3	TECNOFIL S.A.	Lima
2020	EQUIPO OSMOSIS INVERSA 20 GPM	PROCTER Y GAMBLE PERU S.R.L.	Lima

En la tabla 15 se muestra la cantidad de planta instalada por tipos por año

Tabla 15 Cantidad de Planta Instalada

AÑO	AGUAS RESIDUALES	AGUA POTABLE	AGUAS INDUSTRIALES
2012	1	1	0
2013	3	0	1
2014	2	0	0
2015	1	0	0
2017	1	0	0
2018	0	1	0

En la figura 20 se aprecia las plantas instaladas por año

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MESA EMBOTELLADA PARA REDUCIR LOS FACTORES CONTAMINANTES DEL AGUA EN LA EMPRESA ECOFIL SAC EN LIMA”

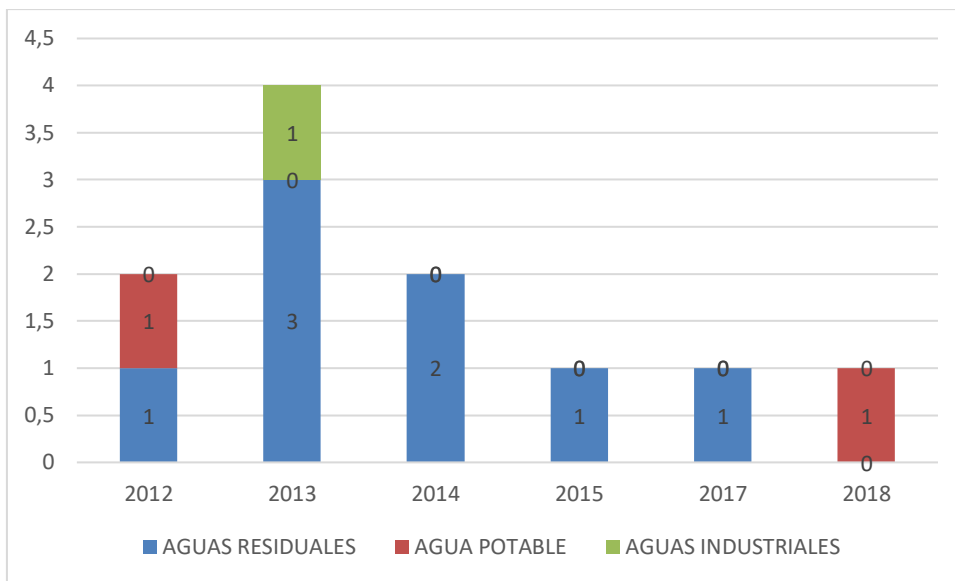


Figura 20 Plantas Instaladas por año 2012-2018

En la figura 21 se muestra el total de plantas instaladas por año

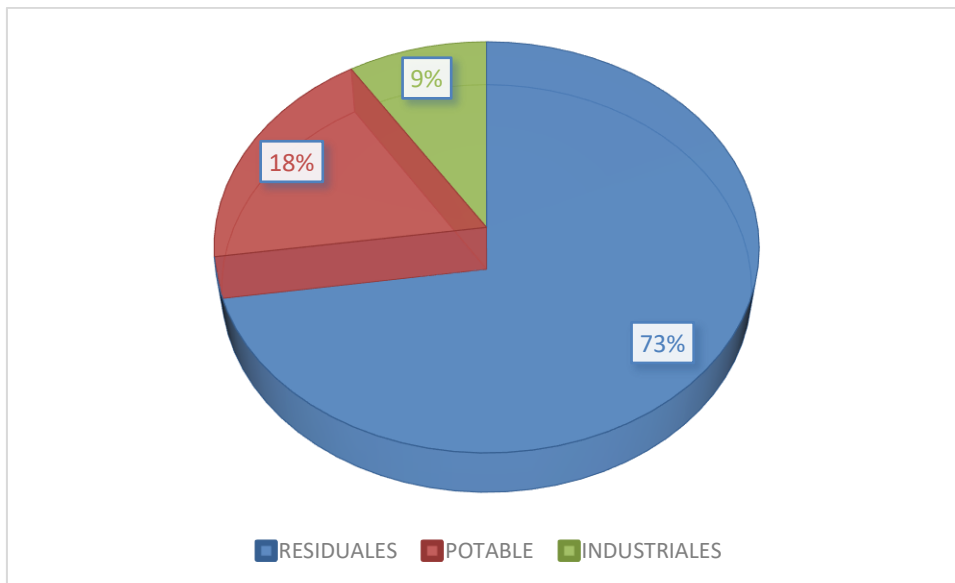


Figura 21 Plantas Instaladas 2012-2018 (expresado en porcentaje)

Asimismo, se muestra el análisis de equipos instalados desde el año 2014 al 2020 en la tabla 16

Tabla 16 *Equipos Instalados 2014-2020*

Año	Ablandador	Lámparas	Dosificador	Osmosis	Desionizador
			Cloro	Inv.	
2014	1	0	0	0	0
2018	2	0	0	1	0
2019	0	1	0	2	0
2020	1	1	0	1	1
	4	2	0	4	1

En la figura 22 se muestra la instalación de equipos desde el año 2014 al año 2020

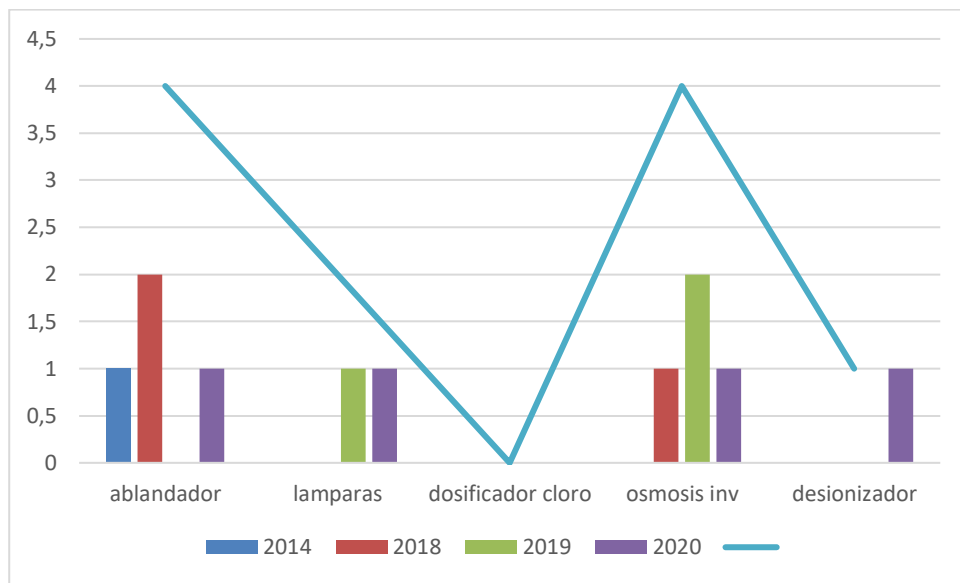


Figura 22 Instalación de Equipos 2014-2020

En la tabla se muestra las plantas y equipos instaladas por Ecofil desde el año 2012 al año 2020.

Tabla 17 *Instalación de equipos y plantas 2012-2020*

AÑO	PLANTAS	EQUIPOS
2012	2	0
2013	4	0
2014	2	1
2015	1	0
2016	0	0
2017	1	0
2018	1	3
2019	0	3
2020	0	4
	11	11

Se aprecia en la figura 23 se aprecia la instalación de equipos y plantas desde el año 2012 al año 2020

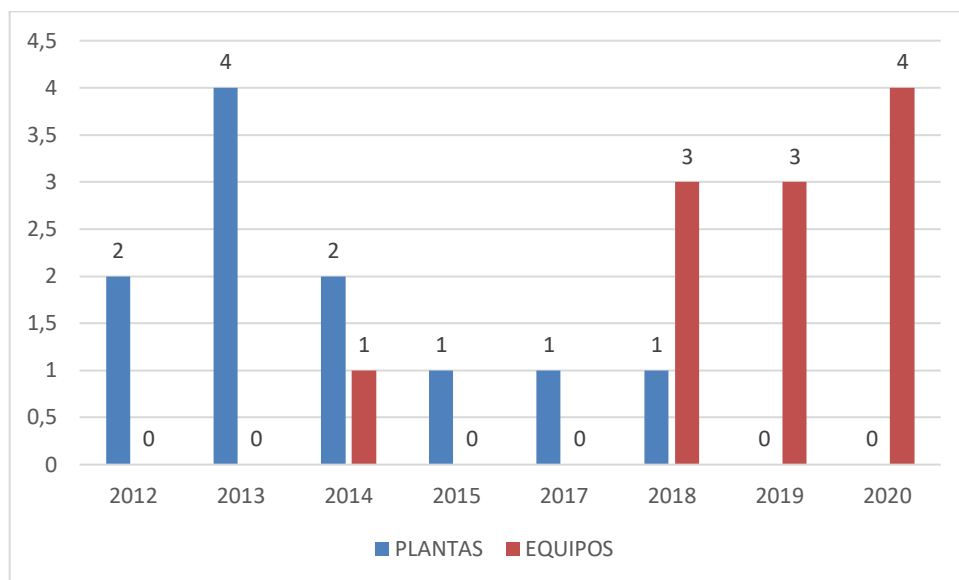


Figura 23 Instalación de equipos y plantas 2012-2020

4.1.1 Análisis Tomas de Muestra

Las tomas de muestra se realizaron en la planta de Lurín en un plazo de tres meses. (marzo hasta mayo de 2018) que se finalizó la planta.

En la tabla 18 se muestra las muestras realizada del agua de ingreso

Tabla 18 Muestras realizadas Agua de Ingreso

Parámetros	conductividad	solidos disueltos totales	pH	cloro residual	dureza total
Unidades	µs/cm	Ppm	-	Ppm	mgCaCO ₃ /L
Parámetros Max	1500	500	6.5 a 8.5	5	250
1-Mar	554.3	387	6.99	1	240
4-Mar	650	352	7	1	235
7-Mar	552	356	6.85	1	250
10-Mar	752	385	6.92	1	230
13-Mar	785	395	6.95	1	232
16-Mar	725	401	6.85	1.3	233
20-Mar	765	389	6.84	1	238
24-Mar	585	395	6.98	1	234
28-Mar	547	398	7.05	1	250
31-Mar	568	386	7.02	1	249

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA DE MESA EMBOTELLADA PARA REDUCIR LOS
FACTORES CONTAMINANTES DEL AGUA EN LA EMPRESA
ECOFIL SAC EN LIMA”**

3-Abr	598	345	6.88	1.8	245
6-Abr	548	395	6.95	1.5	240
10-Abr	562	401	6.94	1	235
15-Abr	534	385	6.93	1	235
20-Abr	575	362	6.97	1	230
24-Abr	598	395	6.85	1.8	225
27-Abr	605	378	6.95	1.5	220
30-Abr	599	354	6.98	1.9	235
3-May	630	369	6.99	1.5	236
7-May	651	371	7.01	1.6	237
10-May	625	369	7.03	1.7	238
14-May	697	384	7.05	1.7	240
18-May	641	375	6.99	1	210
22-May	605	361	6.98	1	245
26-May	602	345	6.89	1.6	240
31-May	601	398	6.92	1	235

Elaboración propia (2018)

En la Tabla 19 se muestra en dicho periodo la muestra del agua de salida de la planta

Tabla 19 *Muestras realizadas Agua de Embotellamiento*

Parámetros	conductividad	solidos disueltos totales	pH	cloro residual	dureza total
Unidades	µs/cm	ppm	-	ppm	mgCaCO ₃ /L
Parámetros Max	1500	500	6.5 a 8.5	5	250
1-Mar	83.6	50.7	7.1	0.05	17.41
4-Mar	82.5	51.5	7	0.04	20
7-Mar	82	59.5	7.5	0.05	25
10-Mar	81	56.3	7.2	0.06	29
13-Mar	80	57.5	7	0.06	28
16-Mar	78	61.5	6.9	0.04	24
20-Mar	79	62.5	6.8	0.07	27.5
24-Mar	84	49.5	6.9	0.05	28.6
28-Mar	83.5	46.2	6.7	0.06	24.8
31-Mar	86.1	47.8	6.5	0.055	24.6
3-Abr	84.6	49.6	6.8	0.06	29.8
6-Abr	87.5	43.5	6.9	0.04	30.5
10-Abr	79.5	44.6	6.7	0.05	30.7
15-Abr	86.3	48.6	6.5	0.06	35.8
20-Abr	89.4	49.5	6.8	0.07	42.5
24-Abr	88	49.8	6.9	0.05	30.2
27-Abr	87	68.5	7	0.06	30.7

30-Abr	86.5	67.4	7	0.055	30.87
3-May	85	64.5	7.1	0.06	29.58
7-May	84	68.9	7.2	0.06	25.8
10-May	87	67	6.9	0.07	27.6
14-May	88	75	7	0.05	25.9
18-May	89	79	6.9	0.06	25.7
22-May	92	68	6.9	0.05	24.3
26-May	95	69	7	0.05	22.85
31-May	86	67	6.9	0.06	23.5

Elaboración propia (2018)

4.2 Calidad de agua

La calidad de agua es uno de los factores a mejorar con la implementación de la nueva planta por lo que es necesario comparar los resultados obtenidos con la nueva planta

4.2.1 Parámetros

Los parámetros a considerar son los señalados en la norma técnica peruana (SUNASS, 2014) y se aprecian en la tabla 20.

Tabla 20 *Parámetros de Medición de Agua Embotellada*

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA INGRESO		
Parámetros	Unidad de medida	Límites Máximos
conductividad	μs/cm	1500
solidos disueltos totales	Ppm	500
pH	-	6.5-8.5
cloro residual	Ppm	5
dureza total	mgCaCO ₃ /L	250

Fuente: SUNASS (2014)

4.2.2 Figuras y Gráficos

4.2.2.1 Agua de Ingreso

En la figura 24 se aprecia las mediciones del agua de ingreso a la planta para la conductividad expresada por $\mu\text{s}/\text{cm}$, los sólidos disueltos expresados en partes por millón (ppm) y la dureza total expresada en $\text{mgCaCo}_3/\text{litro}$.

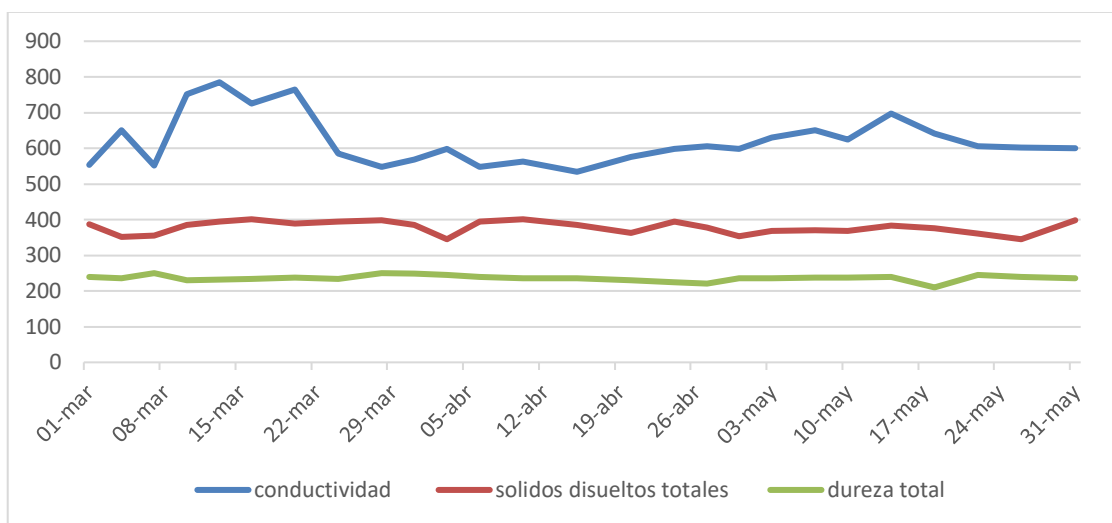


Figura 24 Medición del 01 de marzo al 31 de mayo de 2018 para conductividad, TDS y dureza del agua

En la figura 25 se aprecia las mediciones del agua de ingreso a la planta para la cantidad de cloro expresada en ppm y el pH.

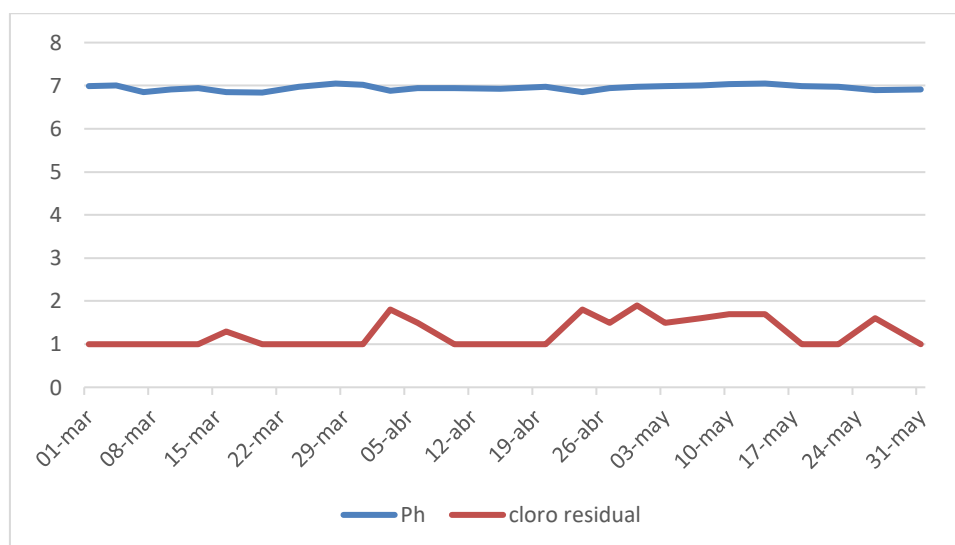


Figura 25 Medición del 01 de marzo al 31 de mayo de 2018 para pH y cloro residual

4.2.2.2 Agua de comercialización de la planta

En la figura 26 se aprecia las mediciones del agua de comercialización de la planta para la conductividad expresada por us/cm, los sólidos disueltos expresados en partes por millón (ppm) y la dureza total expresada en mgCaCo3/litro.

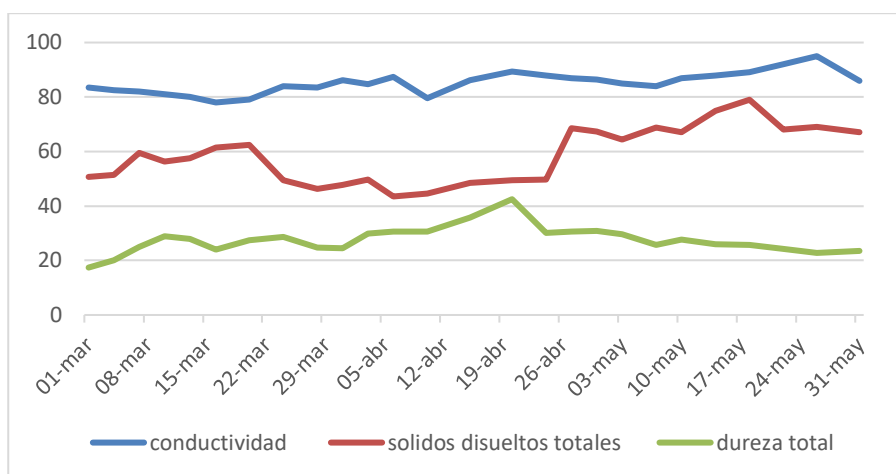


Figura 26 Medición del 01 de marzo al 31 de mayo de 2018 para conductividad, TDS y dureza del agua

En la figura 27 se aprecia las mediciones del agua de comercialización de la planta para la cantidad de cloro expresada en ppm y el pH.

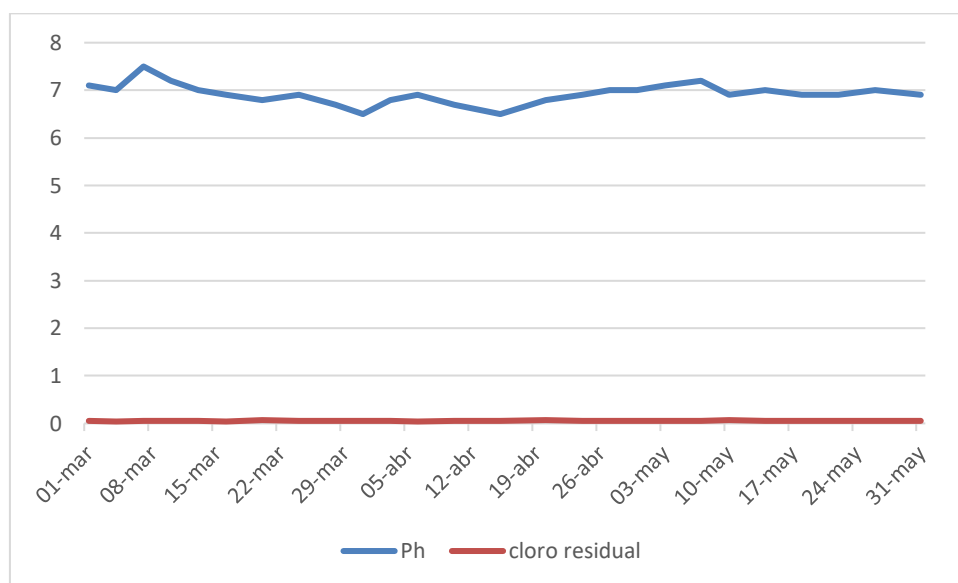


Figura 27 Medición del 01 de marzo al 31 de mayo de 2018 para pH y cloro residual

4.2.3 Formatos

En la figura 28 se observa el formato que utiliza Ecofil para el control de los datos y parámetros

FORMATO DE ANALISIS BASICO PARA AGUA CRUDA A SER TRATADA EN UNA PLANTA DE AGUA POTABLE					
fecha					
solicitado					
REQUERIMIENTO DE AGUA					
Elementos ppm	Agua Cruda	Agua Tratada	Elementos ppm	Agua Cruda	Agua Tratada
STD			Bicarbonatos		
Dureza Total			Cloruros		
Sodio			Sulfatos		
Potasio			Silice		
Calcio			Nitratos		
Magnesio			Ph		
Manganeso			Turbidez		
Temperatura					
Ecoli (ufc/100ml)					
Coliformes fecales			Bario		
Coliformes termotolerantes			Boro		
Temperatura			Fierro		
Ecoli (ufc/100ml)			Arsenico		
Coliformes fecales			Parasitos de huevos		
Coliformes termotolerantes			Conductividad electrica		
Procedencia de agua		red SEDAPAL <input type="checkbox"/>		Pozo de Superficie <input type="checkbox"/>	
		Pozo Playero <input type="checkbox"/>		Oceano Abierto <input type="checkbox"/>	
Especifique Proyecto					
Voltaje requerido					

Figura 28 Formato de análisis Básico para requerimiento de agua

4.3 Desarrollo del proceso

El proceso fue desarrollado en la planta elegida en el cercado de Lima. En las figuras siguientes se muestra la instalación de la planta en el Cercado de Lima de acuerdo al cronograma de instalación.



Figura 29 Inicio de Obra Civil 16 de mayo de 2018



Figura 30 Avance de obra civil, Paredes y techo 19 de mayo de 2018

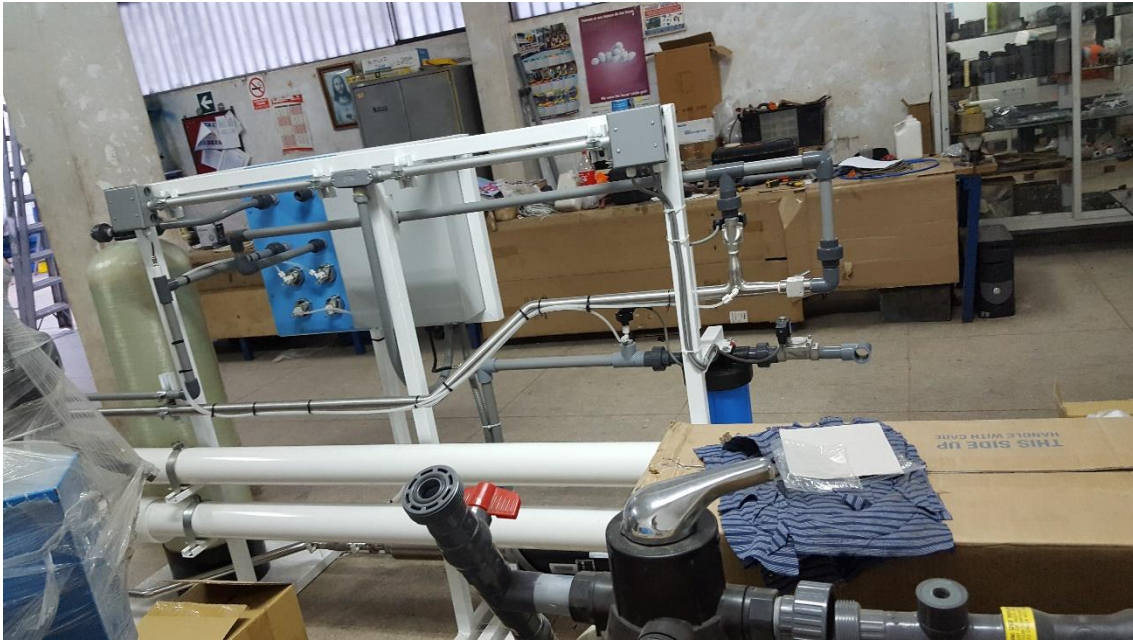


Figura 31 Ensamblaje de equipo Osmosis Inversa



Figura 32 Ubicación de equipos de filtros en el punto



Figura 33 Ubicación de equipo de Osmosis Inversa en el punto



Figura 34 Instalación de tablero eléctrico de Osmosis Inversa

En el anexo 1 se muestra fotografías de la planta y el proceso actual de embotellado de agua

4.4 Resultados específicos Comparativos

4.4.1 5S

Antes

Se desarrollaban las siguientes actividades

Clasificar y Ordenar: Existía un ambiente de trabajo en el cual los insumos que se manejaban en toda el área se clasificaban para su uso inmediato de forma que solo se tuviera a la mano los necesarios y los innecesarios se guarden en su correspondiente anaquel y/o posición.

Limpiar: La empresa no contaba con ninguna certificación ISO, pero se encuentra obligada a seguir los lineamientos de la norma de salud establecida por DIGESA debido a que son productos que se encuentran reglamentados.

Estandarizar: No existía estandarización en el almacén manteniendo los insumos como usos diarios de salida del almacén.

Disciplina: La ordenada a través de los procedimientos de la empresa

Después

Para la evaluación de los cambios se utilizó un formato para evaluar el modelo 5S de la embotelladora de agua.

Tabla 21 Formato para evaluación 5S Embotelladora de agua

Área	Almacén		Fecha		
Calificación previa			Evaluado por		
Paso 1 CLASIFICACION	1	2	3	4	5
1. Componentes material y partes					
2. Máquinas, gabinetes y muebles					
3. Herramientas y otros equipos					

4. Tablero de Noticias					
5. Mercadería.					
Paso 2 ORGANIZACIÓN					
6. Diseño área					
7. Marcado de Pasillos					
8. Documentación y señales visuales					
9. Control Visual y almacenamiento					
10. Lugar específico para herramientas y accesorios					
11. Cosas en el piso					
12. Almacenamiento material peligroso					
13. Acceso de emergencia					
14. Colocación de mercadería					
15. Mantenimiento de equipos					
PASO 3 LIMPIEZA					
16. Condición de pisos					
17. Máquinas y equipos					
18. Herramientas					
19. Espacios exteriores					
20. Disciplina en la limpieza					
21. Mejores prácticas de operación					
PASO 4 ESTANDARIZACIÓN					
22. Control Visual					
23. Auditoria mensual					
24. Seguridad					
25. Trabajo estándar					
26. Revisión de métodos					
PASO 5 DISCIPLINA					

27. Mantenimiento					
28. área de responsabilidad					
29. Control de documentos					
30. Visitas área de trabajo					
31. 5S Control y disciplina					

Elaboración propia (2020)

La evaluación de dicho formato permitió realizar las siguientes mejoras

Clasificación y Organización: Se ingresó los insumos con una clasificación y ordenamiento estandarizado. De esta forma se mantiene el espacio de trabajo despejado de productos innecesarios que generaban desorden en el área. Para la clasificación de los productos necesarios e innecesarios se trabaja con los trabajadores de mayor antigüedad en la operación para la preparación de pedidos en el almacén de la empresa ya que se estima que, debido a su experiencia, conocen la ubicación de los productos.

Limpieza: Para mantener la limpieza en la zona de trabajo se establece políticas de secuencia para no acumular cajas en los pasillos del área de operaciones incluyendo el embotellado y el cierre de los envases a fin de que los productos mal colocados no puedan generar incidentes y/o accidentes durante la operación. Para ello además se debe cumplir

- Mantener en todo momento el orden en el almacén para evitar accidentes.
- Promover la limpieza del lugar de trabajo.
- Evitar la apelación de los bidones de 20 L y 7 litros fuera del espacio asignado evitando que supere los 5 metros de altura por seguridad de los trabajadores.
- En todo momento utilizar el casco para protección personal.

- Evitar la utilización de audífonos que imposibiliten la alerta de existir algún peligro inminente, así como la participación en algún accidente por tracción.
- No ingerir alimentos dentro de las operaciones para evitar distracciones durante el proceso.
- Utilizar el equipo móvil solo en casos de emergencia.

Estandarización: Se inició la estandarización de los procesos a fin de aplicar al ISO 9001

Disciplina: Se consideran procedimientos que se han actualizado en el manual de operaciones. En la tabla 22 se muestra el cuadro de mantenimiento que se está utilizando en la planta.

Tabla 22 Cuadro de Mantenimiento Planta de tratamiento de Agua

EQUIPO	MATERIALES Y/O REPUESTOS	ACTIVIDAD	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
PRETRATAMIENTO						
ELECTROBOMBA	<ul style="list-style-type: none"> - Kit de rodajes - Kit de sellos 	Cambio de Kilt y mantenimiento				X
FILTRO TURBIDEX	<ul style="list-style-type: none"> - Carga de filtro turbidez 	Reprogramación Revisión de toberas Limpieza Integral				X
		Cambio de carga				2 años
	<ul style="list-style-type: none"> - Cabezal automático 	Limpieza de cabezal				X
FILTRO DE SEDIMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento filtrante 	Cambio. Dependiendo de la calidad de agua	X	X		
SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA						
Dosificadores	<ul style="list-style-type: none"> - Kit de succión y descarga - Válvula de pie - Válvula de inyección - Diafragma de teflón - Repuesto Giratorio 	Limpieza	X			
		Cambio		X		X
EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA	<ul style="list-style-type: none"> - Membranas - Soluciones de Limpieza química - Sellos y empaquetaduras - Kit de Impulsores (stagers) de Bomba 	Limpieza química			X	
		Cambio de sellos Cambio de Kits y mantenimiento				X
	<ul style="list-style-type: none"> - Membranas 	Cambio				3 años
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Desinfectante 	Limpieza y desinfección	X			

El diagrama de planta de la Embotelladora se observa en el anexo 2

4.4.2 Capacitación de trabajos

En la tabla 23 se detalla las capacitaciones realizadas durante los siete meses de operación por área y por cantidad de trabajadores.

Tabla 23 Capacitaciones personal Ecofil

CURSOS	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	Total Personal
MANEJO MAQUINARIA	15	25	20	15	0	0	0	75
EXAMENES CONTROL DE AGUA	5	5	5	5	5	5	0	30
5S	4	4	6	6	6	0	0	26
ALMACEMANIENTO DE INSUMOS	0	5	0	5	0	5	0	15
SEGURIDAD INDUSTRIAL	25	0	25	0	25	0	25	100
CALIDAD DE AGUA	0	0	14	16	11	14	14	69
INSTALACION EQUIPOS	12	12	12	0	0	12	0	48
	61	51	82	47	47	36	39	363

Algunos trabajadores han llevado varias capacitaciones. En la figura 31 y 32 se aprecia imágenes de una capacitación de calidad de agua



Figura 35 Uso de Medidor de pH Capacitación del 26 de junio de 2018



Figura 36 Medición de dureza

4.4.3 Inversión de equipos para Implementación de planta

La inversión se observa en la tabla 24

Tabla 24 *Inversión para Implementación de planta*

IMPLEMENTACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA DE MESA ECOFIL SAC.		
ITEM		MONTO
1	Bomba centrífuga Dab de 2.5 hp abastecimiento	450
2	kit de presión	350
3	Tablero de control de la bomba abastecimiento	250
4	Cableado eléctrico, desde el tablero hasta el motor	100
5	Accesorios: tuberías de 1 1/2", válvulas cim manual	300
6	Fabricación de tanque acero inoxidable para filtro de cuarzo de 2 p3	1200
7	Fabricación de tanque acero inoxidable para filtro de carbón activado de 2 p3	1200
8	Material multimedia	305
9	Carbón activado 2p3	440
10	Cálculo de Tanques Polyglass Pentair 16" x 65"	570
11	Resina 8 p3	1149.2
12	tanque de salmuera 120 litros	200
13	válvula fleck 9000 Twin	4732
14	filtro de cartucho de 4.5" x 20" x 1μ	100
15	estructura y/o base de Osmosis Inversa	1500
16	Membrana de 4" x 40". 6 unidades	1596
17	Bomba de alta 3 hp	2500
18	Conexiones de tuberías de 1" Osmosis Inversa	5000
19	flujómetros, 3 unidades de 0-17 GPM	300
20	Tablero de control de bomba de alta	800
21	Blend válvula solenoide, una unidad	500
22	flujómetro para el blend, 0-5 GPM	655
23	Válvula manual para regular el blend	20
24	Filtro de 4.5" x 20" x 1μ	150
25	Mezclador estático de 4.5" x 20", una unidad.	150
26	Lámpara ultravioleta 40 GPM	1500
27	Medidor de STD F 2000	1179
28	Filtro hidrofóbico 10"	150
29	Tanque Rotoplas de 5000 litros para agua tratada	2500
30	Bomba centrífuga de 1.3 hp de acero inoxidable agua tratada, una unidad	600
31	kit de presión, una unidad	350
32	Tablero de control	600
33	Control de nivel, dos unidades	40
34	Filtro de cartucho de 20" x 4.5" x 1μ, dos unidades	250
35	Venturi con su bypass de conexión 1"	507
36	Ozonizador 8.3 gal/h:	7436
37	Tanque de homogenizado de acero inoxidable, una unidad	2000

38	Lavadora de bidones	1000
39	Embassadora doble para galones de 20 litros	800
40	Tubería de acero inoxidable conexión 1 1/4"	400
41	Mano de obra, instalación de 3 personas.	7200

TOTAL

s/.51,029.20

4.4.4 Resultados de los parámetros

La medición se realizó durante los meses de julio y agosto en el agua embotellada a fin de comprobar la mejora en los factores de calidad de agua y los resultados se aprecian en la tabla 25.

Tabla 25 Medición de Resultados de Calidad de Agua

Parámetros	conductividad	solidos disueltos totales	pH	cloro residual	dureza total
Unidades	µs/cm	Ppm	-	ppm	mgCaCO ₃ /L
Parámetros Max	1500	500	6.5 a 8.5	5	250
1-Jul	72.50	40.50	7.00	0.04	15.00
4-Jul	71.00	35.20	7.00	0.04	15.00
8-Jul	72.00	36.50	7.00	0.04	14.80
12-Jul	68.00	37.50	7.00	0.04	14.70
15-Jul	71.00	38.20	7.00	0.04	14.60
18-Jul	70.00	39.60	7.00	0.04	14.50
21-Jul	68.00	36.10	6.80	0.04	14.60
24-Jul	68.00	39.50	6.90	0.04	14.50
27-Jul	69.00	37.20	7.00	0.04	14.50
31-Jul	64.00	38.20	7.00	0.04	14.00
3-Ago	62.00	37.00	7.00	0.04	13.50
6-Ago	60.00	35.00	7.10	0.03	13.50
10-Ago	59.00	33.00	7.00	0.03	13.50
14-Ago	58.00	32.50	7.00	0.03	13.20
18-Ago	57.50	32.50	7.00	0.03	12.00
23-Ago	56.00	32.10	7.00	0.03	12.80
27-Ago	59.00	32.00	7.00	0.03	12.90
31-Ago	57.00	31.50	7.00	0.03	12.75

4.4.5 Gráfico de Resultados de agua.

Los gráficos para la medición de los resultados son los siguientes

4.4.5.1 Conductividad

La conductividad medida finalizada la implementación se aprecia en la figura 37.

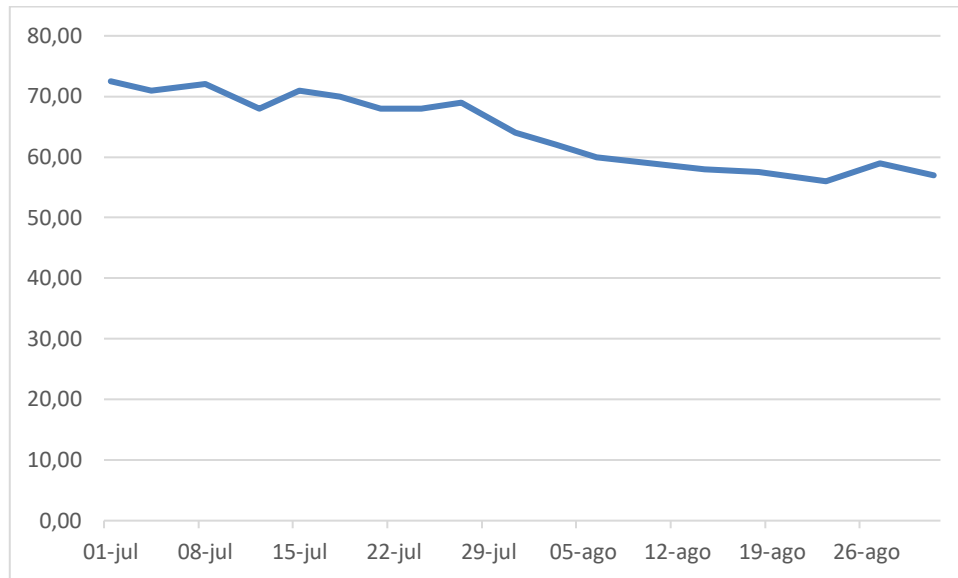


Figura 37 Conductividad agua de salida de la planta del 1 de julio al 31 de agosto 2018

4.4.5.2 Sólidos Disueltos Totales

Los sólidos disueltos medidos desde el 01 de julio al 31 de agosto del 2018 se aprecian en la figura 38

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA DE MESA EMBOTELLADA PARA REDUCIR LOS
FACTORES CONTAMINANTES DEL AGUA EN LA EMPRESA
ECOFIL SAC EN LIMA”**

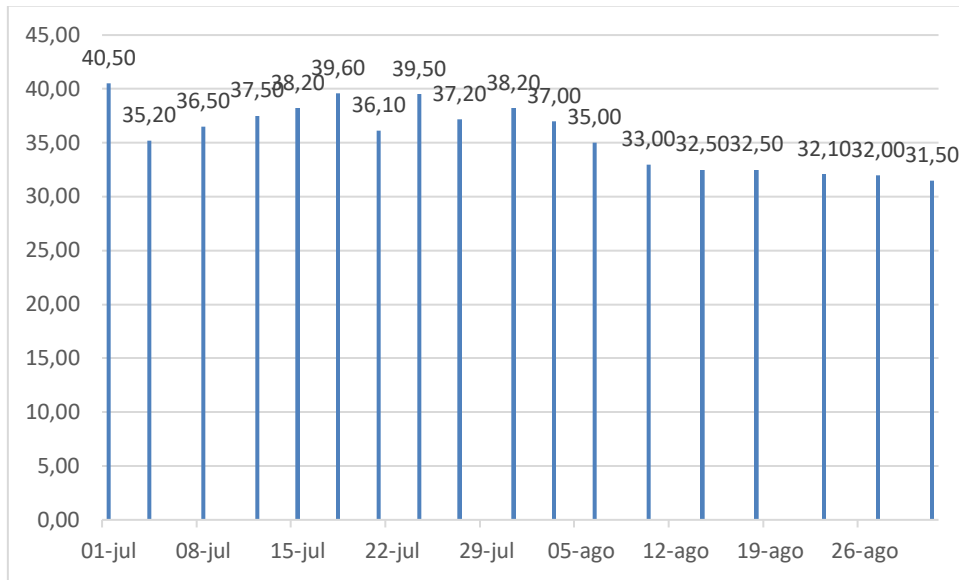


Figura 38 Sólidos disueltos totales de agua de salida de la planta del 1 de julio al 31 de agosto 2018

4.4.5.3 pH

El pH medido desde el 01 de julio al 31 de agosto del 2018 se aprecia en la figura 39

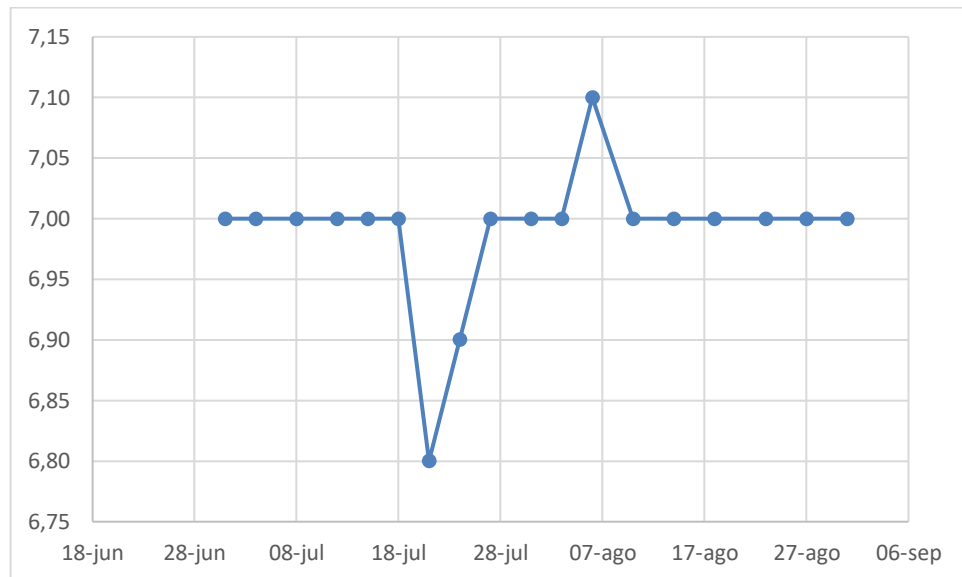


Figura 39 pH medido desde el 01 de julio al 31 de agosto 2018

4.4.5.4 Cloro Residual

El cloro residual medido desde el 01 de julio al 31 de agosto de 2018 se muestra en la figura 40.

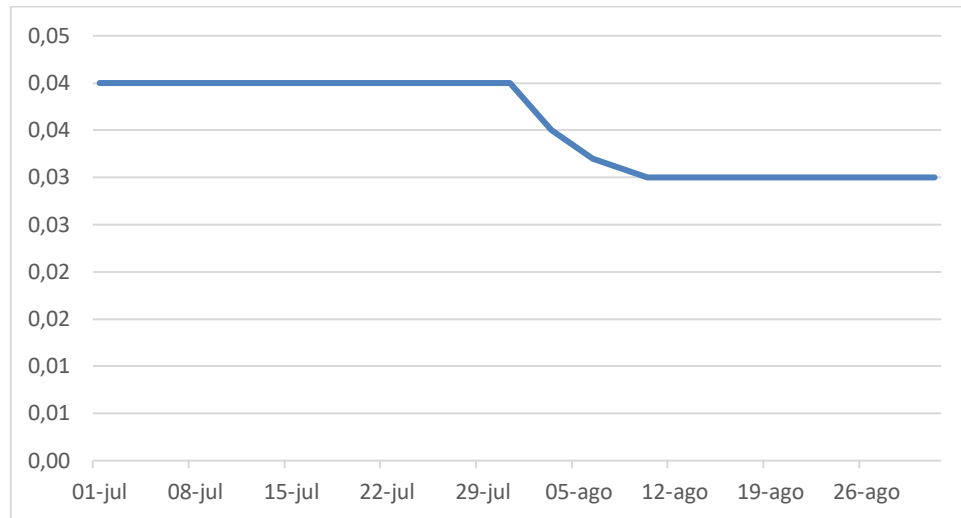


Figura 40 Cloro residual medido desde el 01 de julio al 31 de agosto 2018

4.4.5.5 Dureza del agua

La dureza del agua medida desde el 01 de julio al 31 de agosto se aprecia en la figura 41

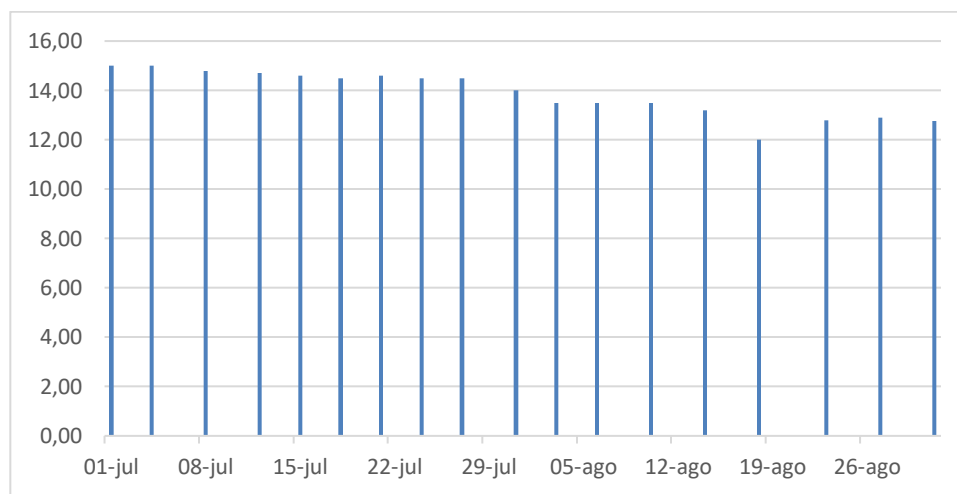


Figura 41 Dureza medida en mg de Carbonato de Calcio del 01 de julio al 31 de agosto 2018

4.4.6 Resultados Estadísticos

Los resultados de calidad cualitativos permiten determinar que las características organolépticas del agua son aceptables y cumplen los criterios de turbiedad, olor, sabor y color características del agua embotellada.

En cuanto a las características cuantificables se comparan los promedios del agua de salida antes de la implementación y después de la implementación de la planta. Dichos promedios se muestran en la tabla.

Tabla 26 Comparativo del Grado de calidad de los factores del Agua embotellada

Parámetro	AGUA PARA COMERCIALIZACION		
	ANTES	DESPUES	MEJORA
Conductividad	85.17	64.56	24.21%
Solidos disueltos totales	58.57	35.78	38.91%
pH	6.93	6.99	0.89%
Cloro residual	0.06	0.04	35.10%
Dureza total	27.51	13.91	49.44%

De dicha comparación se puede apreciar que la mejora fluctúa entre 0.89% que es el valor de pH y casi 50% (49.44%) cuando se trata de dureza del agua. Los cálculos en requeridos para construir una planta de 60m³/día se observan en el anexo 3

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Ecofil es una empresa del grupo Aquafil en la cual laboro desde el año 2012. Desde mi ingreso a la misma, ha instalado 11 plantas de tratamiento de agua y 11 equipos para plantas ubicadas en todo el país.
- El año 2018 fui jefe de proyecto de la planta ECOFIL ubicada en el mercado de Lima con una capacidad instalada máxima de agua embotellada de 100 m³/día.
- La implementación de dicha planta demoró seis meses y permitió mejorar el pH de 6.2 a 6.9 (0.89%), reducir la cantidad de sólidos solubles (38.9%), reducir la conductividad en 24%, reducir la dureza del agua (49%) y reducir el cloro residual (35%) entre la planta que funcionaba en Lurín y la que funciona actualmente.
- Mi participación en el proyecto me permitió aplicar los conocimientos aprendidos en la carrera de Ingeniería Industrial de la UPN en los campos de la planificación ya que fui el encargado de desarrollar e implementar el cronograma de trabajo, en el campo de la contabilidad de costos en la cual tuve que costear la maquinaria a instalar, en el campo de la ingeniería ya que tuve que calcular la capacidad de carga requerida para elegir los equipos mas eficientes y en el campo de los recursos humanos, ya que fui el encargado de seleccionar al personal que laboró en la planta.

5.2 Recomendaciones

- Para desarrollar proyectos dentro de Ecofil es necesario seguir la curva de aprendizaje dentro de la empresa ya que la implementación de una planta de tratamiento requiere conocer el funcionamiento de todas las áreas de la empresa.
- Es importante que todos los procesos de implementación de plantas sean estandarizados para incrementar la eficiencia en futuros proyectos.
- Para un proyecto posterior se debería evaluar la posibilidad de mejorar los procesos reduciendo costos a fin de incrementar el rendimiento de la planta.
- Otro posible proyecto sería comparar la eficiencia de la planta de tratamiento de agua potable en Lima con una del interior del país tanto en el área productiva como en el área de costos.

REFERENCIAS

- Albano , S., Rocatti, S., Perez, A., Santero, M., Sassone, M., & Martin, M. (2008). Gestion Administrativa en empresas del Cordon Industrial del Gran Rosario Los procedimientos administrativos y el metodo Just In time. *Decimotercera congreso de Ciencias Economicas* .
- Aleman, J., Aquino, L., & Yacupoma, P. (2019). Tesis. *Plan de negocios para la instalación de una planta de producción y comercialización de agua de manantial en la provincia de Huancabamba*. Perú: Universidad de Piura.
- Alvarado, J. (2015). Tesis. *Estudio de factibilidad para la implementación de una embotelladora de agua purificada en el Canton Pasaje Provincia de el Oro*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- ANA. (2017). Calidad Nacional del Agua en el Perú: Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales. En A. N. Agua, *Agua para todos* (pág. 85). Lima: Derecho, Ambiente y Recursos Naturales.
- Arntd, T. (2005). *Journal of engineering*.
- Blog de la calidad. (2018). <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/#:~:text=El%20Diagrama%20de%20Ishikawa%2C%20tambi%C3%A9n,involucran%20la%20ejecuci%C3%B3n%20del%20proceso.>
- Blog de la calidad. (2018). <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-pareto/>.
- Cañoles, D. (2017). Tesis. *Factibilidad de producción y comercialización de agua premium en fundo Chollinco lodge*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Cedron, J., Lopez, E., & Sanchez, J. (2019). Plan de Marketing para el Lanzamiento de Agua embotellada alcalina ALKALI. *Trabajo Academico para optar el grado Academico de Magister en Dirección de Marketing y Gestión Comercial*. Lima, Lima, Peru: Universidad del Pacifico.
- Cherrez, L. (2015). Tesis. *Plan de Comercialización para la instalación de una planta Purificadora de agua en el Canton Cascales Provincia de Sucumbios*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica .
- Chilon , X., Esquivel, L., & Estela, W. (2017). Implementación de las 5S para incrementar la productividad en una planta embotelladora de agua. *ING nosis*, 130-139.
- Cunguia, D. (2016). Tesis. *Estudio de Prefactibilidad para la instalación de una planta embotelladora de agua de manantial en el distrito de Frías*. Piura, Perú: Universidad de Piura.
- Diario Extra. (26 de agosto de 2019). *Calidad del agua en el Ecuador saludable o no?*
- ECOFIL. (2018). *Manual de Operaciones* .
- ECOFIL. (26 de Octubre de 2020). Obtenido de Pagina Web: www.ecofil.com.pe
- EUROMONITOR. (2018). Obtenido de Agua embotellada en Perú: www.euromonitor.com/bottled-water-in-Peru/report
- FAO. (1996). En *El Agua Ecología y Enseñanza Rural*.
- INEI . (2020). AGUA PARA TODOS. *BOLETIN JUNIO* , 1-18.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Peru Formas de acceso al agua y salubridad*.
- Loayza, D., & Cano, L. (2015). Tesis. *“Impacto de las Aguas Antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas Huancayo Junín*. Pasco, Peru: Universidad del Centro.
- Magnet. (2020). <https://magnet.xataka.com/preguntas-no-tan-frecuentes/mito-agua-embotellada-operacion-marketing-exitosa-historia-1>.

- Martinez, J. (2013). Tesis. *Proyecto de Inversión para el Establecimiento de una Planta de Agua Natural en Puebla*. Mexico: Instituto Politecnico Nacional de la Escual Superior de Comercio y Administración Santo Tomas.
- Merca20. (2018). <https://www.merca20.com/beber-agua-embotellada-los-paises-que-lideran-la-tendencia/>.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2019). Obtenido de Agua para consumo humano: <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/ambiental/Paginas/agua-para-consumo-humano.aspx>
- Muñoz, H., & Teran, C. (2019). Tesis. *Propuesta de Mejora en los procesos de Producción en agua de mesa la Bendición para incrementar la productividad en la cooperativa Granja Porcón Cajamarca*. Peru: Universidad Privada del Norte.
- OBS. (2019). <https://obsbusiness.school/es/blog-project-management/diagramas-de-gantt/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve#:~:text=Desarrollado%20por%20Henry%20Laurence%20Gantt,su%20posici%C3%B3n%20en%20el%20cronograma.>
- ONU. (2015). Obtenido de El agua fuente de vida: <https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/waterforlifebklt-s.pdf>
- Ortiz, L., Roque, J., & Goyburu, A. (2015). Tesis. *Plan de negocios para la creación de una planta purificadora de agua San Jorge*. Lima, Lima, Peru: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Oscar Diaz Alva, M. L. (1994). *CIENCIAS NATURALES: ecología y medio ambiente*. Lima - Perú: Distribuidora Edimaso S.A.
- Rivera. (2017). Tesis. *Estudio de prefactibilidad de una planta embotelladora de agua potable en el departamento de tumbes*. Piura, Piura, Perú: Universidad de Piura.
- Sepulveda, I. (2019). Tesis. *Plan de negocios para creación y comercialización de agua purificada embotellada Cabur*. Chile: Universidad de Chile.
- SUNASS. (2014). *Norma tecnica Peruana Agua embotellada*. Peru.
- Touron, J. (2016). <https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/#:~:text=El%20Lean%20Manufacturing%2C%20o%20tambi%C3%A9n,tipo%20de%20valor%20al%20proceso.>
- Worldpanel, K. (15 de abril de 2018). Mayor consumo de agua embotellada reduce liderazgo de las gaseosas, reportó Kantar. *Gestión*, pág. 1.

ANEXO N° 1: FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO



Camión Repartidor de Agua de Mesa



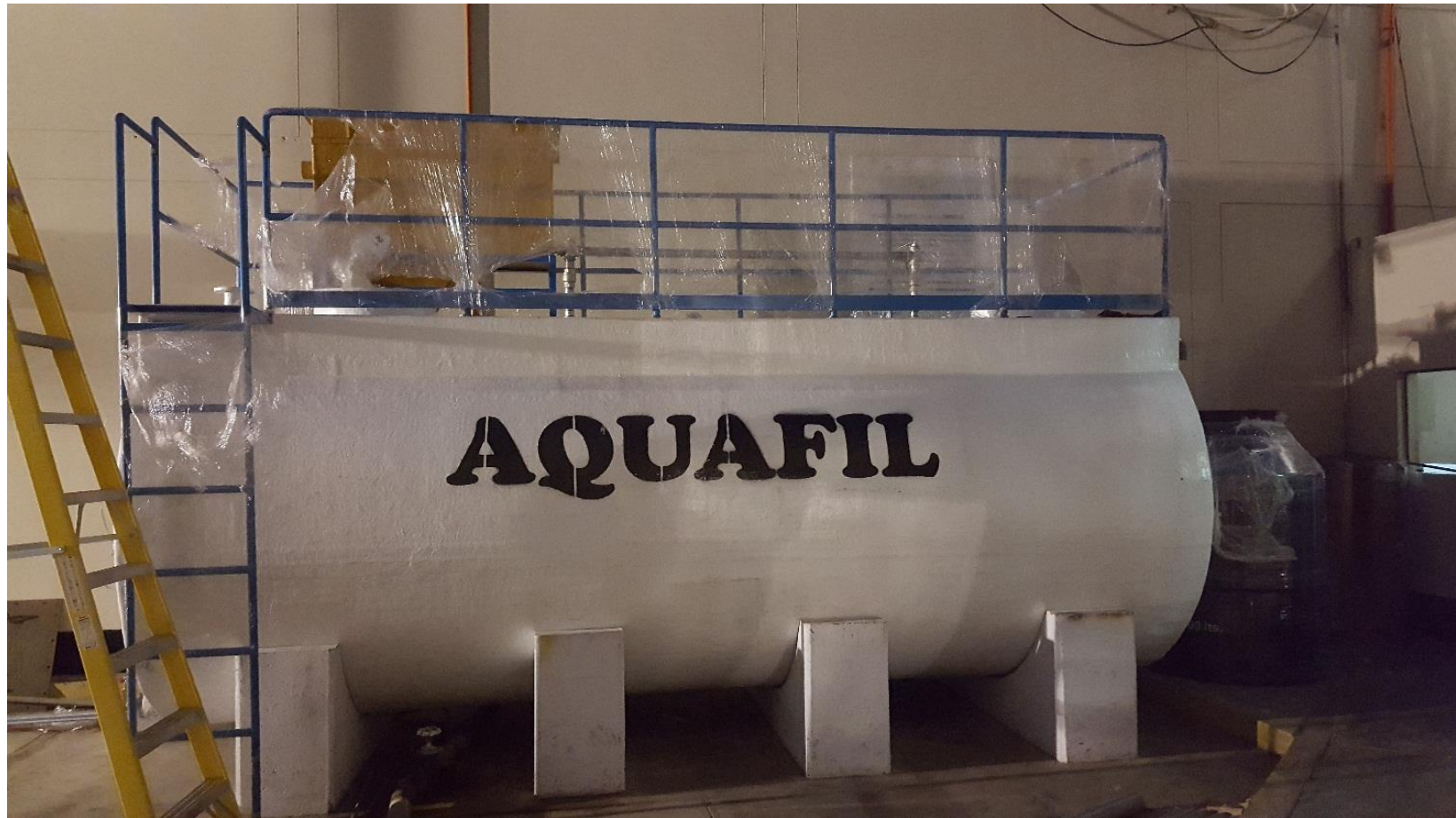
Bidones de 7 Litros



Almacén de Agua de Mesa



Sistema Reactor de Planta de Tratamiento de Agua Residual Doméstico (PTAD).

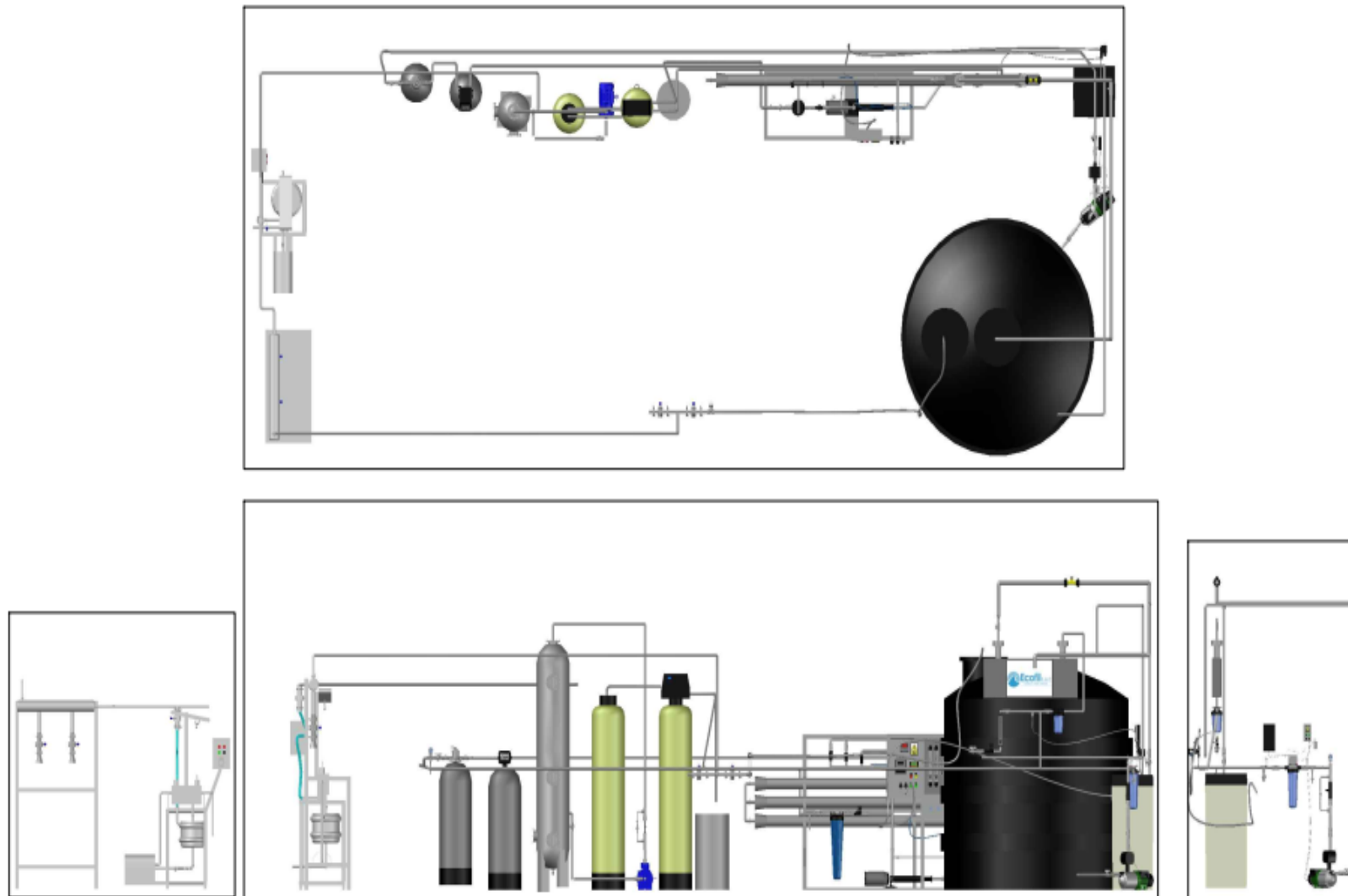


Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Pesquera Centinela (PTAR)



Sistema de Tratamiento de Agua Potable Minera Ares

ANEXO N° 2: DIAGRAMA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE MESA



ANEXO N° 3: MEMORIA DE CÁLCULO PTAR 60 M3/DÍA

CAUDAL DE DISEÑO: Q

$$Q = 60 \text{ m}^3 / \text{día}$$

CARGA ORGANICA :

Afluente : 333 mg/L de DBO5

Efluente : 15 mg/L de DBO5

POBLACIÓN SERVIDA: 500 hab.

DOTACIÓN : 150 L/hab-dia

CONTRIBUCIÓN AL DESAGUE: 80%

OPERACIONES Y PROCESOS

1.- DESBASTE

CAMARA DE REJAS

- Tipo: Rejas de barras
- Limpieza: Manual
- Características:

Tamaño de las barras

Anchura:	1.0 cm
Profundidad:	2.5 cm
Separación:	2.5 cm
Inclinación respecto a la vertical:	60°
Velocidad de Aproximación:	0.45 m/s
Perdida de carga admisible:	15 cm.

Cálculo de la pérdida de carga considerando limpia la rejilla: h

$$h = B (W/b) hv \cdot \text{sen } \theta$$

Donde:

h = Pérdida de carga en metros (m)

B = Factor de forma de la barra

W = Anchura máxima transversal de las barras en la dirección en la corriente, en metros (m)

b = Separación mínima entre barras, en metros (m)

hv = Altura cinética del flujo que se aproxima a la reja, en metros (m)

θ = Angulo de la reja con respecto a la horizontal.

Obtención de datos:

$B = 2.42$ (de las tablas correspondientes)

$W = 1.0 \text{ cm.} = 0.01 \text{ m}$

$b = 2.5 \text{ cm.} = 0.0025 \text{ m}$

$\theta = 60^\circ$

Determinando hv :

Para un caudal $Q = 60 \text{ m}^3/\text{día}$ y una velocidad de aproximación de $v = 0.45 \text{ m/s}$; se tiene:

$hv = 0.0443 \text{ m.}$

Por lo tanto:

$h = 2.42 (0.01 / 0.025) 0.0443 \times 1$

$h = 0.043 \text{ m.}$

$h = 4.3 \text{ cm.}$

Pérdida de carga considerando el 50% del área obstruida: h_o

Se tiene que:

$hv = 0.043/f$

Dónde: f = Factor de carga

$$f = 0.5$$

Luego:

$$h_v = 0.043/0.5$$

$$h_v = 0.086 \text{ m}$$

En consecuencia, la pérdida de carga será:

$$h_o = 2.42 (0.01 / 0.025) 0.086 \times 1$$

$$h_o = 0.083 \text{ m}$$

$$h_o = 8.3 \text{ cm.}$$

2.- TANQUE DE ECUALIZACIÓN

Caudal de tratamiento : Q

$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q = 2.5 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Capacidad de almacenamiento: 5 horas de retención

Volumen del tanque: V

$$V = 2.5 \times 5 = 12.5 \text{ m}^3 \text{ útil}$$

Dimensiones:

$$\text{Volumen total: } 14.0 \text{ m}^3$$

$$\text{Área superficial: } 4.0 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro: } 2.25 \text{ m}$$

$$\text{Altura: } 3.5 \text{ m}$$

3.- BOMBA DE TRANSFERENCIA

Cálculo de potencia: HP

$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q = 11.0 \text{ GPM (galones por minuto)}$$

Carga dinámica total: H

$$H = 45 \text{ pies de columna de agua}$$

$$\text{Rendimiento}(n): 60 \% = 0.6$$

$$d = 1$$

$$HP = Q \cdot H \cdot d / 3960 \cdot n$$

$$HP = 11 \times 45 \times 1 / 3960 \times 0.60$$

$$HP = 0.208$$

$$\text{Potencia elegida} = 0.5 \text{ HP}$$

4.- MEDIDOR DE CAUDAL

VERTEDERO TRIANGULAR

Cálculo de la altura de la descarga: h_o

Utilizando la siguiente relación:

$$Q = \frac{0.31 h_o^{5/2} (2g)^{1/2}}$$

Tang \emptyset

Donde:

$$Q = 6.944 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \text{ (aceleración de la gravedad)}$$

$$\emptyset = 45^\circ$$

Luego:

$$h_o = 0.048 \text{ m.}$$

$$h_o = 4.8 \text{ cm.}$$

5.- DISEÑO DEL REACTOR BIOLÓGICO

TANQUE DE AIREACIÓN

Clase de tratamiento biológico: Aerobio

Tipo de tratamiento aerobio: Lodos activados

Características operativas:

- Modelo de flujo: Mezcla completa
- Proceso: Aireación prolongada

CONSTANTES CINÉTICAS

K_o = Tasa específica de crecimiento

$$K_o = 13.2 \text{ día}^{-1}$$

K_m = Constante de saturación del sustrato

$$K_m = 120 \text{ mg DBO}_5/\text{L}$$

Y = Rendimiento

$$Y = 0.67 \text{ mg SSVLM} / \text{mg DBO}_5$$

K_d = Constante de declinación

$$K_d = 0.072 \text{ día}^{-1}$$

SSVLM = Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla

PARÁMETROS BIOLÓGICOS DE DISEÑO

S_o = Concentración de DBO_5 en el afluente

$$S_o = 333 \text{ mg/L}$$

S = Concentración de la DBO_5 soluble en el efluente

θ_c = Tiempo de residencia celular

$$\theta_c = 60 \text{ días}$$

X = Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla: SSVLM

X = 3000 mg/L

Xr = Sólidos suspendidos volátiles en el retorno

Xr = 6500 mg/L

V = Volumen del reactor

θ = Tiempo de residencia hidráulica

Qr = Caudal de retorno

R = Relación de recirculación

Qw = Caudal de purga

Px = Producción de lodos

O₂ = Oxígeno necesario

RANGOS DE FACTORES DE DISEÑO

Carga másica: U (Relación alimento / Microorganismo)

U = 0.05 – 0.50 Kg DBO₅ / Kg. SSVLM – día

Tiempo de residencia celular: θ_c

θ_c = 20 – 60 días

Tiempo de residencia hidráulica: θ

θ = 16 – 48 horas

Concentración de SSVLM en el reactor:

SSVLM = 3000 – 6000 mg/L

Carga volumétrica: CV

CV = 0.2 – 0.3 Kg DBO₅ / m³ - día

Relación de recirculación: R

$$R = 0.75 - 3.00$$

$$\underline{DBO_5} = 0.7$$

$$DBO_L = \text{DBO total en el tiempo } t = 0$$

$$DBO_L$$

$$\underline{SSVLM} = 0.9$$

$$SSLM$$

VARIABLES DE DISEÑO

Cálculo de la DBO_5 soluble en el efluente: S

1. Cálculo del volumen del reactor: V
2. Cálculo del tiempo de residencia hidráulica: θ
3. Cálculo de la relación de recirculación: R
4. Cálculo de la producción de fango: Px
5. Cálculo de la purga de fango: Qw
6. Cálculo de la necesidad del oxígeno: O_2
7. Cálculo del volumen de aire

CALCULO DE LA DBO_5 SOLUBLE EN EL EFLUENTE: S

S: Es la concentración de la DBO_5 soluble no degradado biológicamente y por lo tanto que aparece en el efluente.

$$S = \frac{K_m (1 + K_d \cdot \theta_c)}{\theta_c (K_o - K_d) - 1}$$

$$\theta_c (K_o - K_d) - 1$$

$$S = \frac{120 (1 + 0.072 \times 60)}{60 (13.2 - 0.072) - 1}$$

$$60 (13.2 - 0.072) - 1$$

$$S = 0.81 \text{ mg/L}$$

CALCULO DEL VOLUMEN DEL REACTOR: V

$$V = \frac{\theta_c \cdot Q \cdot Y (S_o - S)}{X (1 + K_d \cdot \theta_c)}$$

$$X (1 + K_d \cdot \theta_c)$$

$$V = \frac{60 \times 60 \times 0.67 (333 - 0.81)}{3000 (1 + 0.072 \times 60)}$$

$$3000 (1 + 0.072 \times 60)$$

$$V = 50.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen útil del reactor} = 50.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total del tanque: } 55 \text{ m}^3$$

CALCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA HIDRAULICO: θ

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

$$Q$$

$$\theta = \frac{50.20}{60}$$

$$60$$

$$\theta = 0.84 \text{ días}$$

$$\theta = 0.84 \times 24 \text{ días}$$

$$\theta = 20.08 \text{ horas}$$

CALCULO DE LA RELACIÓN DE RECIRCULACIÓN: R

$$1 - \theta$$

$$\frac{\theta_c}{1 - \theta}$$

$$R = \frac{X_r}{X} - 1$$

$$X$$

$$1 - \frac{20.08}{24}$$

$$\frac{60 \times 24}{3000}$$

$$R = \frac{6500}{3000} - 1$$

$$R = 0.845$$

$$R = 0.845$$

Luego:

$$R = Q_r / Q \rightarrow Q_r = R \times Q$$

$$Q_r = 0.845 \times 60$$

$$Q_r = 50.71 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_r = 2.11 \text{ m}^3/\text{hora}$$

CALCULO DE LA PRODUCCIÓN DE FANGO: Px

$$P_x = Y. \text{ obs} \cdot Q (S_o - S) 10^{-3}$$

$$Y. \text{ obs} = \frac{Y}{1 + K_d \times \theta_c}$$

$$1 + K_d \times \theta_c$$

$$Y. \text{ obs} = \frac{0.67}{1 + 0.072 \times 60}$$

$$1 + 0.072 \times 60$$

$$Y. \text{ obs} = 0.13$$

Luego:

$$P_x = 0.13 \times 60 (333 - 0.81) 10^{-3}$$

$$P_x = 2.59 \text{ Kg. SSV} / \text{ día}$$

La masa total como sólidos suspendidos totales es:

$$P_x = 2.59 / 0.90$$

$$P_x = 2.88 \text{ Kg. de SST} / \text{ día}$$

$$P_x = 0.12 \text{ Kg. de SST} / \text{ hora}$$

CÁLCULO DE LA PURGA DE FANGO: Q_w

Purga a partir del reactor

$$Q_w = V / \theta_c$$

$$Q_w = 50.20 / 60$$

$$Q_w = 0.84 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$Q_w = 34.86 \text{ Litros / hora}$$

Purga a partir de la línea de recirculación

$$Q_w = X.V / X_r. \theta_c$$

$$Q_w = 3000 \times 50.20 / 6500 \times 0.9 \times 60$$

$$Q_w = 0.43 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$Q_w = 17.88 \text{ Litros / hora}$$

CÁLCULO DE LA NECESIDAD DE OXIGENO: O_2

$$\text{Kg de } O_2 / \text{día} = \frac{Q (S_o - S) 10^{-3} - 1.42 (P_x)}{f}$$

f

$$f = \frac{DBO_5}{DBO_L} = 0.7$$

DBO_L

$$\text{Kg. } O_2 / \text{día} = \frac{60 (333 - 0.81) 10^{-3} - 1.42 \times 2.88}{0.7}$$

0.7

$$\text{Kg de } O_2 = 24.38 \text{ Kg / día}$$

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AIRE

Necesidad de oxígeno: 24.38 Kg /día

Peso específico del aire: 0.0012 Kg. / dm^3

Composición del aire: 23.2% de O₂ en peso

Luego:

$$\text{Volumen de aire} = 24.38 / 0.0012 \times 0.232 \times 1000$$

$$\text{Volumen de aire} = 87.57 \text{ m}^3 / \text{día}$$

Eficiencia de la transferencia de oxígeno: 10%

Luego:

$$\text{Necesidad de aire} = 87.57 / 0.10$$

$$\text{Necesidad de aire} = 875.7 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$\text{Necesidad de aire} = 36.49 \text{ m}^3 / \text{hora}$$

$$\text{Necesidad de aire} = 21.47 \text{ PCM}$$

COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS

CARGA MASICA: U

$$U = \frac{dF}{dt}$$

$$X_M$$

$$U = \frac{(333 - 0.81) 60 \times 10^{-3}}{3000 \times 50.20 \times 10^{-3}}$$

$$3000 \times 50.20 \times 10^{-3}$$

$$U = 0.13 \text{ Kg DBO}_5 / \text{Kg SSVLM} - \text{día}$$

CARGA VOLUMÉTRICA: Cv

$$Cv = \frac{(333 - 15) 60 \times 10^{-3}}{50.20}$$

$$50.20$$

$$Cv = 0.38 \text{ Kg DBO}_5 / \text{m}^3 - \text{día}$$

EDAD DE LODOS: θ_c

$$1/\theta_c = Y.U - K_d$$

$$1/\theta_c = (0.67 \times 0.132) - 0.072$$

$$\theta_c = 59.98 \text{ días}$$

RESUMEN

Caudal de diseño: 60 m³/día

Volumen útil del reactor: 50.20 m³

Volumen total del tanque: 55.00 m³

Período de retención: 20.08 horas

Carga másica: 0.13234 Kg DBO₅ / Kg. SSVLM – día

Carga volumétrica: 0.38 Kg. DBO₅ / m³ – día

Requerimiento de oxígeno: 24.38 Kg. /día

Requerimiento de aire: 875.7 m³/día = 36.49 m³/hora

Edad de los lodos: 60 días

Tasa de recirculación: 84.5%

DISEÑO DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

PARÁMETROS DE DISEÑO:

Caudal de diseño: 60 m³/día

$$Q = 2.5 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Carga de superficie: $V_s = 1.16 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hora}$

Tiempo de retención: $t = 2 \text{ horas}$

CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR: A

$$Q = A \cdot V_s$$

Donde:

$$A = Q/V_s$$

$$A = 2.5 / 1.16$$

$$A = 2.16 \text{ m}^2$$

CALCULO DEL DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR:

$$A = 3.1416 \times r^2$$

$$r = 0.828 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro: } 1.66 \text{ m}$$

CALCULO DE LA ALTURA DEL SEDIMENTADOR: H

$$V_s = H / t$$

Donde:

H = Altura

t = Tiempo de retención

Luego:

$$H = 1.16 \times 2 = 2.32 \text{ m}$$

$$H = 2.32 \text{ m}$$

CALCULO DE LA CARGA DE SÓLIDOS

$$\text{SSVLM} = 0.9$$

SSLM

Donde:

SSVLM = Sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla

SSLM = Sólidos suspendidos en el líquido mezcla

$$\text{SSLM} = 3000 / 0.9$$

$$\text{SSLM} = 3333.33 \text{ mg/L}$$

$$\text{Carga de sólidos} = \text{SSLM} \times V_s / 1000$$

Carga de sólidos = $3333.33 \times 1.16 / 1000$

Carga de sólidos = 3.87 Kg. / m². hora

CAMARA DE CONTACTO DE CLORO

VOLUMEN DEL TANQUE

Para $Q = 2.5 \text{ m}^3 / \text{hr}$

Capacidad de almacenamiento: 1 hora

Volumen = 2.5×1

Volumen mínimo = 2.5 m^3

DESINFECCIÓN

Desinfectante: Hipoclorito de calcio (HTH)

Composición: 70% de cloro activo

Solución: al 1% en peso

Dosificación: 10 mg/L

Tiempo de contacto: 15 – 30 minutos

Concentración de residual esperada: 0.2 – 0.5 mg/L

CAPACIDAD DEL DOSIFICADOR DE CLORO

Equipo: Bomba dosificadora de diafragma

$C = Q.D / 1000$

Donde:

C = Capacidad en Kg / día

Q = Caudal máximo, m³/día

D = Dosis, mg/L

Luego:

$$C = 60 \times 10 / 1000$$

$$C = 0.6 \text{ Kg/día}$$

CONSUMO DE CLORO (HTH)

$$\text{Consumo} = 0.6 \times 100 / 70$$

$$\text{Consumo} = 0.857 \text{ Kg/día}$$

Solución al 1%:

$$\text{Volumen} = 0.70 \times 0.857 / 0.01$$

Volumen de la solución de HTH al 1%:

$$\text{Volumen} = 59.99 \text{ Litros / día}$$

Tabla 3.1 *Eficiencia del proceso de tratamiento*

PARAMETRO	EFICIENCIA
DBO ₅ soluble (s)	99.64 %
DBO ₅ total	84.00 %
Coliformes termotolerantes	99.99 %
Huevos de helmintos	99.99 %
Sólidos totales en suspensión	95.00 %

DIMENSIONES

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS 60 m³/día

$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{día}$$

REACTOR BIOLÓGICO:

Cantidad : Dos (2) unidades

Volumen Total del reactor : 60.0 m³

Longitud = 7.0 m

Diámetro = 2.40 m

SEDIMENTADOR:

Diámetro calculado : 1.51 m

Diámetro total : 1.60 m

Altura calculada : 2.32 m

Altura total : 2.40 m

CAMARA DE CONTACTO:

Volumen : 5.0 m³

Diámetro : 1.87 m

Altura : 2.23 m